

PENYERAPAN ION LOGAM Cr (VI) MENGGUNAKAN SERBUK KULIT MANGGIS (*Garcinia mangostana L*) YANG TELAH DITARIK ZAT WARNANYA

Lenni Erika Putri

Laboratorium Kimia Analisis Lingkungan, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Andalas,
Padang

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mempelajari kemampuan kulit manggis (*Garcinia mangostana L*) sebagai material penyerap ion Cr (VI). Beberapa variabel seperti pengaruh pH larutan ion logam, ukuran partikel, waktu kontak, massa serbuk kulit manggis, dan konsentrasi ion logam dipelajari untuk mendapatkan kondisi optimum penyerapan. Setiap perlakuan menggunakan serbuk kulit manggis sebanyak 1 g yang direndam terlebih dahulu dalam HNO₃ 0,1 N selama 1 jam dan ditarik zat warnanya menggunakan heksana dan etanol dengan perbandingan (1:1) selama 1 minggu dengan 3 kali pengulangan. Konsentrasi ion logam pada semua perlakuan ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kondisi optimum penyerapan ion Cr (VI) diperoleh pada pH 4,0 dengan ukuran partikel 180 µm, waktu kontak 30 menit, massa serbuk kulit manggis 4 g dan konsentrasi ion logam 250 mg/L. Kapasitas penyerapan optimum dan efisiensi penyerapan optimum ion Cr (VI) oleh kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya masing-masingnya adalah 8,510 mg/g dan 60,57 %.

Kata kunci : kulit manggis, ion Cr (VI), SSA, penyerapan, optimum.

PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang pembangunan yang pesat dibidang ekonomi disatu sisi akan meningkatkan kualitas hidup manusia, yaitu dengan meningkatnya pendapatan masyarakat, tetapi di sisi lain akan berakibat pada penurunan kesehatan akibat adanya pencemaran yang berasal dari limbah industri dan rumah tangga. Hal ini karena kurangnya atau tidak memadainya fasilitas untuk menangani dan mengelola limbah tersebut.

Pencemaran lingkungan alam oleh logam-logam berat telah menjadi masalah serius di beberapa negara

industri. Pelepasan beberapa logam berat dalam skala besar dari industri ke lingkungan telah menghasilkan sejumlah masalah lingkungan. Logam berat seperti timbal, kadmium, kobal dan kromium dari sumber antropogenik seperti pelapisan logam, operasi pertambangan dan industri lainnya merupakan beberapa di antara polutan yang paling umum ditemukan di dalam limbah industri dan menjadi masalah lingkungan yang telah menjadi perhatian seluruh dunia⁽¹⁾.

Teknik-teknik utama telah dimanfaatkan untuk mengurangi kandungan ion logam berat dari limbah

seperti pengendapan kimia, koagulasi kapur, osmosis terbalik dan ekstraksi pelarut. Teknik ini selain mahal juga mempunyai kekurangan yaitu penarikan logam tidak sempurna, reagen yang digunakan banyak, dan membutuhkan energi, dan penghasil lumpur beracun atau produk limbah lainnya yang harus dibuang. Dengan demikian metoda yang ramah lingkungan dan efisien perlu dikembangkan untuk mengurangi kandungan logam berat. Dalam beberapa tahun terakhir perhatian khusus telah difokuskan dalam pada bidang biosorpsi untuk menghilangkan ion logam berat dari limbah air. Biosorpsi merupakan pengikatan atau pengumpulan logam-logam berat dari larutan encer oleh biomassa mikrobial tertentu yang tidak hidup. Biomassa bertindak sebagai zat kimia, sebagai penukar ion dari biologis asli. Hal ini terutama pada struktur dinding sel dari alga, jamur dan bakteri tertentu, yang ditemukan pada fenomena ini⁽²⁾.

Penelitian di beberapa tahun terakhir ini telah menunjukkan bahwa beberapa biomaterial alam termasuk hasil pertanian dan hasil sampingnya dapat menumpuk tingginya konsentrasi logam berat. Biosorben yang dihasilkan dari biomassa lebih efisien dan hemat biaya. Indonesia merupakan daerah agraris yang banyak terdapat hasil pertanian yang mana hasil sampingnya seperti sabut kelapa⁽³⁾, lumut⁽⁴⁾, kulit gandum, ampas tebu, kulit jeruk⁽²⁾ yang mempunyai kemampuan sebagai penyerap.

