



PEMANFAATAN BIJI MANGGA KUINI (*Mangifera odorata*) SEBAGAI BAHAN PENYERAP ION Cu (II)

UTILIZATION OF SEED MANGO KUINI (*Mangifera odorata*) AS SUPPLEMENT MATERIAL ION Cu (II)

Mega Elvia

Akademi Analis Kesehatan Pekanbaru

INFO ARTIKEL

Koresponden

Mega Elvia

Kata kunci:

biji mangga kuini (*Mangifera odorata*), AAS, FT-IR, bath, biosorben

hal: 138 - 147

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan biji mangga kuini (*Mangifera odorata*) sebagai bahan penyerap ion logam tembaga. Biji Mangga kuini telah dihaluskan dan diaktifkan, serta dicari kondisi optimum penyerapan terhadap ion logam. Konsentrasi ion logam pada semua perlakuan diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) sedangkan untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan dalam penyerapan di analisa dengan FTIR. Dari hasil penelitian didapatkan kondisi optimum penyerapan terhadap logam Cu. Untuk ion logam Cu (II) penyerapan optimum terjadi pada pH 4, waktu kontak 120 menit, dan konsentrasi larutan ion logam 100 mg/L. Pada kondisi optimum tersebut diperoleh kapasitas penyerapan biji mangga kuini terhadap ion logam Cu (II) adalah 1,184mg/g. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa biji mangga kuini dapat digunakan sebagai bahan penyerap ion logam Cu (II). Pada biosorben yang berperan penting dalam proses penyerapan adalah gugus fungsi. Dari semua spektrum FTIR untuk ion logam Cu (II) dapat diamati bahwa, terjadinya perubahan pita serapan pada biomaterial sebelum penyerapan dan setelah penyerapan ion logam terutama pita serapan pada frekuensi 3432 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi O-H (alkohol) pada frekuensi 3300-3600 cm^{-1} . Perubahan pita serapan juga terjadi pada frekuensi 2922 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi C-H pada frekuensi 2800-3000 cm^{-1} . Perubahan pita serapan pada frekuensi 2357 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi O-H (asam) pada frekuensi 2400-3000 cm^{-1} . Perubahan pita serapan pada frekuensi 1035 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi C-O pada frekuensi 1000-1300 cm^{-1} dan untuk perubahan pita serapan pada frekuensi 1638 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi gugus fungsi C=O (asam) pada frekuensi 1650-1800 cm^{-1} . Dari hasil identifikasi gugus fungsi menunjukkan bahwa biomaterial telah menyerap ion logam yang ditandai dengan berkurangnya nilai absorban atau meningkatnya persen transmitan. Gugus fungsi yang berperan dalam proses penyerapan ion logam adalah gugus O-H (alkohol), O-H (asam) dan C=O (asam).

Copyright © 2017 JSR All rights reserved.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Correspondent: Mega Elvia</p> <p>Keywords: Mango seeds (<i>Mangifera</i> <i>odorata</i>), AAS, FT-IR, bath, biosorben</p> <p>page: 138- 147</p>	<p><i>A research on the utilization of mango seeds (<i>Mangifera odorata</i>) has been done as an absorbent material of copper metal ions. Mango seeds have been mashed and activated, and the optimum conditions for absorption of metal ions are sought. The concentration of metal ions at all treatments was measured using Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA) while to know the functional groups that play a role in absorption in the analysis with FTIR. From the research results obtained optimum condition of absorption of Cu metal. For the optimum absorption Cu (II) metal ion occurs at pH 4, contact time is 120 min, and the concentration of metal ion solution is 100 mg/L. At the optimum condition, the manganese seed absorption capacity of Cu (II) metal ion is 1.184mg/g. From these results it can be concluded that mango seeds can be used as an absorbent material of Cu (II) metal ions. In biosorbents that play an important role in the absorption process is the functional group. From all spectra of FTIR for Cu (II) metal ion, it can be observed that the absorption band change in biomaterial prior to absorption and after absorption of metal ions especially the absorption band at frequency 3432 cm^{-1} is indicated as O-H (alcohol) vibration at 3300-3600 cm^{-1}. The change of the absorption band also occurs at a frequency of 2922 cm^{-1} indicated as a C-H vibration at a frequency of 2800-3000 cm^{-1}. The change of the absorption band at a frequency of 2357 cm^{-1} is indicated as an O-H (acid) vibration at a frequency of 2400-3000 cm^{-1}. The change of the absorption band at a frequency of 1035 cm^{-1} is indicated as C-O vibration at a frequency of 1000-1300 cm^{-1} and for changes in absorption bands at a frequency of 1638 cm^{-1} is indicated as a vibration of the C=O (acid) functional group at a frequency of 1650-1800 cm^{-1}. The result of identification of functional group indicates that the biomaterial has absorbed metal ions marked by decreasing of absorbance value or increasing of transmittance. Functional groups that play a role in the process of absorption of metal ions are the group O-H (alcohol), O-H (acid) and C=O (acid).</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Copyright © 2017 JSR. All rights reserved.</i></p>

