

Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*)

Julhim S. Tangio

Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Gorontalo
Korespondensi: Jalan Jenderal Sudirman 6 Kota Gorontalo, 96128.

Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari biomassa enceng gondok dalam mengadsorpsi logam Timbal (Pb). Dalam penelitian ini dikaji tentang adsorpsi Pb^{2+} pada biomassa daun enceng gondok. Mengingat pH larutan sangat berpengaruh pada adsorpsi ion logam oleh biomassa, maka dalam penelitian ini dikaji pula penentuan pH optimum terhadap adsorpsi Pb^{2+} . Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara menginteraksikan 25 mL ion logam Pb^{2+} 60 mg/L dengan 0,1 g biomassa daun enceng gondok (*Eichhorniacrassipes*) selama 60 menit pada variasi pH 3; 4; 5; 6,7; dan 8. Sebagai kontrol dibuat larutan kontrol untuk mengetahui kelarutan Pb^{2+} pada berbagai pH. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh pH terhadap adsorpsi logam Timbal (Pb) yang diikat oleh biomassa enceng gondok.

Kata Kunci : Adsorpsi, Timbal (Pb), Enceng gondok

Abstract: This research established to determine capacity of water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*) biomass in adsorbing lead metal (Pb). This research investigated the adsorption of Pb^{2+} on hyacinth leaves biomass. Because of Ph solution on metal adsorption by biomass was very influence; this research also investigated Ph optimum determining in adsorption of Pb^{2+} . Ph optimum determining was established in interacting 25mL of metal ion Pb^{2+} 60 mg/L with 0,1 g of hyacinth leaves (*Eichhorniacrassipes*) biomass in 60 minute of time with 3; 4; 5; 6,7; 8 of various Ph. Researcher also made solution control to determine the result of Pb^{2+} solution on some various Ph. Significant of this research was established to determine how the effect of Ph in lead of metal adsorption (Pb) which is bounded by water hyacinth biomass.

Key words: adsorption, lead (Pb), water hyacinth.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dunia yang sangat cepat dan perkembangan industri yang makin pesat menyebabkan makin banyak bahan buangan yang bersifat racun yang di buang ke lingkungan. Bahan-bahan buangan ini yang nantinya menjadi limbah dan mencemari lingkungan dalam jumlah yang sulit di kontrol secara tepat. Di Indonesia, sumber pencemar dapat berasal dari limbah rumah tangga, perusahaan-perusahaan, pertambangan, industri

dan lain-lain. Zat-zat pencemar lebih didominasi oleh bahan buangan logam berat salah satunya adalah Timbal (Pb).

Keberadaan Timbal di lingkungan umumnya berasal dari polusi kendaraan bermotor, tambang timah, pabrik plastik, pabrik cat, percetakan, peleburan timah. Logam Pb diperairan merupakan suatu masalah yang perlu mendapat perhatian khusus, karena logam berat ini dapat berpengaruh buruk terhadap seluruh organisme

yang ada di perairan dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan. (Nybakken, 1985) dalam (Sahara.E. 2009).

Fardiaz (dalam Sudarwin 2008) mengemukakan bahwa Timbal mempunyai berat atom 207,21; berat jenis 11,34; bersifat lunak serta berwarna biru atau silver abu - abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4°C dan titik didih 1.620°C. Timbal termasuk logam berat "*trace metals*" karena mempunyai berat jenis lebih dari lima kali berat jenis air.

Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu - batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dan *Tetra Methyl Lead* (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam dalam limbah cair diantaranya adalah pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan juga ekonomis. Proses adsorpsi yang paling berperan adalah adsorben.

Dewasa ini telah dikembangkan metode adsorpsi dengan menggunakan biomassa tumbuhan yang dikenal dengan fitofiltrasi. Dasar pemikiran dari fitofiltrasi adalah dengan menggunakan biomassa tumbuhan yang telah mati sebagai pengikat ion logam (Gamez., *et al.*, 1999) dalam (Al Ayubi, 2007). Enceng gondok merupakan salah satu tumbuhan yang dapat mengikat ion

logam. Penggunaan biomassa enceng gondok, selain murah merupakan metode yang efektif dalam mengikat ion logam berat, baik anionik maupun kationik, bahkan pada konsentrasi ion logam yang sangat rendah. Selain itu biomassa merupakan bahan yang bersifat biodegradabel sehingga ramah lingkungan.