Buah manggis (*Garcinia mangostana L*) yang dikenal dunia sebagai salah satu raja buah dengan

berbagai fungsi untuk pengobatan penyakit. *Garcinia mangostana L* (Clusiaceae) yang biasa dikenal sebagai manggis merupakan salah satu jenis buah-buahan yang memiliki banyak manfaat. Kulit buah manggis sudah sejak lama digunakan untuk campuran pada masakan dan bahan tambahan pada nira aren sebelum pengolahan. Kedua penggunaan tersebut diduga sebagai bahan pengawet. Xanton alami *Garcinia mangostana L* telah digunakan sebagai antijamur dan antioksidan. Indonesia adalah negara pengekspor utama manggis dengan total produksi 72.634 ton pada tahun 2006⁽¹⁾.

Kulit manggis sudah pernah digunakan sebagai biosorben untuk menyerap logam-logam berat (Pb (II), Cd (II) dan Co (II)) baik yang ditarik maupun yang tidak ditarik zat warnanya dengan kapasitas penyerapan maksimum 3,56 mg/g untuk Pb (II), 3,15 mg/g untuk Cd (II) dan 0,34 mg/g untuk Co (II). Kulit manggis yang tidak ditarik zat warna memiliki kapasitas serapan lebih tinggi dibanding penyerapan dengan menggunakan kulit manggis yang sudah ditarik zat warnanya yaitu 0,39 mg/g untuk Pb (II), 0,18 mg/g untuk Cd (II) dan 1,54 mg/g untuk Co (II), masing-masingnya⁽¹⁾.

Selain bisa digunakan sebagai biosorben kulit manggis juga memiliki banyak manfaat seperti zat warnanya bisa dimanfaatkan sebagai pewarna dan pengawet makanan. Dibidang industri farmasi, kosmetik dan tekstil zat warna kulit manggis banyak dimanfaatkan sebagai bahan pewarna. Dalam bidang kedokteran digunakan sebagai obat untuk infeksi kulit, luka dan diare.

Pada penelitian ini kami ingin mengamati kemampuan kulit manggis dalam menyerap ion logam Cr (VI).

METODA PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian : Kulit manggis (*Garcinia mangostana L.*) yang diperoleh dari Lubuk Alung, Kabupaten Padang Pariaman. Bahan-bahan kimia yang digunakan antara lain : $K_2Cr_2O_7$, HCl 0,01 N, NaOH 0,01 N, HNO_3 0,1 N, heksan, etanol dan akuabidest.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas seperti pipet ukur, pipet gondok, labu ukur, gelas ukur, beaker gelas, erlenmeyer, corong, bola hisap, pH meter, kertas saring, timbangan analitik, ayakan, dan *shaker*. Peralatan instrumen yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (AAS Alpha-4, Analis 100, London, Inggris).

Prosedur Kerja

Perlakuan Terhadap Kulit Manggis

Kulit manggis dicuci dengan air sampai bersih untuk menghilangkan kotoran, getah, pasir, tanah liat dari permukaan kulit. Setelah dicuci kulit manggis dipotong kecil-kecil kemudian dijemur diruangan terbuka. Kulit manggis kering dihaluskan dan setelah halus direndam dalam HNO_3 0,1 N selama 1 jam dengan tujuan untuk menghilangkan kemungkinan adanya logam yang terdapat dalam kulit manggis. Kemudian disaring, dilanjutkan dengan perendaman dengan akuades. Dan serbuk kulit manggis dikeringanginkan.

Penarikan Zat Warna Serbuk Kulit Manggis

Serbuk kulit manggis yang telah dihaluskan, direndam dengan heksan dan etanol dengan perbandingan pelarut (1 : 1) selama 1 minggu dengan 3 kali penggantian pelarut. Kemudian dikeringkan kembali dan selanjutnya diayak untuk memperoleh ukuran partikel 100, 180, 250 dan 425 μm . Serbuk tersebut kemudian disimpan dalam botol yang kedap udara untuk digunakan sebagai biosorben. Setiap perlakuan menggunakan 1 gram serbuk manggis.

Pembuatan Reagen

Persiapan larutan standar Cr (VI) 1000 mg/L dengan melarutkan 0,2829 g $K_2Cr_2O_7$ yang diencerkan dengan akuabidest. Untuk percobaan digunakan larutan Cr (VI) 100 mg/L. Pengaturan pH larutan menggunakan HCl dan NaOH 0,01 N.