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dunia umumnya dan khususnya penduduk Indonesia telah mengakibatkan meningkatnya eksplorasi sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan sandang maupun pangan yang mengakibatkan terjadinya revolusi di bidang pertanian maupun revolusi dibidang industri dimana untuk memproduksi semua kebutuhan manusia setiap industri akan menjalani beberapa tahapan proses mulai dari bahan baku hingga menjadi bahan hasil produksi dari masing –masing industri, dimana setiap tahapan proses sudah dipastikan ada limbahnya yaitu limbah padat, cair, dan gas.

Revolusi pertanian akan menghasilkan limbah padat yang cukup berlimpah di Indonesia, dimana limbah tersebut selama ini hanya dibuang, atau dijadikan bahan bakar dan makanan ternak. Limbah hasil pertanian mengandung banyak gugus fungsi senyawa kimia, sehingga dapat digunakan sebagai bahan penyerap untuk limbah cair industri yang mengandung logam berat. Sebagaimana diketahui bahwa logam berat jika berada di badan air akan memberikan dampak negatif yang sangat berbahaya pada kehidupan manusia, hewan maupun organisme lain yang hidup di dalamnya. Oleh karena itu, dirasa sangat perlu untuk mencari dan menyeleksi jenis-jenis limbah padat dari pengolahan hasil pertanian yang sangat berpotensi untuk di jadikan sebagai bahan penyerap untuk air limbah industri yang mengandung logam-logam berat.

Limbah padat pertanian ini dapat dijadikan sebagai cara alternatif dari beberapa cara yang sudah ada terutama untuk mengurangi biaya produksi yang termasuk dalam biaya pengolahan limbah cairnya, karena mudah didapat dan biayanya murah, jika di bandingkan dengan menggunakan bahan penyerap karbon aktif, cara elektro deposisi, reverse osmosis, chemical precipitation, maupun resin, yang harganya relatif mahal.

Berbagai limbah pertanian telah dilaporkan ternyata dapat menyerap ion-ion logam berat antara lain adalah biji jeruk manis (Jimoh, T.O et al, 2013), tempurung kelapa (De Lima et al, 2012), alga (Jafari *et al.*, 2012, Yalcin *et al.*, 2012), sabut kelapa (Asiagwu, A.K et al, 2013), daun Akasia (Magan, Lal et al, 2013), tongkol jagung (Faiza, M et al, 2013), kulit pisang dan kulit jeruk (Kamsonlian, S et al., 2011), kulit delima (Moghadam, M.R et al., 2013) dan kulit manggis (Zein, R *et al.*, 2010).

Biji mangga kuini merupakan limbah yang biasanya hanya dibakar atau dibuang begitu saja (Alencar, et al. 2012). Mangga kuini banyak dijumpai di pasar-pasar tradisional di berbagai daerah. Oleh sebab itu, pemanfaatan biji mangga kuini akan dijadikan sebagai biosorben untuk penyerapan zat warna sehingga menjadikan biji mangga kuini lebih bermanfaat.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Pada penelitian ini larutan CuSO_4 dicampur dengan serbuk biji mangga dengan cara serbuk biji mangga direndam dengan larutan logam. Setelah campuran tersebut diaduk dengan waktu tertentu larutan tersebut disaring, konsentrasi filtrat yang didapat diukur dengan menggunakan SSA (Spektrometri Serapan Atom). FT-IR digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang berperan dalam penyerapan, karena prinsip dari adsorpsi ini adalah pertukaran ion. Sementara penghalusan material dilakukan dengan blender dan pengukuran pH dengan menggunakan pH universal.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang dan laboratorium Akademi Kesehatan Fajar Pekanbaru. Waktu penelitian direncanakan selama 2 bulan.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji mangga kuini, CuSO₄, NaOH 0,1 M, HNO₃ 65% dan aquadest.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer serapan atom, pengayak, neraca analitik, pH universal, kertas saring, cawan penguap, blender, FTIR dan peralatan gelas lainnya.