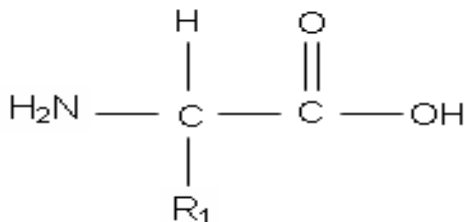
Enceng gondok dikenal sebagai tumbuhan gulma air yang pertumbuhannya sangat cepat. Tidak heran kalau saat ini enceng gondok sangat melimpah di Danau Limboto Kabupaten Gorontalo. Hampir seluruh permukaan danau sudah tertutup oleh enceng gondok. Penanganan terhadap enceng gondok ini belum ada dari pemerintah, walaupun sebenarnya sudah dialokasikan dana untuk penanggulangannya.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, perlu kiranya untuk menggunakan enceng gondok sebagai adsorpsi logam timbal (Pb). Hal ini penting dilakukan untuk memanfaatkan enceng gondok dan dapat menghilangkan pencemaran logam berat yang sangat membahayakan makhluk hidup.

Komposisi kimia enceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Enceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5% dan mengandung selulosa yang lebih besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain. Muramoto dan Oki (dalam Anonim, 2010) menjelaskan, bahwa enceng gondok dapat digunakan untuk menghilangkan polutan, karena fungsinya sebagai sistem filtrasi biologis, menghilangkan nutrien mineral, untuk menghilangkan logam berat seperti cuprum, aurum, cobalt, strontium, timbal, timah, kadmium dan nikel.

Secara umum biomassa dapat diperoleh dari tumbuhan secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Secara tidak langsung mengacu pada produk yang diperoleh melalui peternakan dan industri makanan.

Biomassa dapat digunakan sebagai makanan, pakan ternak, serat, bahan baku, produk kehutanan, pupuk dan bahan kimia. Biomassa merupakan bahan yang berasal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui, dan dari makhluk hidup baik hewan ataupun tumbuhan. Selama biomassa digunakan sebagai bahan mentah, karbonnya dapat dipertahankan di dalam bahan dan tidak memberikan efek kepada emisis gas rumah kaca yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Biomassa terdiri atas senyawa makromolekul alami yaitu selulosa, lignin dan protein.



Gambar 1. Struktur Asam Amino

Daun enceng gondok memiliki asam amino sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi, hal ini didukung dengan hasil analisa kimia dari Enceng gondok dalam keadaan segar diperoleh bahwa kadar N total 0,28 %, bahan organik 36,59 %, C organik 21,23 %, P total 0,0011 % dan K total 0,016 % Hernowo, (dalam Al-Ayubi, 2007).

Enceng gondok selama ini lebih dikenal sebagai tanaman gulma. Padahal, enceng gondok sebenarnya punya kemampuan menyerap logam berat. Kemampuan ini telah diteliti di laboratorium Biokimia, Institut Pertanian Bogor, dengan hasil yang sangat luar biasa. Penelitian daya serap enceng gondok dilakukan terhadap besi (Fe) tahun 1999 dan timbal (Pb) pada tahun 2000 (Hasim, 2007).

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritmaaktivitas hidrogen (H^+) yang terlarut. Pengukuran nilai pH yang sangat rendah, misalnya pada air tambang yang sangat asam, memerlukan prosedur khusus.

Kalibrasi elektrode pada kasus ini dapat digunakan menggunakan larutan standar asam sulfat pekat yang nilai pH-nya dihitung menggunakan parameter Pitzer untuk menghitung koefisien aktivitas.

