

# 2010-JURNAL LINGUNGAN TROPIS 4(1).pdf

*by*

---

**Submission date:** 05-Jun-2018 08:33AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 972425932

**File name:** 2010-JURNAL LINGUNGAN TROPIS 4(1).pdf (315.58K)

**Word count:** 4971

**Character count:** 29260

**PENJERAPAN DAN FENOMENA TRANSPORT  $Cd^{2+}$   
PADA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)**

**THE ADSORPTION AND TRANSPORT PHENOMENA OF  $Cd^{2+}$   
ON *Eichhornia Crassipes* (MART) Solms**

22 Nur Kusuma Dewi

Program Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro

Jalan Imam Bardjo no.5 Semarang 50241

Email: noorkusumadewi@yahoo.co.id

27

dikirim 12 Desember 2009, diterima setelah perbaikan 23 Agustus 2010

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akumulasi  $Cd^{2+}$  di akar, batang dan daun pada eceng gondok sehingga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan penjerapan dan fenomena transportnya. Metode penelitian menggunakan uji hayati statis, memakai senyawa  $CdSO_4$  dan perlakuan eceng gondok selama 16 hari pada 36 akuarium. Berdasarkan hasil AAS, akar mengakumulasi kadmium paling banyak (70%), batang (16%) dan daun (14%). Fenomena ini diduga berhubungan erat dengan kemampuan akar yang mampu melokalisasi ion toksik dan terkait dengan jarak polutan. Akar paling dekat dengan polutan dan langsung kontak dengan polutan, sedangkan batang dan daun relatif lebih jauh.  $Cd^{2+}$  menyebar ke seluruh bagian tanaman (akar, batang, daun). Fenomena ini menunjukkan transport  $Cd^{2+}$  mengikuti jalannya transport unsur hara yakni melewati xilem dari akar menuju ke daun. Adapun fenomena jerapan pada eceng gondok mengikuti model Freundlich,  $x/m = 0,00028018 C^{0,2791}$ . Model ini dapat diterapkan dilapangan dalam upaya menjerap logam berat kadmium (Cd) sebagai solusi pembersihan limbah (fitoremediasi). Eceng gondok yang sudah digunakan sebagai biofilter/fitoremediasi jangan digunakan sebagai pakan ternak karena akar, batang dan daun mengakumulasi senyawa toksik  $Cd^{2+}$ . Bila digunakan sebagai pakan ternak akan mengakibatkan keracunan pada ternak tersebut, karena Cd bersifat toksik dan bioakumulatif. Kadmium juga bersifat biomagnifikasi melalui rantai makanan, serta bersifat karsinogenik sehingga potensial menimbulkan kanker.

**Kata kunci:** fenomena transport  $Cd^{2+}$ , penjerapan, akumulasi, eceng gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart) Solms).

**Abstract:** This research aimed to understand the accumulation of  $Cd^{2+}$  in roots, stems and leaves of *Eichhornia crassipes*(Mart) Solms so it can be used to determine their adsorption and transport phenomena. The research method is static bioassay test using  $CdSO_4$  and treatment of water hyacinth for sixteen days in 36 aquariums. Based on the result of AAS, showed that roots most accumulate cadmium (70%), trunk (16%) and leaf (14%). These phenomena are possibly related to the roots's ability to locate toxic ions and related to the distance of pollutant. Roots are the closest to pollutant and have directly contact to pollutant, meanwhile stems and leaves are relatively far.  $Cd^{2+}$  spreads through all part of the plants (roots, stems, and leaves). These phenomena indicates that  $Cd^{2+}$ 's transport follow the transport of nutrient through xilem from roots towards leaves. The adsorption phenomena of water hyacinth follow the Freundlich model,  $x/m = 0,00028018 C^{0,2791}$ . This model can be applied in an effort to absorb the heavy metal cadmium as the waste cleaning solution (phytoremediation). Water hyacinth which has been used as a biofilter / phytoremediation shouldn't be used as cattle feed because the roots, stems and leaves accumulate toxic compounds  $Cd^{2+}$ . If used as animal feed, it would cause poisoning on it, because  $Cd^{2+}$  is a bioaccumulatif compound. Cd also a biomagnification through the food chain, highly toxic and carcinogenic that potential cause of cancer

**Keywords:** transport phenomena of  $Cd^{2+}$ , adsorption, accumulation, water hyacinth (*Eichhornia Crassipes* (Mart) Solms).

## PENDAHULUAN

Pencemaran di perairan antara lain disebabkan oleh logam berat dari unsur kadmium (Cd). Polutan ini berasal dari beberapa sumber antara lain sumber alami, pertambangan dan industri. Diberbagai industri Cd dipakai sebagai komponen pelapis/pencampur logam, patri aluminium, pembuatan klise, amalgama dalam kedokteran gigi, pemrosesan foto berwarna, pewarna porselin, industri gelas, industri keramik, sebagai foto konduktor, sebagai foto elektrik, sebagai bahan pencampur pigmen, sebagai campuran pupuk fosfat, sabun, tekstil, kertas, karet, tinta cetak, kembang api, anthelminthes bagi babi dan ayam, obat syphilis dan TBC (Berman 1980, Soemirat 2005). Dengan meningkatnya industrialisasi, terjadilah kenaikan konsentrasi substansi logam berat Cd di badan perairan, sehingga memungkinkan dapat tercapainya tingkat konsentrasi toksis bagi kehidupan akuatik; dan berpotensi sebagai polutan berbahaya.