Prosedur Kerja

1. Perlakuan Awal Biji Mangga Kuini

Biji mangga kuini dibersihkan dari kotoran-kotoran, kemudian dicuci dengan air sampai bersih, kemudian dikeringkan dengan cara dijemur dengan cahaya matahari. Biji mangga kuini dicincang lalu dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ukuran partikel 100 µm. Kemudian direndam dalam HNO₃ 0,1 N selama 2 jam selanjutnya disaring dan dikering anginkan. Kemudian dicuci dengan aquadest, disaring, selanjutnya di kering anginkan dan biosorben tersebut siap untuk digunakan. Tiap perlakuan menggunakan 1 g raw material biji mangga kuini.

2. Pengaruh pH larutan Logam Terhadap Penyerapan Logam

Kedalam erlenmeyer dimasukkan biji mangga kuini dengan ukuran partikel 100 µm kemudian ditambahkan 25 mL larutan CuSO₄ logam konsentrasi 100 mg/L dengan variasi pH 3,4,5,6,7 dan 8. Kemudian aduk selama 2 jam dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Setelah selesai pegadukan, ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisa dengan SSA (Spektroskopi Serapan Atom)

3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Logam

Kedalam erlenmeyer dimasukkan serbuk biji mangga kuini dengan ukuran partikel 100 µm. Selanjutnya ditambahkan 25 mL larutan CuSO₄ dengan konsentrasi 100 mg/L dan pH optimum. Kemudian aduk masing-masing selama 30, 60, 90, 120, dan 150 menit pada suhu ruang. Setelah selesai pengadukan ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisa dengan SSA (Spektroskopi Serapan Atom).

4. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Terhadap Penyerapan Logam

Kedalam erlenmeyer dimasukkan biji mangga kuini dengan ukuran partikel 100 µm. Kemudian ditambahkan 50 mL larutan CuSO₄ dengan variasi konsentrasi 25,50,75,100,125 dan 150 ppm dengan pH optimum. Kemudian aduk dengan waktu kontak optimum. Setelah selesai pengadukan ambil larutan dengan cara penyaringan. Filtrat dianalisa dengan SSA (Spektroskopi Serapan Atom).

5. Analisa FT-IR Biji Mangga Kuini

Sampel biji mangga kuini (*Mangifera odorata*) sebelum dan sesudah dilakukan penyerapan dianalisis dengan menggunakan FTIR. Dari hasil akan didapat gugus fungsi yang berperan dalam penyerapan ion logam Cu (II).

Analisa Data

Kapasitas penyerapan ion logam Cu (II) dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Kapasitas Penyerapan (mg/g)} = \frac{C_e - C_f}{m} \times V$$

$$\text{Efisiensi Penyerapan (\%)} = \frac{C_e - C_f}{C_e} \times 100 \%$$

Keterangan :

C_e = konsentrasi awal (mg/l)

C_f = Kosentrasi akhir (mg/l)

m = massa biosorben (gram)

v = volume larutan (L)

Q_e = kesetimbangan konsentrasi ion logam pada sorbent (mg/g)

Q_{\max} = lapisan monolayer maksimum logam (mg/g)

K_L = konstanta kesetimbangan Langmuir (L/mg)

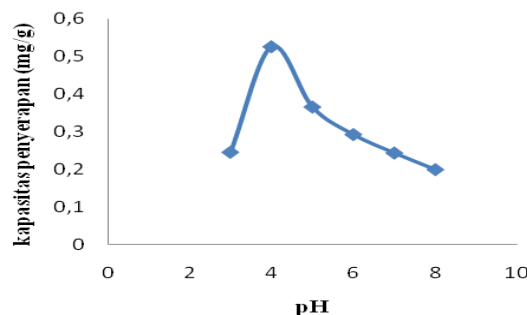
K_f = konstanta kesetimbangan Freundlich (L/g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Ion Logam Cu (II) Oleh Biji Kuini (Mangifera odorata)

1. Pengaruh pH Terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cu (II)

pH merupakan parameter yang sangat penting dalam proses penyerapan ion logam oleh biomaterial. Hal ini dikarenakan pH dapat mempengaruhi kelarutan ion logam dalam larutan, kemampuan ion logam lain untuk mengikat pada permukaan biomaterial dan mempengaruhi muatan pada permukaan biomaterial selama reaksi berlangsung. Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana biosorben menyerap ion logam secara maksimum dapat dilihat pada Gambar 1.