Penentuan pH larutan optimum

Ke dalam 4 buah erlenmeyer 250 mL masing-masingnya dimasukkan 132 mL Larutan Cr (VI) untuk pH 2, 100 mL untuk pH 4, 104,6 mL untuk pH 6 dan 129 mL untuk pH 8. Kemudian ditambahkan 1 g serbuk kulit manggis dengan ukuran partikelnya 100 μm . Selanjutnya campuran diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan konstan (120 rpm). Setelah waktu kontak selama 30 menit, sampel disaring dengan kertas saring Whatman No.41 kemudian dilakukan pengujian kandungan logam Cr (VI) dalam larutan

dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Penentuan ukuran partikel optimum

Kapasitas pertukaran ion banyak bergantung pada aktivitas permukaan dari biosorben dengan larutan yang mengandung logam. Untuk melihat pengaruh ukuran partikel terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI), serbuk kulit manggis sebanyak 1 gram dengan variasi ukuran partikel yaitu 100, 180, 250 dan 425 μm dilarutkan masing-masingnya dalam 100 mL larutan Cr (VI) dengan konsentrasi 100 mg/L dengan pH optimum. Kemudian diaduk dengan *shaker* dengan kecepatan konstan (120 rpm) selama 30 menit. Setelah 30 menit sampel disaring dengan kertas saring Whatman No.41. Filtratnya dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom (SAA).

Penentuan waktu kontak optimum

Ke dalam erlenmeyer 250 mL dimasukkan 100 mL larutan Cr (VI) dengan konsentrasi 100 mg/L dengan pH optimum. Kemudian ditambahkan 1 gram serbuk kulit manggis dengan ukuran partikel optimum. Selanjutnya campuran diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan konstan (120 rpm) selama waktu optimum, sampel disaring dengan kertas saring Whatman No.41 kemudian dilakukan pengujian kandungan ion logam Cr (VI) dalam filtrat dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Penentuan massa serbuk kulit manggis optimum

Pengaruh berat biosorben dalam menyerap logam Cr (VI) dilihat dengan memvariasikan jumlah biosorben yaitu 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 gram dengan ukuran partikel optimum. Kemudian ditambahkan 100 mL larutan Cr (VI) 100 mg/L dan diatur pH optimum. Larutan diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan konstan (120 rpm) selama waktu optimum. Selanjutnya filtrat dipisahkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman No.41. Filtrat dianalisa dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Penentuan konsentrasi awal ion logam Cr (VI) optimum

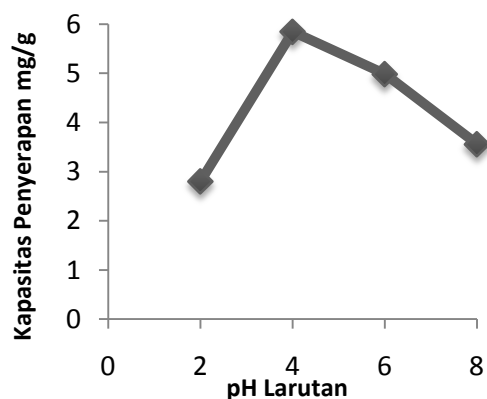
Ke dalam erlenmeyer 250 mL dimasukkan 100 mL larutan Cr (VI) dengan variasi konsentrasi yaitu 50, 100, 150, 200, 250 mg/L dengan pH optimum. Kemudian ditambahkan serbuk kulit manggis dengan ukuran partikel dan berat optimum. Selanjutnya campuran diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan konstan (120 rpm) selama waktu optimum, sampel disaring dengan kertas saring Whatman No.41 kemudian dilakukan pengujian kandungan ion logam Cr (VI) dalam filtrat dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pH Larutan Terhadap Kapasitas Penyerapan

pH merupakan parameter yang sangat penting dalam proses penyerapan logam oleh biomassa. Hal ini dikarenakan pH dapat mempengaruhi kelarutan ion

logam dalam larutan, kemampuan ion logam lain untuk mengikat pada permukaan biomassa dan mempengaruhi muatan pada permukaan biomassa selama reaksi berlangsung. Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana biosorben menyerap logam secara maksimum. Hasil pengujian pengaruh pH larutan terhadap penyerapan terlihat pada Gambar 1.