Kadmium membahayakan kesehatan melalui rantai makanan. Hewan dengan mudah menyerap kadmium dari makanan; dan terakumulasi dalam jaringan seperti ginjal, hati dan alat-alat produksi (Duffus 1980, Withgott 2007). Menurut Mailman (1980) dan Wisnu (2001), logam berat Cd diadsorpsi dalam bentuk ion-ion garam Cd terlarut. Di dalam lingkungan akuatik, suatu kontaminan masuk ke dalam jaringan organisme *autotrof* dengan cara adsorpsi.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka penanggulangan limbah Cd di lingkungan perairan harus diusahakan agar lingkungan tersebut terjaga kualitasnya, sehingga dapat mendukung semua kehidupan organisme didalamnya. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*, (Mart.) Solms) merupakan tumbuhan air yang dapat digunakan untuk pembersihan limbah pada umumnya dan limbah Cd pada khususnya. Sebagaimana dikatakan oleh Soemarwoto (1993), bahwa di Indonesia sudah diketahui suatu cara penjernihan air yang sederhana dan murah yaitu dengan menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*, (Mart.) Solms). Demikian pula menurut laporan dari luar negeri eceng gondok dapat digunakan untuk memperbaiki mutu kimia air (Miller 2007)

Penelitian tentang kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam berat telah banyak dilakukan, antara lain oleh Hasim (2000) terhadap logam Pb dengan hasil pada hari ketujuh kadar logam Pb menurun sebesar 96,4 % pada perlakuan dengan satu rumpun eceng gondok dan menurun sebesar 99,7 % pada perlakuan dengan tiga rumpun eceng gondok. Penelitian yang sama dilakukannya pula terhadap logam Fe di laboratorium Biokimia IPB, dengan hasil pada hari ketujuh eceng gondok dapat menurunkan logam Fe sebesar 74,47 % pada perlakuan dengan tiga rumpun eceng gondok. Serangkaian penelitian tentang kemampuan eceng gondok dalam menyerap logam berat menunjukkan bahwa eceng gondok dapat menyerap logam berat Cd, Hg, dan Pb (Withgott, 2007 dan Miller, 2007)

Berdasarkan hal hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi kadmium yang terakumulasi oleh eceng gondok baik yang ada di akar, batang dan daun sehingga dapat diketahui fenomena transport dan model jerapannya.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap menggunakan 36 buah akuarium, 18 buah akuarium dengan perlakuan eceng gondok dan 18 buah akuarium tanpa menggunakan eceng gondok. Masing-masing akuarium diberi 5 rumpun eceng gondok dengan berat basah 950 gram, volume akuarium 30 liter, volume air uji 10 liter. Pengujian dilakukan secara statis, dengan menggunakan 6 variasi konsentrasi perlakuan (0 ppm, 135 ppm, 180 ppm, 320 ppm, 560 ppm dan 750 ppm  $\text{CdSO}_4$ ). Berdasarkan hasil AAS konsentrasi

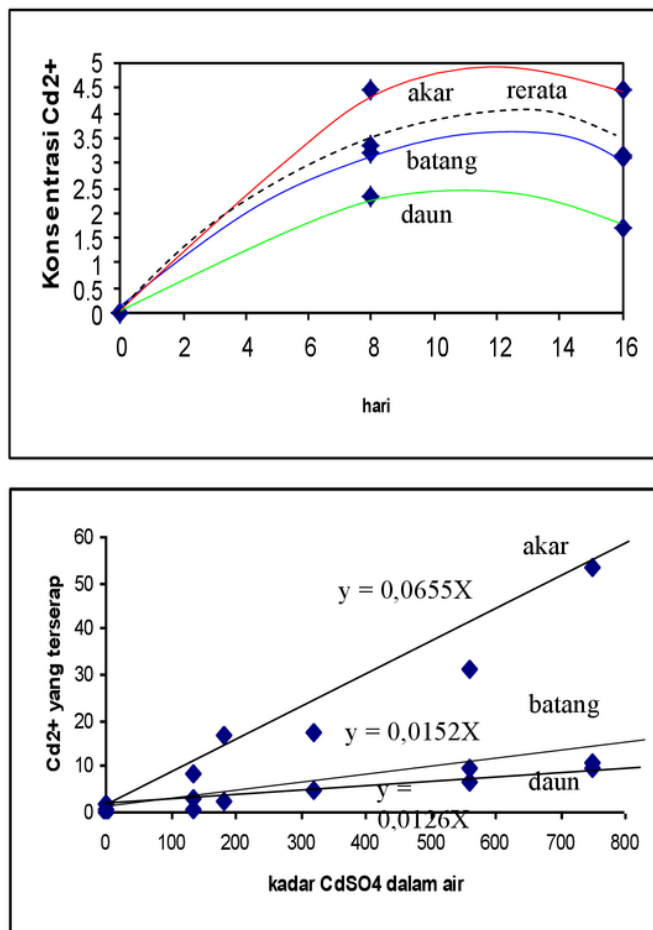
0 ppm sampai dengan 750 ppm tersebut masing-masing mengandung  $Cd^{2+}$  sebesar 14,65 mg; 46,55 mg; 99,27 mg; 234,39 mg dan 281,45 mg.

Pengujian Kadmium dalam Eceng Gondok dan Air Uji dilakukan selama enam belas hari. Pada hari ke-16 dilakukan pengukuran  $Cd^{2+}$  tersisa dalam air uji pada masing masing perlakuan. Selain itu pengukuran dilakukan pada kontrol (konsentrasi 0 ppm). Pada hari ke nol, kedelapan, dan keenam belas juga dilakukan pengukuran kadar residu  $Cd^{2+}$  terakumulasi pada eceng gondok, baik di akar, di batang maupun di daun pada masing masing konsentrasi perlakuan untuk dilihat fenomena transportnya. Pengukuran juga dilakukan pada kontrol.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Fenomena Transport $Cd^{2+}$ pada Eceng Gondok

Akumulasi  $Cd^{2+}$  dan laju penjerapannya pada akar, batang, dan daun eceng gondok selama 16 hari disajikan dalam gambar berikut.



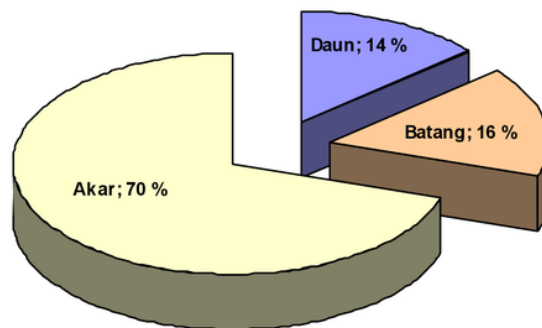
Gambar 1. Laju penjerapan  $Cd^{2+}$  pada akar, batang dan daun Eceng Gondok selama 16 hari.