Logam yang terkandung dalam air jika pH makin asam maka kelarutannya makin besar, sebaliknya jika larutannya makin basa maka kelarutannya makin kecil yang ditandai adanya endapan. Larutan makin asam pengionannya makin tinggi, sebaliknya makin bersifat basa maka akan mengendap. Hal ini jelas bahwa adsorpsi lebih baik pada tingkat keasaman tinggi karena pada pH ini terjadi pengionan lebih besar dan adsorpsi dapat terjadi jika logam membentuk ion dan akan diikat oleh gugus aktif pada biomassa enceng gondok. Namun tidak demikian, karena proses adsorpsi yang lebih baik terjadi pada kisaran pH netral

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah metode penelitian eksperimental laboratorium dilakukan di selama 6 bulan, mulai April sampai dengan Oktober 2012. Desain penelitian adalah menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan variasi pH. Bahan yang digunakan sebagai biomassa adalah daun enceng gondok yang diperoleh dari Danau Limboto Kabupaten Gorontalo. Seangkan bahan kimia yang digunakan adalah aquades, quademineral, timbal nitrat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan HNO_3 0,1 M.

Data konsentrasi timbal teradsorpsi diperoleh melalui pengurangan konsentrasi awal dengan konsentrasi sisa dimana konsentrasi sisa dari tiap-tiap perlakuan didapatkan dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (AAS). Data absorbansi yang didapatkan ditentukan nilai konsentrasinya dengan membuat kurvastandar antara absorbansi versus konsentrasi yang telah diketahui yang didapatkan dari persamaan garis $y = ax$.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Hasil analisis adsorpsi larutan Pb dengan konsentrasi larutan awal 169,79 ppb dan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 disajikan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Analisis variasi pH dan sampel

Konsentrasi awal Pb(II) (Larutan Kontrol)	pH	Konsentrasi Akhir (ppb)	Teradsorpsi (ppb)
169,79 ppb	3	60,58	109,21
	4	44,58	125,21
	5	34,92	134,87
	6	75,37	94,42
	7	79,23	90,56
	8	106,53	63,26

Data menunjukkan adsorpsi Pb^{2+} oleh biomassa pada pH 3 sebanyak 109,21 ppb, pH 4 sebanyak 125,21 ppb, pH 5 sebanyak 134,87 ppb, pH 6 sebanyak 94,42 ppb, pH 7 sebanyak 90,56 ppb dan pada pH 8 sebanyak 63, 26 ppb dengan larutan kontrol Pb^{2+} sebesar 169,79 ppb.

Pembahasan

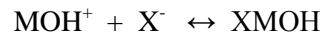
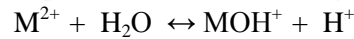
1. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Timbal(II)

Data tabel diatas menunjukkan bahwa makin tinggi pH (derajat keasaman makin kecil) dan daya adsorpsi makin besar meskipun peningkatannya tidak signifikan. Adsorpsi pada pH 3 109,21 ppb kemudian meningkat pada pH 4 menjadi 125,21 ppb dan pada pH 5 teradsorpsi sebesar 134,87 ppb. Jika dilihat dari data ini terjadi peningkatan adsorpsi pada pH 3,4 dan 5

sedangkan pH 6, 7 dan 8 adsorpsinya menurun. Hal ini menunjukkan bahwa pH berpengaruh terhadap adsorpsi logam timbaloleh biomassa enceng gondok.

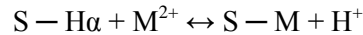
Menurut Basta dan Tabatabai (1992) dalam Saadi (2008) untuk dapat menggambarkan proses adsorpsi yang berkaitan dengan pH dapat dilakukan dengan dua model yaitu adsorpsi melalui hidrolisis logam dan adsorpsi melalui pertukaran ion.