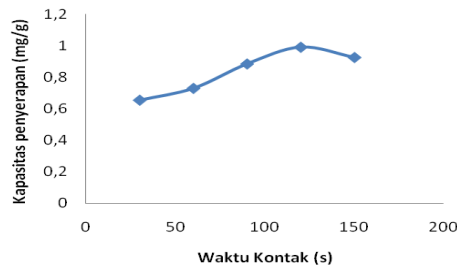
Gambar 1. Pengaruh pH Larutan Ion Cu (II) terhadap kapasitas penyerapan serbuk biji mangga kuini(Mangifera odorata)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa untuk ion Cu (II) kapasitas penyerapan maksimum 0,526 mg/g pada pH 4. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Babarinde dkk (2012), penyerapan maksimum untuk ion logam Cu (II), Pb (II) dan Zn (II) terjadi pada pH 2-6, biomaterial yang digunakan yaitu daun kelapa. pH larutan ion logam merupakan parameter penting pada proses biosorpsi, karena pada pH rendah penyerapan ion logam dihalangi oleh ion hidronium (H^+) yang mengelilingi permukaan biosorben sehingga terjadi persaingan antara ion logam dan ion hidronium (H^+) yang mengakibatkan menurunnya kapasitas penyerapan.

2. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Logam Cu(II)

Disaat ion logam dikontakan (direndam) dengan serbuk biji mangga kuini (Mangifera odorata) akan terjadi interaksi antara ion logam dengan sisi aktif biji mangga kuini (Mangifera odorata), lamanya waktu interaksi akan mempengaruhi jumlah ion logam yang terserap pada permukaan aktif biji mangga.

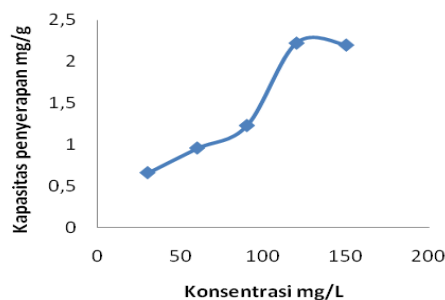
Pada Gambar 2 dapat diamati bahwa semakin lama waktu kontak larutan ion logam direndam, maka semakin lama interaksinya terhadap biji mangga kuini dan menghasilkan kapasitas yang semakin besar. Ketika ion logam direndam dengan material didalam erlenmeyer akan terjadi interaksi antara ion logam dengan sisi aktif biji mangga, lamanya waktu interaksi akan mempengaruhi jumlah ion logam yang terserap pada permukaan aktif biji mangga kuini.



Gambar 2. Pengaruh Waktu kontak Larutan Ion Cu (II) terhadap kapasitas penyerapan serbuk biji mangga kuini(*Mangifera odorata*)

3. Pengaruh konsentrasi larutan ion logam terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cu (II)

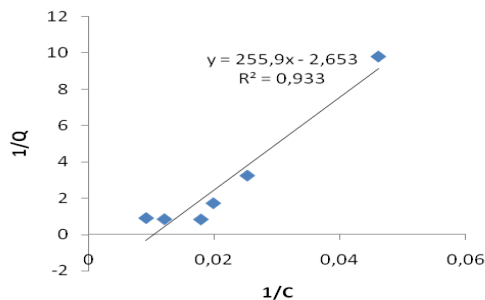
Pengaruh konsentrasi awal ion logam Cu (II) dalam larutan dilakukan dengan konsentrasi 25, 50, 75, 100, 125 dan 150 mg/L. Konsentrasi ion logam berhubungan dengan banyaknya ion logam yang dapat berinteraksi dengan sisi aktif material penyerap. Sehingga semakin banyak ion logam dalam larutan maka semakin banyak kemungkinan terjadinya interaksi dengan sisi aktif adsorben sehingga kapasitas penyerapannya meningkat. Tetapi pada saat tertentu jumlah sisi aktif sama dengan jumlah ion logam, pada saat tersebut penyerapan yang terjadi akan konstan sehingga kapasitas penyerapan akan menurun dengan meningkatnya konsentrasi (Ramadhan dan Handajani, 2007). Hasil pengukuran pengaruh konsentrasi ion logam yang dianalisa terhadap kapasitas penyerapan serbuk biji mangga kuini (*mangifera odorata*) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Larutan Ion Cu (II) terhadap kapasitas penyerapan serbuk biji mangga kuini(*Mangifera odorata*)