Berdasarkan laju penyerapan  $Cd^{2+}$  oleh akar, batang, dan daun eceng gondok sebagaimana gambar tersebut di atas diperoleh persamaan:  $y = 0,0655 X$  dengan  $R^2 = 0,947$ ;  $y = 0,0152X$  dengan  $R^2 = 0,9719$  dan  $y = 0,0126X$  dengan  $R^2 = 0,9318$ , maka prosentase kandungan  $Cd^{2+}$  dapat dijelaskan sebagai berikut:

Total  $Cd^{2+}$  terserap  $0,0655 + 0,0152 + 0,0126 = 0,0933$ , sehingga prosentase akumulasi  $Cd^{2+}$  pada akar, batang dan daun dapat diketahui sebagaimana pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1.** Prosentase Akumulasi  $Cd^{2+}$  pada Akar, Batang dan Daun Eceng Gondok.

Bagian	% $Cd^{2+}$
Daun	$0,0126 / 0,0933 \times 100\% = 14\%$
Batang	$0,0152 / 0,0933 \times 100\% = 16\%$
Akar	$0,0655 / 0,0933 \times 100\% = 70\%$



**Gambar 2.** Prosentase Akumulasi  $Cd^{2+}$  Pada Akar, Batang dan Daun Eceng Gondok.

Berat kering daun, batang dan akar masing-masing 7,71 gr, 8,31 gr dan 12,03 gr. Dengan demikian prosentase akumulasi  $Cd^{2+}$  dalam 1 gram berat kering eceng gondok adalah:

Akumulasi  $Cd^{2+}$  di daun = 14%: 7,71 gram = 1,81 %/gram  
 Akumulasi  $Cd^{2+}$  di batang = 16%: 8,31 gram = 1,93 %/gram  
 Akumulasi  $Cd^{2+}$  di Akar = 70%: 12,03 gram = 5,82 %/gram

**Tabel 2.** Jumlah akumulasi Cd pada Akar, Batang dan Daun Eceng Gondok selama 16 Hari.

Bagian	% $Cd^{2+}$
Daun	1,81 % / gram
Batang	1,93 % / gram
Akar	5,82 % / gram

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi  $Cd^{2+}$  di akar paling banyak (70%), batang (16%) dan daun paling sedikit (14%). Hal ini diduga karena akar merupakan bagian tanaman yang langsung kontak/ bersinggungan dengan polutan ( $Cd^{2+}$ ) sehingga ditinjau dari segi jarak akar paling dekat dengan kontaminan/polutan; sedangkan batang dan daun relatif

lebih jauh. Sebagaimana dikatakan oleh Fitter dan Hay (1991) bahwa konsentrasi polutan di suatu tempat tergantung pada sejumlah besar faktor-faktor lingkungan termasuk jarak dari sumber polutan, topografi, curah hujan, radiasi matahari, arah dan kecepatan angin. Lebih lanjut dikatakan bahwa akar merupakan bagian tanaman yang dapat melakukan lokalisasi (ekstraseluler) terhadap senyawa toksik karena bagian akar mempunyai toleransi inheren yang tinggi dibandingkan bagian ujung tanaman. Dikatakan pula bahwa ion toksik non esensial terutama Fe dan Cd disimpan di dalam akar.

Berdasarkan hasil penelitian terbukti bahwa ion  $Cd^{2+}$  tersebar merata di seluruh bagian tanaman, baik di akar, batang maupun daun. Fenomena ini menunjukkan bahwa ion  $Cd^{2+}$  mengalami transport dari akar menuju ke batang dan daun, mengikuti transport unsur hara bersama air. Terjadinya traslokasi/ transport dari akar menuju ke daun dimungkinkan oleh adanya proses difusi, osmosis dan adanya daya kapilaritas serta daya isap daun dan tekanan akar. Fitter dan Hay (1991) mengatakan pula bahwa ion toksik yang masuk ke dalam tubuh tanaman akan berikatan dengan enzim-enzim pengikat ion toksik membentuk suatu *kelat*. Kemungkinan akibat pengikatan fraksi *pektik* dari dinding sel, ion toksik akan masuk dalam tanaman. Sekali ion melintasi *plasmolemma* maka ion akan menyebar merata ke bagian atas sehingga sampai ke daun. Penekanan keaktifan ion toksik secara kimiawi dengan jalan membentuk kompleks dengan *malat*, sehingga ion toksik berkurang keaktifannya. Hal ini biasa terjadi pada tumbuhan yang resisten terhadap logam berat.

Woolhouse (1983) mengatakan bahwa tumbuhan dapat menjadi resisten terhadap ion toksik karena:

a. Faktor *genetis*

Resistensi genetis terjadi karena adanya satu *allel* atau lebih menjadi resisten pada tingkat populasi gulma di lapangan, sehingga *gen* toleran pada senyawa toksik akan muncul di alam.

b. Persaingan inter *species*

Tumbuhan liar akan lebih tahan terhadap ion toksik dibandingkan tumbuhan yang telah mengalami seleksi. Hal ini disebabkan adanya proporsi perkecambahan biji pada suatu waktu, laju perkecambahan, keberhasilan dalam adaptasi dengan lingkungan, perbedaan fisiologis dalam laju pertumbuhan.

Fitter dan Hay (1991) dan Miller (2007), mengemukakan bahwa tumbuhan yang tumbuh pada lingkungan dengan konsentrasi ion toksik yang tinggi akan mengadakan respon terhadap ion toksik tersebut dengan jalan:

- Ameliorasi* (penanggulangan), tanaman kemungkinan menjerap ion toksik tersebut, tetapi tumbuhan bertindak demikian rupa untuk meminimumkan pengaruhnya, misalnya dengan pembentukan *kelat* (*chelation*), pengenceran, *lokalisasi*, *eksresi*.
- Toleransi*, tanaman dapat mengembangkan sistem metabolisme yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik yang potensial, dengan jalan pengikatan molekul enzim.
- Eksklusi*, tanaman dapat mengenal ion yang toksik dan mencegah agar tidak terambil hingga tidak mengalami toksisitas/keracunan.
- Penghindaran (*escape fenologis*), apabila stress yang terjadi pada tanaman bersifat musiman, tanaman menyesuaikan siklus hidupnya, sehingga tumbuh dalam musim yang sangat cocok saja.