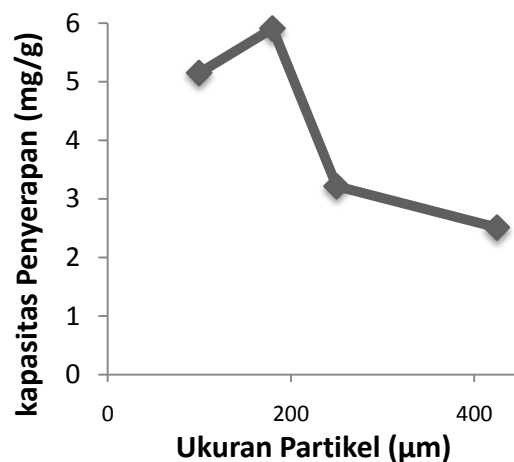
Gambar 1. Pengaruh pH larutan terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI) dengan serbuk kulit manggis yang ditarik zat warnanya, ukuran partikel 100 μm , waktu kontak 30 menit untuk konsentrasi awal ion logam 75,75 ; 100 ; 95,60; 77,51 mg/L dan massa serbuk kulit manggisnya 1 g.

Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa jumlah Cr (VI) yang terserap pada serbuk kulit manggis naik dari pH 2 ke pH 4, dan di atas pH 4 jumlah Cr (VI) yang terserap cenderung turun. pH optimum biosorpsi yang dimiliki oleh biosorben serbuk kulit manggis terjadi pada pH 4 dengan kapasitas penyerapan 5,850 mg/g dan efisiensi penyerapannya 58,50 %. Serbuk kulit manggis mengandung selulosa pada dinding selnya sehingga memungkinkan

terjadinya mekanisme pertukaran ion karena adanya gugus $-\text{OH}$ pada selulosa dalam yang menyebabkan terjadinya sifat polar pada biosorben tersebut. Ketergantungan pH pada logam yang teradsorpsi sangat dipengaruhi oleh jenis dan keadaan ionik gugus fungsi pada biosorben dan juga spesiasi Cr (VI) dalam larutan.

Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kapasitas Penyerapan

Variasi ukuran partikel serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warna untuk penyerapan ion logam Cr (VI) adalah 100, 180, 250, dan 425 μm . Gambar 2 memperlihatkan pengaruh variasi ukuran partikel terhadap penyerapan ion logam Cr (VI).

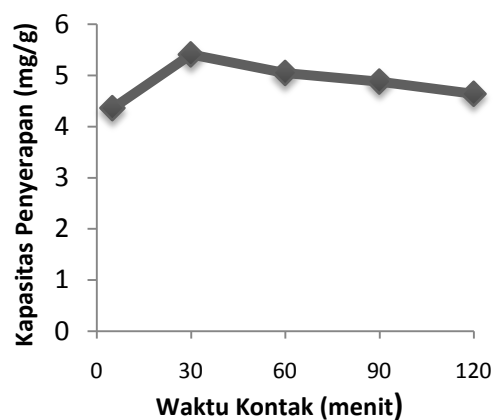


Gambar 2. Pengaruh ukuran partikel serbuk kulit manggis (μm) terhadap penyerapan ion logam Cr (VI), massa serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warna 1 g, waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi 100 mg/L dengan pH 4.

Luas permukaan biosorben akan mempengaruhi daya serap dari biosorben. Semakin luas permukaan biosorben maka semakin banyak tempat terjadi interaksi antara biosorben dengan ion logam, sehingga jumlah ion logam yang terserap semakin banyak. Dengan bertambahnya luas permukaan biosorben maka gugus fungsi akan semakin banyak yang aktif karena terbuka. Dari Gambar 2 terlihat bahwa ukuran partikel serbuk kulit manggis berpengaruh dalam proses penyerapan ion-ion logam Cr (VI). Pada grafik terlihat bahwa penyerapan optimum dari ion logam Cr (VI) terjadi pada ukuran partikel 180 μm walaupun tidak menunjukkan perbedaan yang besar dengan penyerapan pada ukuran partikel 100 μm . Kapasitas penyerapan untuk ukuran partikel optimum yaitu 180 μm adalah 59,10 mg/g dan efisiensi penyerapannya sebesar 59,10 %.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Penyerapan

Hasil pengukuran pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) terlihat pada Gambar 3.