Adsorpsi melalui hidrolisis logam



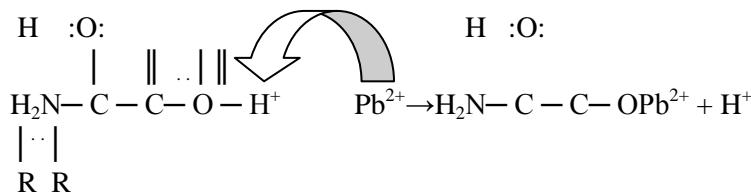
Dimana M^{2+} adalah ion logam dan X^- mewakili permukaan adsorben. Pada reaksi pertama ion-ion logam mengalami hidrolisis dan menghasilkan proton, kemudian pada reaksi kedua proton MOH^+ diikat oleh adsorben X^- . Adsorpsi yang disukai pada pH tinggi melalui pembentukan ion-ion logam atau MOH^+ .

Adsorpsi melalui pertukaran ion



Dimana S-H mewakili situs adsorpsi permukaan adsorben, M^{2+} merupakan konsentrasi kesetimbangan ion logam S-M adalah logam teradsorpsi pada biomassa, sedangkan alfa adalah koefisien protonik. Pada proses ini terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam terhadap situs pertukaran kation. Pada pH tinggi (konsentrasi ion H^+ semakin kecil) kompetisi antara ion H^+ dan logam makin berkurang sehingga jumlah logam teradsorpsi makin besar dibanding dengan pH rendah.

Mekanisme pertukaran kation dapat dijelaskan pula pada gambar berikut:



Gambar 2. Mekanisme Dugaan Pertukaran ion pada biomassa dan ion logam Pb(II)

Mekanisme pertukaran ion ini terjadi pada saat gugus-gugus karboksilat (COOH) pada asam-amino mengalami deprotonasi akibat

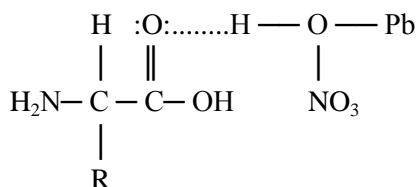
hadirnya ion hidroksida (OH⁻), sehingga gugus karboksilat berubah menjadi bermuatan negatif (COO⁻) yang sangat reaktif untuk berikatan dengan Pb²⁺.

Dari kedua model di atas menunjukkan bahwa adsorpsi logam pada adsorben dipengaruhi oleh pH, dengan demikian pH merupakan variabel penting atau faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi logam oleh biomassa.

Berdasarkan mekanisme di atas, pengaruh pH terhadap adsorpsi Pb(II) dapat dijelaskan dengan metode hidrolisis berikut:



Hal lain yang dapat berpengaruh pada adsorpsi Pb²⁺ adalah karena adanya pembentukan ikatan hidrogen. Pembentukan ikatan hidrogen diterangkan pula pada mekanisme reaksi berikut:



Gambar 3. Dugaan Mekanisme Pembentukan Ikatan hidrogen biomassa dengan Pb²⁺

Mekanisme pembentukan ikatan hidrogen memberikan peran yang sangat besar, karena logam Pb²⁺ berada dalam keadaan terkomplekskan dengan OH. Ikatan hidrogen terjadi antara dua atom yang memiliki elektronegatifitas yang tinggi dengan hidrogen yang bersifat protolitik. Oleh sebab itu adsorpsi logam Pb²⁺ pada biomassa dalam medium air, mekanisme pembentukan ikatan hidrogen diperkirakan memberi kontribusi terbesar.

Interaksi yang mungkin terjadi pada proses adsorpsi timbal(II) oleh biomassa daun enceng gondok adalah ikatan hidrogen, hal ini disebabkan spesiasi Pb²⁺ dari Pb(NO₃)₂ pada pelarut air berbentuk Pb(OH)(NO₃)₂ (Cotton, 1989), sehingga pengikatan merkuri(II) oleh biomassa bukan hanya terjadi pada atom logamnya saja akan tetapi juga

dimungkinkan berikatan dengan atom H pada gugus –OH dengan ikatan hidrogen.