Keempat respon tersebut yang terkait erat dengan fenomena penjerapan ion toksik adalah ameliorasi (penanggulangan). Ameliorasi dilakukan jika tumbuhan tidak mungkin menyingkirkan ion toksik. Apabila konsentrasi internal harus dihadapi ion-ion akan dipindahkan dari tempat sirkulasi dengan beberapa jalan, atau menjadi toleran dalam sitoplasma. Menurut Fitter dan Hay (1991) dan Withgott (2007) ada empat kemungkinan yang akan dilakukan tanaman, antara lain:

- a. *Lokalisasi* (ekstra seluler atau intra seluler).  
Peristiwa ini pada umumnya terjadi di dalam akar, karena bagian akar mempunyai *toleransi inheren* yang tinggi dibanding bagian ujung tanaman. Logam yang diakumulasi di dalam akar misalnya: Cu, Zn, Mn. Sedangkan ion toksik non esensial terutama Fe, Cd disimpan di dalam akar. Ion toksik yang diserap tanaman, dengan adanya enzim-enzim yang mengikat ion toksik, akan berikatan membentuk *kelat*. Bukti kuat *lokalisasi* ekstra seluler adalah konsentrasi suatu ion jauh lebih tinggi diketemukan di dalam akar, dibandingkan di bagian ujung tanaman. Akibat pengikatan fraksi *pektik* dari dinding sel, ion toksik akan masuk dalam tanaman. Apabila ion-ion ditempatkan di luar sirkulasi umum, ion toksik harus diakumulasi dalam kompartemen tertentu di dalam sel. Begitu ion melintasi *plasmolemma* maka ion akan menyebar merata ke bagian atas, sebagai contoh Pb pada tanaman jagung diakumulasi dalam gelembung *dictyosom*, Zn diakumulasi dalam *vacuola pada tanaman*. Penekanan keaktifan ion toksik secara kimia dengan membentuk kompleks dengan *malat*, sehingga ion toksik berkurang keaktifannya.
- b. *Dilusi* (pengenceran).  
Mekanisme ini berupa penambahan kandungan air sel, cara ini merupakan mekanisme ketahanan yang kurang praktis karena bersifat sementara bagi tanaman.
- c. *Ekskresi*,  
Proses ini ditandai dengan hilangnya suatu organ yang menjadi jenuh dengan toksin, dengan jalan daun menjadi cepat tua, dan rontok.
- d. Inaktivasi secara kimia.  
Pada peristiwa ini, ion ada dalam bentuk kombinasi sehingga toksisitasnya berkurang.

Tumbuh-tumbuhan yang resisten terhadap logam berat mempunyai kadar logam berat pada daun, batang dan akarnya seperti tanaman yang normal lainnya. Selama ion toksik di dalam tumbuhan tidak dapat *didetoksifikasi*, maka tumbuhan mengalami adaptasi lain untuk mengatasinya. Berbagai kejadian menunjukkan bahwa bentuk logam merupakan suatu kompleks yang tidak menyebabkan kerusakan pada dinding sel atau vakuola. Dengan demikian apabila ion toksik ada di dalam tumbuhan, maka tumbuhan akan berusaha membentuk senyawa kompleks dengan ion toksik, sehingga menjadikan ion toksik tersebut tidak toksik lagi atau berkurang keaktifannya (Widowati, 2000).

Titiresmi (2002) mengemukakan bahwa beberapa jenis tanaman yang mampu menyerap logam berat itu, antara lain eceng gondok, *typha*, wlingi (*scirpus*), dan kayu apu (*pistia*). Selanjutnya dijelaskan bahwa penggunaan metode *remediasi* (pemulihan) berbasis pada tanaman dikenal dengan istilah *fitoremediasi*. Metode ini mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan memobilisasi bahan pencemar, baik logam berat maupun senyawa organik. Jenis tanaman yang disenangi di negara berkembang ialah eceng gondok. Memang perhatian terhadap eceng gondok meningkat karena pengaruh keberhasilan penggunaannya di Amerika Serikat, tetapi mengingat situasi iklim di negara Indonesia hal ini dapat dimengerti. Pada iklim tropis dan subtropis, tanaman eceng gondok merupakan gulma yang hampir tidak dapat diatasi, sehingga dilihat dari sisi pembersihan air limbah, tersedia tanaman yang sangat kuat (Neis, 1989).

Priyanto (2002) menjelaskan tingkat pencemaran logam berat di Jakarta yang sudah berlangsung cukup lama *dampak* pada pencemaran tanah. Dari hasil penelitian *kandungan* pencemaran Pb dan Cr (kromium) di tanah masing-masing mencapai 206-449 dan 56-266 mg/kg. Sebaliknya *di* daerah suburban yang jauh dari kegiatan industri, kadar Pb dan Cr di tanah mencapai 1 mg/kg. Konsentrasi logam berat yang tinggi di tanah dan perairan dapat masuk dalam rantai makanan dan berpengaruh buruk pada organisme. Penggunaan *fitoremediasi* disebabkan sejumlah tanaman memiliki sifat menghilangkan logam berat.

19

Logam tersebut diserap oleh akar, translokasi di dalam tubuh tumbuhan, dan lokalisasi logam pada jaringan. di dalam akar tanaman bisa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat *khelat* yang disebut dengan *fitosidorof*. Zat inilah yang akan mengikat Fe, Zn, Cu dan Mn, kemudian di bawa ke dalam sel akar. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel tanaman akan melakukan detoksifikasi misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar. Muramoto dan Oki dalam Neis, (1989) berdasarkan percobaannya di laboratorium, memperhitungkan dalam jangka waktu 16 hari tingkat penjerapan kadmium, timah hitam dan air raksa maksimal sebesar 17,7, 62,7 dan 105  $mg/m^2$ . Ini merupakan percobaan-percobaan dimana batas peracunan dilampaui.