Kapasitas Serapan Maksimum

Kapasitas serapan maksimum diperoleh dari data konsentrasi yang dicari dengan persamaan Isoterm Langmuir. Dari persamaan linier Isoterm Langmuir didapat grafik antara $1/C$ versus $1/Q$ seperti Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Linearitas Langmuir untuk penyerapan ion logam Cu (II) oleh biji mangga kuini

Dari kurva linearitas diperoleh persamaan isothermal Langmuir dan selanjutnya digunakan untuk menentukan kapasitas penyerapan maksimum (Q_m). Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorben terdapat sisi aktif yang sebanding dengan luas adsorben. Pada keadaan sisi aktif belum jenuh dengan adsorbat, maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang akan meningkat secara linear dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya interaksi antara sisi aktif adsorben dengan adsorbat yang melibatkan ikatan kimia. Interaksi kimia hanya terjadi pada lapisan penyerapan tunggal (*monolayer adsorption*) permukaan dinding sel adsorben.

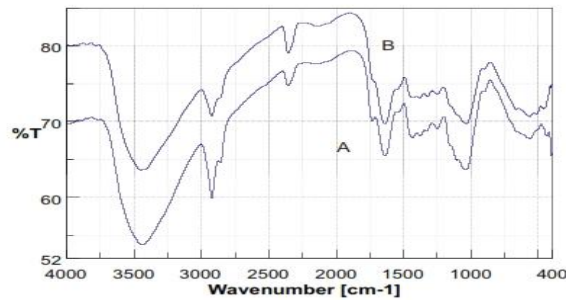
Isoterm adsorpsi menggambarkan hubungan antara zat teradsorpsi dalam jumlah berat adsorben (biji mangga kuini) tertentu dalam satuan keseimbangan. Proses adsorpsi yang terjadi antara ion logam Cu(II) dan adsorben (biji mangga kuini) diasumsikan mengikuti pola isoterm Langmuir, sehingga penentuan kapasitas adsorpsi sebagai kajian termodinamika digunakan persamaan Langmuir. Isoterm adsorpsi Langmuir dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$1/Q = 1/Q_m + 1/bQ_m C$$

Di mana C adalah konsentrasi ion logam (mg/L), Q adalah jumlah zat teradsorpsi per gram adsorben (mg/g), dan Q_m adalah kapasitas penyerapan maksimum (mg/g) . Hubungan antara kapasitas penyerapan dan konsentrasi ion logam dapat diperoleh dengan memplotkan data yang diperoleh dari hasil penelitian ke grafik 1/C dengan 1/Q menghasilkan garis lurus dengan slop $1/bQ_m$ dan intersep $1/Q_m$. Dari perhitungan didapat kapasitas penyerapan maksimum untuk ion logam Cu (II) adalah 0,376 mg/g.

Analisis Gugus Fungsi Dari Biji Mangga Kuini (Mangifera Ordorata)

Pada biosorben yang berperan penting dalam proses penyerapan adalah gugus fungsi. Gugus-gugus fungsional merupakan tempat potensial untuk adsorpsi dan penyerapan ion logam tergantung pada berbagai faktor seperti banyak dan jenis gugus fungsi, proses interaksi, struktur kimia, dan afinitas (kemampuan unsur menerima) antara kulit kacang lima dan ion logam. Spektroskopi FTIR merupakan teknik analisis yang penting, untuk mendeteksi karakteristik puncak yang diperoleh dari gugus-gugus fungsi karboksilat, hidroksil, imidazol, sulfhidril, dan fosfat. Gugus fungsi yang terlibat dalam penyerapan dapat diidentifikasi dengan membandingkan biomaterial murni dengan biomaterial yang telah kontak dengan ion logam.