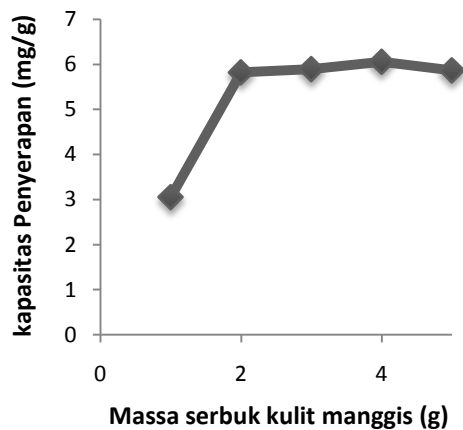
Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) pH 4, ukuran partikel 180 μm , konsentrasi awal logam 100 mg/L, dan massa serbuk kulit manggis 1 g.

Penentuan waktu kontak biosorpsi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan biosorben serbuk kulit manggis mengadsorpsi secara maksimal. Waktu setimbang biosorpsi yang dimiliki oleh biosorben serbuk kulit manggis adalah 30 menit dengan kapasitas penyerapannya 5,410 mg/g dan efisiensi penyerapannya 54,10 %. Hasil penelitian dilihat pada Gambar 3. Pada awal waktu interaksi jumlah ion Cr (VI) yang terserap cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu interaksi akan tetapi setelah diinteraksikan pada waktu 30 menit jumlah Cr (VI) yang terserap cenderung turun dan cenderung stabil. Turunnya jumlah ion logam Cr (VI) yang terserap setelah pengadukan 30 menit kemungkinan disebabkan oleh ketidakstabilan ikatan antara biosorben serbuk kulit manggis dengan ion logam Cr (VI) sehingga sebagian kecil dari partikel logam Cr (VI) ada yang terlepas kembali⁽¹⁷⁾.

Pengaruh Massa Serbuk Kulit Manggis Terhadap Kapasitas Penyerapan

Variasi massa serbuk kulit manggis yang ditarik zat warna yang digunakan untuk penyerapan ion logam Cr (VI) adalah 1, 2, 3, 4 dan 5 g. Hasil pengukuran pengaruh variasi berat biosorben terhadap penyerapan ion

logam ditunjukkan pada Gambar 4.



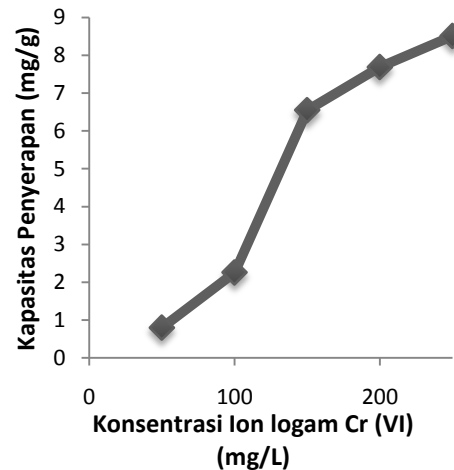
Gambar 4. Pengaruh serbuk kulit manggis terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) pH 4, ukuran partikel 180 μm , waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi awal ion logam 100 mg/L.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa massa biosorben optimum diperoleh pada penambahan 4 gram serbuk kulit manggis. Dengan penambahan 4 gram biomassa diperoleh kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI) 6,057 mg/g dan efisiensi penyerapannya sebesar 60,57 %. Penambahan biomassa meningkatkan persentase penyerapan ion logam Cr (VI). Tetapi pada penambahan 5 gram serbuk kulit manggis terjadi sedikit penurunan. Hal ini menunjukkan biomassa mulai jenuh berikatan dengan logam Cr (VI) sehingga penyerapan logam menurun⁽¹⁸⁾.

Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Terhadap Kapasitas Penyerapan

Pengukuran pengaruh konsentrasi awal ion logam Cr (VI) dalam larutan dilakukan dengan konsentrasi 50, 100,

150, 200 dan 250 mg/L. Hasil pengukuran pengaruh konsentrasi ion logam yang dianalisa terhadap kapasitas penyerapan serbuk kulit manggis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi ion logam terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) pH 4, ukuran partikel 180 μm , waktu kontak 30 menit, massa serbuk kulit manggis 1 g.