Pada penelitian khusus tentang kemampuan menjerap logam berat, eceng gondok ditempatkan dalam lingkungan yang mengandung konsentrasi logam berat sangat tinggi. Percobaan ini membuktikan bahwa eceng gondok merupakan tanaman yang sangat "keras". Dengan mempertahankan nilai batas yang biasa dipakai untuk bahan-bahan toksis, menurut pengetahuan yang didapatkan sampai sekarang, eceng gondok tidak akan musnah secara tiba-tiba. Akhirnya dalam penilaian secara keseluruhan, terbukti eceng gondok merupakan proses yang paling fleksibel dan efisien untuk membersihkan air limbah (Neis, 1989).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi  $Cd^{2+}$  di akar paling banyak, kemudian diikuti batang dan paling sedikit daun. Data hasil akumulasi dibagi dengan berat kering masing masing bagian tanaman (akar, batang, daun), ternyata jumlah akumulasi per berat kering yang terbanyak terdapat pada akar (5,82 %/gram), batang (1,93 %/gram) dan paling sedikit daun (1,81 %/gram). Hal ini menunjukkan bahwa sel sel batang mempunyai kemampuan adsorpsi lebih tinggi dibandingkan sel daun. Hal ini diduga karena faktor jarak terhadap sumber polutan, akar jaraknya paling dekat, dikuti batang dan daun. Semakin dekat dengan kontaminan akan mengakumulasi paling banyak.

Permukaan batang tidak lebar sebagai-mana luas permukaan daun. Daun yang lebar cenderung akan mentranspirasikan/menguapkan air lebih banyak dibandingkan batang yang luas permukaannya relatif sempit. Semakin banyak air yang diuapkan semakin banyak pula air yang diserap dan semakin banyak pula senyawa toksik yang terakumulasi. Disamping itu jaringan tubuh tumbuhan yang letaknya semakin jauh dari akar akan memiliki potensial air semakin kecil, sehingga potensial air pada jaringan daun akan lebih kecil dari jaringan batang dan lebih kecil dari jaringan akar. Semakin kecil potensial airnya semakin besar daya hisapnya, yang berarti kemampuan sel selnya dalam menjerap air/toksikan semakin besar sehingga besarnya akumulasi  $Cd^{2+}$  di daun mestinya lebih besar dari pada di batang. Namun kenyataannya akumulasi  $Cd^{2+}$  di batang lebih besar (1,93 %/gram) dari pada di daun (1,81 %/gram) Hal ini dikarenakan berat kering batang (8,31 gram) lebih besar dari pada berat kering daun (7,71 gram). Sebagaimana dikatakan oleh Fitter dan Hay (1991) bahwa transpirasi mempunyai pengaruh besar terhadap absorpsi air, pengangkutan air, dan pengaturan suhu lingkungan luar maupun dalam tubuh tumbuhan, sedangkan pengangkutan air dan hara dalam xilem dipengaruhi oleh luas permukaan serta banyaknya pembuluh pada bagian tanaman. Semakin besar massanya diduga semakin banyak pembuluhnya sehingga akumulasinya juga semakin besar.

Transport zat pada tanaman diawali dengan proses penjerapan air dan zat hara, maupun senyawa toksik yang larut dalam air oleh akar, kemudian diangkut ke bagian atas tanaman terutama daun, melalui pembuluh *xilem*. Transport air bersama unsur hara yang terlarut di dalamnya pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua, yakni pengangkutan *ekstravaskuler*, yang berlangsung di luar berkas pembuluh pengangkutan dan pengangkutan *intravaskuler* yang berlangsung di dalam berkas pembuluh pengangkutan. Pengangkutan *ekstravaskuler* dibedakan menjadi dua macam, yaitu *apoplas*, pengangkutan air melalui ruang antar sel dan *simplas* pengangkutan air dari sel ke sel melalui *sitoplasma*. Transportasi *apoplas* tidak memungkinkan air dan unsur hara sampai ke *xilem* karena pada dinding



epidermis terdapat *pita kaspari* yang tidak dapat ditembus air. Transportasi *saplas*, air dan unsur hara yang terlarut bergerak menembus dinding sel sitoplasma, vakuola dari satu sel ke sel lainnya melalui *plasmodesmata*, sehingga dapat mencapai *xilem* dan memungkinkan unsur tersebut sampai ke batang dan daun. Adapun transport/pengangkutan *intravaskuler* berlangsung melalui pembuluh angkut (*xilem* dan *floem*) Transport pada tanaman dapat berlangsung karena terjadinya proses difusi, proses transpirasi serta perbedaan tekanan osmosis dalam sel-sel tanaman. Transport melalui *xilem* dapat terjadi dengan mudah karena jaringan penyusunnya kebanyakan jaringan mati sehingga tidak menghambat translokasi dan distribusinya (Salisbury, 1992).

Fitter dan Hay (1991), mengemukakan bahwa tumbuhan mengadakan respon tertentu apabila ada ion toksik, antara lain dengan jalan *ameliorasi*. Dengan cara *ameliorasi* (penanggulangan), tanaman kemungkinan menjerap ion toksik tersebut, tetapi tumbuhan bertindak sedemikian rupa untuk meminimumkan pengaruhnya, misalnya dengan pembentukan *kelat* (*chelation*), pengenceran *lokalisasi*, *eksresi*. Ameliorasi dilakukan apabila tidak mungkin menyingkirkan ion toksik. Jika konsentrasi internal harus dihadapi ion-ion akan dipindahkan dari tempat sirkulasi dengan beberapa jalan, atau menjadi toleran dalam sitoplasma. Terdapat empat pendekatan dalam hal ini (Fitter dan Hay, 1991) antara lain; *lokalisasi*. *Lokalisasi* (ekstra seluler atau intra seluler), dan biasanya terjadi di dalam akar, karena bagian akar mempunyai *toleransi inheren* yang tinggi dibanding bagian ujung tanaman. Logam yang memperlihatkan akumulasi di dalam akar misalnya: Cu, Zn, Mn. Ion toksik non esensial terutama Fe, Cd disimpan di dalam akar. Ion toksik yang masuk dengan adanya enzim-enzim yang mengikat ion toksik, akan berikatan membentuk *kelat*. Bukti kuat *lokalisasi* ekstra seluler, jika konsentrasi suatu ion jauh lebih tinggi diketemukan di dalam akar, dibandingkan di bagian ujung tanaman, Kemungkinan akibat pengikatan fraksi *pektik* dari imbang sel, ion toksik yang akan masuk dalam tanaman. Jika ion-ion ditempatkan di luar sirkulasi umum ion toksik harus diakumulasi dalam kompartemen tertentu di dalam sel. Sekali ion melintasi *plasmolemma* maka ion akan menyebar merata ke bagian atas, sebagai contoh Pb pada tanaman jagung diakumulasi dalam gelembung *dictyosome*, Zn diakumulasi dalam *vacuola* pada tanaman. Penekanan keaktifan ion toksik secara kimia dengan membentuk kompleks dengan *malat*, sehingga ion toksik berkurang keaktifannya.