Pada pH 3, 4 dan 5 adsorpsi biomassa terhadap logam makin besar, hal ini disebabkan pada kondisi tersebut ion H⁺ semakin berkurang dan kesetimbangan bergeser ke arah kanan sesuai dengan asas Le Chatelier yaitu apabila suatu sistem kesetimbangan salah satu dikurangi maka kesetimbangan bergeser ke arah yang dikurangi tersebut. Dengan adanya pergeseran kesetimbangan PbOH⁺ bertambah menyebabkan daya serap enceng gondok terhadap ion logam (Pb) semakin besar.

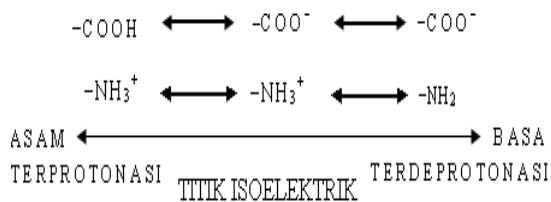
Pada pH 6, 7 dan 8 daya serap biomassa enceng gondok menurun, hal ini disebabkan kemungkinan karena konsentrasi PbOH⁺ telah maksimal pada pH 5 ~ 6 sehingga daya serap biomassa berkurang. Keadaan ini kemungkinan terjadi juga karena pH makin tinggi maka akan bersifat basa sehingga kelarutan Pb makin kecil dan mulai terjadi pengendapan. Hal ini memungkinkan Pb yang terserap makin sedikit.

2. Penentuan pH Optimum adsorpsi logam Timbal(II) oleh biomassa enceng gondok

Dugaan dalam penelitian ini adalah bahwa situs-situs aktif yang terdapat pada biomassa daun enceng gondok merupakan protein yang mempunyai satuan-satuan asam amino sebagai penyusunnya. Interaksi antara Pb²⁺ dan adsorben biomassa daun enceng gondok terjadi karena adanya gaya elektrostatis antara muatan negatif adsorben yang bertindak sebagai situs aktif dengan muatan positif dari ion logam.

Ion logam terutama logam transisi dapat membentuk ikatan dengan senyawa asam amino karena adanya elektron bebas yang terdapat pada atom oksigen pada gugus fungsional senyawa asam amino berupa –COOH setelah terdeprotonasi. Efektifitas interaksi antara ion logam dengan senyawa asam amino sangat tergantung terhadap spesiasi gugus yang dikandungnya dalam larutan. Gugus fungsional –COOH akan terdeprotonasi menjadi –COO⁻ yang

nantinya akan digunakan untuk berikatan dengan logam Pb^{2+} . Gugus fungsional $-COOH$ dan $-NH_2$ yang dimiliki oleh asam amino ini memiliki spesiasi yang berbeda pada pH tertentu. Spesiasi gugus fungsional $-COOH$ dan $-NH_2$ dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Spesiasi Gugus aktif pada asam amino (Lehninger, 1982)

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa akibat hadirnya ion H^+ gugus-gugus yang terdapat dalam biomassa daun enceng gondok akan mengalami protonasi dan memiliki muatan positif yang sangat reaktif terhadap spesiasi dalam bentuk anion dan akibat hadirnya ion OH^- gugus-gugus yang dimiliki oleh biomassa daun enceng gondok mengalami deprotonasi dan memiliki muatan negatif yang sangat reaktif terhadap spesiasi logam dalam bentuk kation. Seperti halnya Pb^{2+} akan teradsorpsi oleh biomassa daun enceng gondok pada saat gugus-gugus aktif pada biomassa daun enceng gondok mengalami deprotonasi.

Spesiasi gugus pada asam amino dipengaruhi oleh titik isoelektrik yang dimiliki oleh asam amino. Dengan mengetahui titik isoelektrik dapat diramalkan muatan dari asam amino akibat protonasi atau deprotonasi pada tiap-tiap perubahan pH larutan. Dengan mengetahui titik isoelektrik asam amino pada daun biomassa enceng gondok dapat membantu memprediksikan situs aktif biomassa yang berfungsi sebagai pengikat Pb^{2+} Lehninger (1982). Memprediksikan kandungan asam amino dilakukan dengan cara mencari senyawa asam amino yang mempunyai titik isoelektrik kurang dari 6 atau sama dengan 6, karena titik isoelektrik dari 20 asam amino lebih banyak berada pada titik tersebut, Lehninger (1982).