Gambar 5. Spektrum FT-IR biji mangga kuini (*Mangifera odorata*) sebelum (A) dan setelah (B) penyerapan ion logam Cu (II)

Dari spektrum FTIR untuk ion logam Cu (II) dapat diamati bahwa, terjadinya perubahan pita serapan pada biomaterial sebelum penyerapan dan setelah penyerapan ion logam terutama pita serapan pada frekuensi 3432 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi O-H (alkohol) pada frekuensi 3300-3600 cm^{-1} . Perubahan pita serapan juga terjadi pada frekuensi 2922 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi C-H pada frekuensi 2800-3000 cm^{-1} . Perubahan pita serapan pada frekuensi 2357 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi O-H (asam) pada frekuensi 2400-3000 cm^{-1} .

Perubahan pita serapan pada frekuensi 1035 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi C-O pada frekuensi 1000-1300 cm^{-1} dan untuk perubahan pita serapan pada frekuensi 1638 cm^{-1} diindikasikan sebagai vibrasi gugus fungsi C=O (asam) pada frekuensi 1650-1800 cm^{-1} . Dari hasil identifikasi gugus fungsi menunjukkan bahwa biomaterial telah menyerap ion logam yang ditandai dengan berkurangnya nilai absorban atau meningkatnya persen transmisi. Gugus fungsi yang berperan dalam proses penyerapan ion logam adalah gugus O-H (alkohol), O-H (asam) dan C=O (asam).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap penyerapan ion logam Cu (II) oleh biji mangga kuini (*Mangifera odorata*), dapat diambil simpulan:

1. Dari spektrum FTIR dapat dilihat gugus fungsi yang menyebabkan terjadinya penyerapan pada biji mangga kuini (*Mangifera odorata*) akibat proses pertukaran kation adalah gugus fungsi O-H (alkohol) pada frekuensi 3300-3600 cm^{-1} , O-H (acid) pada frekuensi 2400-3000 cm^{-1} , dan C=O (asam) pada frekuensi 1650-1800 cm^{-1} .
2. Biji Mangga kuini (*Mangifera odorata*) dapat digunakan sebagai bahan penyerap ion logam Cu (II). Untuk penyerapan optimum terjadi pada pH 4, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi larutan ion logam 100 mg/L. Pada kondisi optimum tersebut diperoleh kapasitas penyerapan biji mangga kuini (*Mangifera odorata*) terhadap ion logam Cu (II) adalah 1,184 mg/g .

Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap penyerapan ion logam Cu (II) oleh biji mangga kuini (*Mangifera odorata*), maka disarankan:

1. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui komposisi kimia dari biji mangga kuini (*Mangifera odorata*).
2. Perlu dilakukan penelitian dengan teknik colom (dinamis).

3. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kapasitas penyerapan biji mangga kuini (*Mangifera odorata*) terhadap ion-ion logam lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Asiagwu, A.K, Hilary I. Owamah and O. Christoper. 2013. *Kinetik Model for the Sorption of Ni(II), Cu(II) and Zn(II) onto Cocos Mucifera Fiber Biomass from Aqueous Solution*. J Chem Eng Process Technol . 4:2
- Asiagwu, A.K, P.E Omuku and C.O Alisa. 2012. *Kinetic Model for the Removal of Methyl Orange (Dye) From Aqueous Solution Using Avocado Pear (Persea Americana) Seed*. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences. Vol. 3, No. 1, 48-57.
- Baral, S.S., Dasa, S.N. Chaudhury G.R., Swamy, Y.V and Rath P. 2007. *Removal of Cr(VI) by thermally acticated weed Salvinia cucullata in a fixed-bed column*, Journal of Hazardous Materials 161:1427-1435.
- Cotton. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- De Lima, A.C.A., Nascimento, R.F., de Sousa, F.F., Filho, J.M. and Oliveira, A.C. (2012). *Modified coconut shell fibers: A green and economical sorbent for the removal anions from aqueous solutions*. *Chemical Engi-neering*, 274-284. Faiza Mureed, Razuya Nadeem, Ansar Mehmood. 2012. *Biosorption of Zinc by Chemically Modified Biomass of Corncob (Zea mays .L)*. Middle-East Journal of Scientific Research, 11 (9): 1226-1231
- Hilary I. Owamah, Ilabor S. Chukwujindu and Augustine K. Asiagwu. 2013. *Biosorptive capacity of yam peels waste for the removal of dye from aqueous solutions*. Civil and Environmental Research. Vol (3)
- Itodo, H.U. and Itodo A.U. 2010. *Surface Coverage and Adsorption Study of Dye Uptake by Derived Acid and Base Treated Mango Seed Shells*. J. Chem. Pharm. Res., 2(3):673-683
- Jafari N., Z. Senobari. 2012. *Removal of Pb (II) ion from aqueous solution by Cladophora rivularis (Linnaeus) hoek*. *The Scientific World Journal*, vol. 2012.
- Kamsonlian. S, S. Suresh, C.B. Majumder and S. Chand. 2011. *Characterization Of Banana And Orange Peels: Biosorption Mechanism*. *International Journal of Science Technology & Management*
- Khasanah, E.N. 2009. *Adsorpsi Logam Berat*. UPT Loka Biota Laut-LIPI. Bitung. 4: 1-7.
- Jimoh, T.O, J. Yisa, A.I. Ajai, and A. Musa. 2013. *Kinetic and Thermodynamics Studies of the Biosorption of Pb (II), Cd (II) and Zn (II) ion from Aqueous Solution by Sweet orange (Citrua sinensis) Seed*. *Internasional Journal of Modern Chemistry*. 4(1): 19-37
- Magan Lal, Sumit, Shobha Sharma and Vikal Gupta. 2013. *Removal of Cr(III) by activated Acacia Nilotica Leaf Powder*. *Eur. Chem. Bull.* 2 (3), 144-148
- Moghadam R.M, Navid, N. Zienab, D. Esmaeil, B. 2013. *Removal of Fe(II) from Aqueous solution using pomegranate peel carbon: equilibrium and kinetic studies*. *Internasional Journal of Industrial Chemistry*, 4:9
- Munaf. E, Zein, R, Takeuchi. T and Miwa. T. *Microcolumn Ion Chromatography Of Inorganic Monovalent Cations With Indirect Photometric Detection And Silica Gel Column*, *Anal. Chim. Acta*, 334, (39-43) 1996

- Munaf. E and R. Zein, *The use of rice husk for removal of toxic metals from wastewater, Environ. Technol.*, 18, (359-362) 1997
- Obana, H., T. Anzai, and T. Fukunaga. "Ecocement recycled urban garbage and waste materials." *Proceedings of International Symposium on Environmental Issues of Ceramics*. 1995.
- Ohsumi, M. "Ecocement-Recycle Cement from Urban Waste Incineration Ash." *Ceramics Japan* 37.11 (2002): 886-889.
- Palar, H, 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Jakarta: Rineka Cipta
- Yalcin S., S. Sezer., R. Apak. 2012. *Characterization and lead(II), cadmium(II), nikel(II) biosorption of dried marine brown macro algae Cytoseria barbata*. *Environ Sci Pollut Res*. 19: 3118-3125.
- Yasutaka. N, Kono.K ,Niwa. J,. 2006. *Fracture Properties Of Ecocement Concrete Using Recycled Aggregates And Recycled Pet Fibers*. *JCA Proceedings of Cement & Concrete (Japan Cement Association)*. **Vol:59**; 498-503
- Zein. R., Suhaili. R, Earnestly. F, Indrawati, Munaf. E, 2010. *Removal Of Pb(II), Cd(II), And Co(II) From Aqueous Solution Using Garcinia Mangostana L Fruit Shell*. *Journal of Hazardous Materials*. 181 : 52-56
- Zein. R, Munaf. E, Takeuchi. T and Miwa. T, 1996, *Signal Enhancement Of Inorganic Anions By Indirect Photometric Detection With Anthraquinone-Disulphonate As Visualization Agent In Liquid Chromatography*. *Chromatographia*, 42, 591-592
- Zein. R, Munaf. E, Takeuchi. T and Miwa. T, 1996, *Microcolumn ion chromatography of inorganic UV-absorbing anions using bovine serum albumin as stationary phase*, *Anal. Chim. Acta*, 335, 261-266.
- Zein, R, Suhaili. R, Mawardi, Munaf. E and Bavestrello. E, 2009. *Chemical Modification of Some Functional Groups on Marine Algae (Sargassum crasifolium) Powder for the Evaluation of Lead(II) Uptake*. *Asian Journal of Chemistry*, 21(3), 2032-2036.

=====