Penjerapan (Adsorpsi) adalah proses dimana atom, partikel atau molekul suatu zat terikat pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik menarik dari atom atau molekul pada lapisan bagian luar atau permukaan zat padat (Tan, 1982). Partikel, atom atau molekul yang tertarik disebut adsorbat (fase teradsorpsi), sedangkan zat yang menariknya disebut adsorben. Bila suatu kation ( $Cd^{2+}$ ) dalam larutan mengadakan kontak dengan suatu medium penjerap (eceng gondok), maka timbul peristiwa adsorpsi antara fase larutan dengan fase padat.

Pada umumnya peristiwa ini bisa berlangsung sesaat dimana konsentrasi keseimbangan segera tercapai dan sesudah itu timbul adsorpsi kinetik yang tergantung pada waktu dimana konsentrasi dalam eceng gondok berubah hingga mendekati keadaan setimbang Adsorpsi isothermal lazim dipakai untuk menyatakan hubungan antara konsentrasi zat terlarut dalam adsorben dan konsentrasi zat terlarut dalam larutan dalam keadaan setimbang. Sedangkan adsorpsi isothermal non linier yang paling sering digunakan adalah model Freundlich dan Langmuir (William dalam Rich, L.G, 1992).

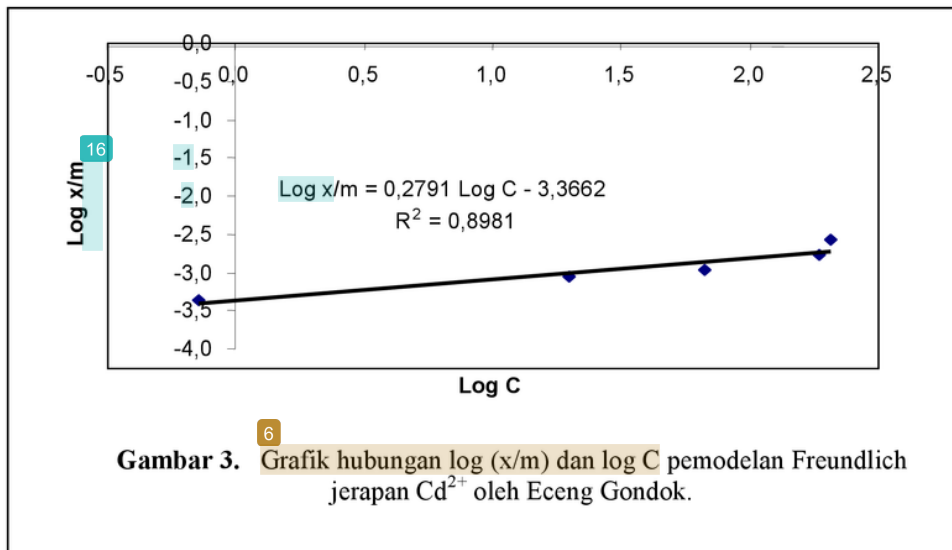
## B. Model Jerapan $Cd^{2+}$ pada Eceng Gondok

Adsorpsi model Freundlich, dirumuskan dalam bentuk persamaan sebagaimana uraian berikut (Tan, 1990; William dalam Rich, L.G., 1992). Isoterm kesetimbangan sorpsi, yaitu reaksi sorpsi yang diasumsikan telah tercapai setelah kontak 16 hari yaitu sorpsi instantaneous. Data dari hasil penelitian menunjukkan bahwa isoterm kesetimbangan sorpsi

tidak linear. Oleh karena itu isoterm kesetimbangan sorpsi dihitung dengan menggunakan formula non-linier dari Freundlich. Adapun data penelitiannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Data  $Cd^{2+}$  dan berat kering Eceng Gondok setelah 16 hari perlakuan.

C (mg)	x (mg)	m(mg)	x/m
0,724	12,108	28050	0,000
19,774	24,953	28050	0,001
66,73	30,720	28050	0,001
184,62	47,946	28050	0,002
205,43	74,195	28050	0,003



**Gambar 3.** Grafik hubungan  $\log (x/m)$  dan  $\log C$  pemodelan Freundlich jerapan  $Cd^{2+}$  oleh Eceng Gondok.

Dari grafik di atas didapatkan model jerapan  $Cd^{2+}$  mengikuti persamaan linier  $\log x/m = 0,2791 \log C - 3,3662$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai-nilai model Freundlich sebagai berikut:

$$k = 0,00028018$$

$$1/n = 0,2791$$

sehingga didapatkan model Freundlich sebagai berikut:

$$x/m = 0,00028018 C^{0,2791}$$

Dimana:

C = konsentrasi Cd di air pada hari ke 16

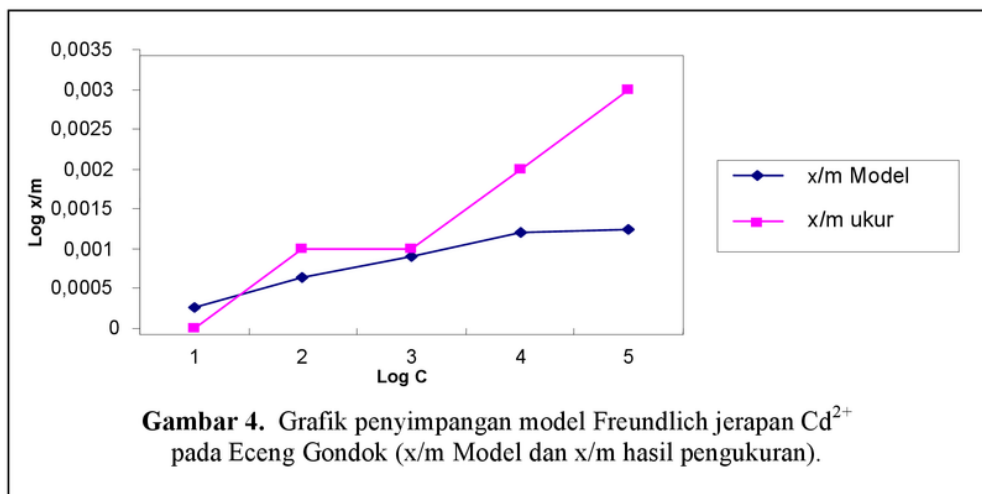
x =  $Cd^{2+}$  yang terjerap pada eceng gondok

m = berat kering eceng gondok

Persamaan tersebut menunjukkan perbandingan antara masa yang terjerap dengan masa penyerap sebanding dengan perkalian koefisien adsorpsi dengan konsentrasi setimbang dari cemaran. Kondisi ini dipertegas dengan adanya nilai korelasi sebesar 0,8981 yang menunjukkan tingkat signifikansi model, sehingga model tersebut bisa diterima sebagai model jerapan  $Cd^{2+}$  oleh eceng gondok.

**Tabel 4.** Koreksi penyimpangan Model Freundlich jerapan  $Cd^{2+}$  pada Eceng Gondok.

C (mg)	k	$C^{0,2791}$	$\frac{x}{m}$ hitung	$\frac{x}{m}$ ukur	$\frac{(x/m \text{ ukur} - x/m \text{ hitung})}{Ukur}$	
0,724	0,00028018	0,913803956	0,00025603	0	-1	0,35%
19,774	0,00028018	2,300064332	0,000644432	0,001	0,551754044	
66,73	0,00028018	3,229743449	0,00090491	0,001	0,10508286	
184,62	0,00028018	4,290603653	0,001202141	0,002	0,663697893	
205,43	0,00028018	4,420429668	0,001238516	0,003	1,42225376	

**Gambar 4.** Grafik penyimpangan model Freundlich jerapan  $Cd^{2+}$  pada Eceng Gondok ( $x/m$  Model dan  $x/m$  hasil pengukuran).

Berdasarkan hasil analisis ternyata fenomena jerapan  $Cd^{2+}$  oleh eceng gondok mengikuti Model Freundlich dengan nilai korelasi sebesar 0,99 dan tingkat penyimpangan model sebesar 0,3%. Model Freundlich menunjukkan adsorpsi senyawa  $CdSO_4$  dalam keadaan isothermal. Pada saat kontaminan kontak dengan adsorben (eceng gondok) maka terjadilah fenomena adsorpsi pada molekul molekul kontaminan ( $CdSO_4$ ). Molekul molekul  $CdSO_4$  mengalami adsorpsi karena adanya adsorben (eceng gondok), dan proses ini akan segera diikuti dengan proses absorpsi oleh eceng gondok, yaitu oleh bulu bulu akar pada eceng gondok. Kontaminan (ion  $Cd^{2+}$ ) mengalami absorpsi/ diserap oleh bulu bulu akar eceng gondok dan masuk ke dalam akar bersama sama air melewati xylem sehingga sampai ke batang dan daun. Namun ada pula ion  $Cd^{2+}$  yang tidak dapat sampai ke daun melainkan hanya sampai di akar; yaitu bagi senyawa toksik yang mengalami transport bersama air dengan melalui sistem transport di luar pembuluh pengangkutan atau dikenal dengan transport ekstravaskuler. Sistem transport yang demikian ini berlangsung melalui ruang antar sel (tidak melalui xilem) sehingga begitu airdan ion Cd akan memasuki batang terhalang oleh suatu lapisan yang tidak bisa ditembus air yaitu pita kaspary. Dengan adanya pita kaspary yang tidak dapat ditembus air ini maka senyawa toksik seperti ion  $Cd^{2+}$  akan dilokalisasi di akar. Fenomena ini ditunjang dengan kemampuan akar itu sendiri yang memiliki kemampuan untuk melokalisasi ion toksik. Disamping itu akar memang merupakan bagian tanaman yang mempunyai toleransi yang tinggi terhadap ion toksik dibandingkan ujung tanaman. Hal ini sejalan dengan pendapat Fitter dan Hay (1991) bahwa lokalisasi ekstra seluler, biasanya terjadi di akar, ion toksik non esensial terutama Fe dan Cd disimpan di akar; sekali ion toksik melintasi plasmolema maka ion akan

menyebar merata ke bagian atas tanaman. Maka sangat wajar bila pada hasil penelitian ini akumulasi ion  $Cd^{2+}$  terbesar persentasenya ada di akar eceng gondok.

Model Freundlich yang diperoleh dapat diaplikasikan di lapangan, misalkan di suatu perairan tercemar logam berat Cd dengan konsentrasi ( $C_0$  ppm) akan diturunkan menjadi ( $C_e$  ppm) sesuai standart baku mutu, maka sejumlah ( $X$  gram) eceng gondok harus ditanam agar perairan tersebut konsentrasi Cd nya di bawah nilai ambang batas sesuai standart baku mutu yang telah ditetapkan.