Hasil analisis AAS diperoleh bahwa pada pH 3, 4 dan 5 konsentrasi Pb^{2+} yang teradsorpsi meningkat. Hal ini terjadi karena pH makin besargugus-gugus asam amino mengalami deprotonasi dan memiliki muatan negatif yaitu ion OH^- yang sangat reaktif terhadap logam, sehingga logam yang teradsorpsi makin besar. Pada pH 6, 7 dan 8 konsentrasi Pb^{2+} yang teradsorpsi menurun. Hal ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi pada keadaan ini terjadi kesetimbangan situs aktif biomassa dengan ion logam dan pada kondisi ini pH mulai mengendap. Hal ini dimungkinkan pH optimum berada pada kisaran 5~ 6.

Penutup

1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi pH dapat berpengaruh terhadap adsorpsi logam timbal (Pb) oleh biomassa daun enceng gondok. Pb^{2+} yang teradsorpsi masing-masing adalah pada pH 3 diperoleh 109,21 ppb, pH 4 diperoleh 125,21 ppb, pada pH 5 teradsorpsi sebesar 134,87 ppb, pH 6 teradsorpsi 94,42 ppb, pH 7 sebesar 90,56 ppb dan pH 8 sebesar 63, 26 ppb.
2. pH 5 merupakan pH optimum adsorpsi timbal (Pb) oleh biomassa enceng gondok.

2. Implikasi dan Saran

Adapun saran-saran dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan menjadi rujukan bagi peneliti selanjutnya untuk mengkaji lebih mendalam masalah ini.
2. Dalam penelitian ini perlu penelitian lanjutan terutama variasi konsentrasi pada pH optimum, proses terjadinya ikatan, pemerangkapan, ikatan kompleks yang terjadi pada proses adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004, *Kimia Lingkungan*, Edisi I
Yogyakarta: ANDI; Jakarta : Universitas
Negeri Jakarta.
- Anonim, 2010, *pemanfaatan enceng gondok*. From:
<http://menyelamatkan.danau.limboto.wordpress.com/teknologi-pengendalian-pencemaran-air/pemanfaatan-eceng-gondok/>. Diakses 1 Maret 2012
- Al-Ayubi, M.Ch. 2007, *Skripsi: Studi Keseimbangan Adsorpsi Merkuri (II) pada biomassa daun enceng gondok (Eichhornia crassipes)*. UIN Malang.
- Falah, Sirojul U. 2003, "*Eceng Gondok, Gulma Sahabat Manusia?*". *Harian Pikiran Rakyat*. 28 September 2003.
<http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/0903/28/1001.htm>. di akses 27 Februari 2012.
- Hasim., 2007, *enceng gondok pembersih logam berat*, www.kompas.com/kompas-tak/0307/02/inspirasi/404854.htm - 40k -, diakses pada tanggal 27 Februari 2012.
- Lehninger. 1982. *Dasar-dasar Biokimia*.
- Mahdian dan Saadi, Parham. 2008, *Jurnal. Pengaruh Konsentrasi dan pH Larutan Terhadap Adsorpsi Timbal(II) dan Kadmium(II) Pada Adsorben Biomassa Apu-apu Dengan Metode Statis*. *Kalimantan Scientiae*. No. 71 Th. XXVI Vol April 2008.
- Rahman, A. 2006, *Kandungan Logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea Di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*. *Bioscientiae* Vol. 3, No. 2. Juli 2006
- Sahara, E. 2009, *Jurnal : Distribusi Pb dan Cu pada berbagai ukuran partikel dan sedimen pelabuhan Benoa*.
- Sudarwin, 2008. *Analisis Spasial Pencemaran logam berat (Pb dan Cd) pada sedimen aliran sungai dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Jatibarang Semarang*.
- Underwood A. L. & Day, R.A., 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, alih bahasa sopyan, Erlangga, Jakarta