Konsentrasi ion logam sangat erat hubungannya dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan biosorben, yang mampu mengikat 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⁽¹⁵⁾. Pada Gambar 5 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi ion logam yang digunakan maka semakin besar pula kapasitas penyerapan oleh serbuk kulit manggis, berarti pada konsentrasi lebih besar serbuk kulit manggis masih dapat menyerap ion logam. Perubahan ini jelas terlihat pada

konsentrasi 250 mg/L dengan kapasitas penyerapan 8,51 mg/g dan efisiensi penyerapannya 43,66 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) oleh serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dengan 3 kali penggantian pelarut, maka dapat disimpulkan bahwa serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warnanya dapat digunakan sebagai biosorben ion logam Cr (VI). Kondisi optimum penyerapan ion logam Cr (VI) diperoleh dengan pH larutan adalah 4, ukuran partikel 180 μm , waktu kontak 30 menit, massa serbuk kulit manggis 4 g dan konsentrasi awal ion logam 250 mg/L. Kapasitas penyerapan dan efisiensi penyerapan optimum ion logam Cr (VI) oleh serbuk kulit manggis yang telah ditarik zat warna masing-masingnya adalah 8,510 mg/g dan 60,57 %.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk logam lain dan regenerasi dari biomaterial yang digunakan dan mengaplikasikan penelitian ini pada limbah yang sebenarnya yang mengandung ion logam Cr (VI).

DAFTAR PUSTAKA

1. R. Zein, R. Suhaili, dkk, 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, (2010).
2. V. Vinodhini, dkk, Biowaste materials as sorbents to remove chromium (VI) from aqueous environment, *Journal of Agricultural and Biological Science*. 19-23, (2009).
3. W. Sudiyarta, D. Ariani Yulihastuti, Biosorpsi kromium (VI) pada serat sabut kelapa hijau (*Coco nucifera*), *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Udayana*. 4 : 158-166, (2010).
4. Deswati, E. Munaf, dkk, Pemanfaatan Lumut (*Musci*) sebagai penyerap ion logam besi, kadmium, tembaga, kromium dan seng dalam air limbah, *Jurnal Kimia UNAND*. 6 : 18-20, (2000).
5. Prihatman, Manggis, Sistim Informasi Manajemen pembangunan di Perdesaan, Jakarta, (<http://warintek.ristek.go.id/pertanian/manggis.pdf>), 2000.
6. S. Suksamrarn, O. Komutiban, dkk, Cytotoxic prenylated xanthone from the young fruits of *Garcinia mangostana L*, *Chem. Pharm. Bull*. 54 : 301, (2006).
7. Setiawan, dkk, Peningkatan kemampuan daya serap sorbens gergaji kayu Albizia dengan pengulfonasi dan pengujiannya dengan zat warna tekstil kationik, *Alchery*. 3: 10-15, (2004).
8. Suhendrayatna, Mekanisme Toksisitas Logam Berat, *Institute for science and technology studies (ISTECS)*, Chapter Japan Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering Faculty of Engineering, Kagoshima

- University 1-21-40 Korimoto, Kagoshima, Japan, 890-0065, (2008).
9. Vijayarahavan, K.J. Jegan, K. Palanivelu, M. Velan, Biosorption of copper, cobalt, and nickel by Marine Green Algae *Ulva reticulata* in packed column, *Chemosphere*. (2005).
 10. E.N. Khasanah, Adsorpsi Logam Berat, *UPT Loka Konservasi Biota Laut-LIPI*, Bitung, 4 : 1 - 7, (2009).
 11. S.M. Khopkar, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta, 2003. (<http://damandiri.or.id/file/nyomansukartaipbbab2.pdf>)
 12. S.M. Khopkar, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Terjemahan A. Sapturahardjo, UI Press, Jakarta, 1990. hal. 274-287.
 13. T. Chasteen, Atomic Absorption Spectroscopy. Departement of Chemistry, Sam Houston State University Huntsville. Texas. 2005.
 14. J. Febrianto, A. N. Kosasih, dkk, Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies, *Journal of Hazardous Materials*. 162 : 616 – 645, (2009).
 15. B. Ramadhan, M. Handajani, Biosorpsi logam berat Cr (VI) dengan menggunakan biomassa *Saccharomyces cerevisiae*, ITB, Bandung, 2007.
 16. P. X. Sheng, Y. P. Ting, dkk, Sorption of lead, copper, cadmium, zinc and nickel by Marine Algae biomass: Characterization of biosorptive capacity and investigation of mechanism, *Journal of Colloid and Interface Science*, (2004).
 17. N. P. Diantariani, I. W. Sudiarta, dkk, Proses biosorpsi dan desorpsi ion Cr (VI) pada biosorben rumput laut *Euclima spinosum*, *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Udayana*. 2 : 45 - 52, (2008).
 18. N. Khotimah, F. Hastami, dkk, Adsorpsi logam kromium (VI) oleh biomassa *Chara Fragilis* menggunakan Spektroskopi Serapan Atom, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.