## KESIMPULAN

Akumulasi  $Cd^{2+}$  di akar, batang dan daun masing masing sebesar 70 %, 16 % dan 14%. Hal ini menunjukkan bahwa akar mengakumulasi  $Cd^{2+}$  paling banyak, kemudian batang dan paling sedikit daun. Fenomena ini diduga erat kaitannya dengan kemampuan akar yang mampu melokalisasi ion toksik, di samping itu diduga terkait dengan jarak polutan. Akar paling dekat dengan polutan dan langsung kontak dengan polutan, sedangkan batang dan daun relatif lebih jauh.  $Cd^{2+}$  menyebar keseluruh bagian tanaman (akar, batang dan daun). Fenomena ini menunjukkan bahwa transport  $Cd^{2+}$  pada eceng gondok mengikuti jalannya transport unsur hara, yakni melewati xilem dari akar menuju ke daun. Model jerapan  $Cd^{2+}$  pada eceng gondok mengikuti model Freundlich, sebagai berikut:  $x/m = 0,00028018 C^{0,2791}$ . Model yang diperoleh dapat diterapkan di lapangan untuk menjerap logam berat kadmium, sebagai upaya pembersihan limbah secara fitoremediasi, sehingga perairan payau dan perairan pada umumnya terbebas dari pencemaran, dengan biaya yang relatif murah. Sedangkan model jerapan pada eceng gondok diharapkan dapat dijadikan model yang dapat diaplikasikan dilapangan dalam menentukan/memperkirakan berapa banyak eceng gondok yang mesti dipakai/ditanam apabila pencemaran oleh limbah Cd akan diturunkan sampai pada nilai batas ambang sesuai baku mutu dengan cara fitoremediasi.

## Saran

Eceng gondok yang sudah digunakan sebagai biofilter/fitoremediasi jangan digunakan sebagai pakan ternak mengingat akar, batang dan daun mengakumulasi senyawa toksik  $Cd^{2+}$ . Bila digunakan sebagai pakan ternak tentu akan mengakibatkan terjadinya keracunan pada ternak tersebut, mengingat sifat Cd yang bioakumulatif. Selain itu Cd juga bersifat biomagnifikasi melalui rantai makanan. Cd juga bersifat toksik dan karsinogenik yang potensial menimbulkan kanker/kelainan pertumbuhan sel-sel jaringan.

## Daftar Pustaka

- 20 Berman, E. *Toxic Metals and Their Analysis*. London: Heyden, (1980): 65-73.
- 17 Yus, J.H. *Environmental Toxicology*. New York: John Wiley and Sons, (1980): 73.
- Fitter, A.H. dan R.K.M. Hay. *Fisiology Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 1991.
- Hasim. "Eceng Gondok Pembersih Polutan Logam Berat." Artikel: <http://www.kompas.com> dalam [www.google.com](http://www.google.com).
- 12 (2003)
- Mailman, R.B. *Heavy metals*. In. *Introduction to Environmental Toxicology*. Ed. F.E. Guthrie and J.J. Perry. New York: Elsevier North Holland, Inc. (1980): 34-42.
- 14 Miller, T.G, Jr. *Living in The Environment: Principle, Connection and Solutions*. Singapore: Thompson Brooks/Cole. 2007.
- Neis, U. *Manfaat Air Limbah*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia. (1989): 194-218.
- Priyanto, B. "Menjerap Logam Berat dengan Tanaman Air." Artikel: [http:// www.mediaindo.co.id](http://www.mediaindo.co.id) dalam [www.google.com](http://www.google.com). (2002)

- 23 sbury, F. and C. Ross. Plant Physiology. California: Belmont, Wadsworth Publishing Company. 1992.
- 1 emarwoto, O. Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Bandung: Jambatan. 1983: 145-148.
- Soemirat, J. Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 2005.
- Tan. Kimia Tanah. Jakarta: Pradnya Paramita, 1982.
- Titiresmi. "Menjerap Logam Berat dengan Tanaman Air." Jakarta, <http://www.google.com> dalam
- 28 [www.mediaindo.co.id](http://www.mediaindo.co.id). (2002).
- Widowati H. "Peranan Tumbuhan Air Sebagai Bioremediator Pencemaran Akibat Kegiatan Industri Batik." Tesis.
- 1 Yogyakarta: Gajah Mada, 2000.
- Withgott Jay and Brennan Scott. Environment : The Science Behind the Stories. San Fransisco; Pearson Benjamin Cummings, 2007.

ORIGINALITY REPORT

---

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

---

PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="http://eprints.undip.ac.id">eprints.undip.ac.id</a> Internet Source	2%
2	<a href="http://www.bimbie.com">www.bimbie.com</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://www.unwahas.ac.id">www.unwahas.ac.id</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://id.scribd.com">id.scribd.com</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://hamidalawih.blogspot.com">hamidalawih.blogspot.com</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://dokumen.tips">dokumen.tips</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://repository.usu.ac.id">repository.usu.ac.id</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://media.sipil.ft.uns.ac.id">media.sipil.ft.uns.ac.id</a> Internet Source	1%
9	<a href="http://eafm-indonesia.net">eafm-indonesia.net</a> Internet Source	1%

---

10	<a href="http://dwioktavia.wordpress.com">dwioktavia.wordpress.com</a> Internet Source	1%
11	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1%
12	Submitted to Barry University Student Paper	<1%
13	<a href="http://journal.unair.ac.id">journal.unair.ac.id</a> Internet Source	<1%
14	<a href="http://repository.unand.ac.id">repository.unand.ac.id</a> Internet Source	<1%
15	<a href="http://rac.uui.ac.id">rac.uui.ac.id</a> Internet Source	<1%
16	T. Viraraghavan. "Adsorption of cadmium and chromium from wastewater by peat", International Journal of Environmental Studies, 9/1993 Publication	<1%
17	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	<1%
18	<a href="http://www.yousaytoo.com">www.yousaytoo.com</a> Internet Source	<1%
19	<a href="http://etheses.uin-malang.ac.id">etheses.uin-malang.ac.id</a> Internet Source	<1%
20	<a href="http://www.betaboeken.nl">www.betaboeken.nl</a>	

Internet Source

<1%

21

[repository.unisba.ac.id:8080](http://repository.unisba.ac.id:8080)

Internet Source

<1%

22

[media.neliti.com](http://media.neliti.com)

Internet Source

<1%

23

[umbujoka.blogspot.co.id](http://umbujoka.blogspot.co.id)

Internet Source

<1%

24

[biology4up.blogspot.com](http://biology4up.blogspot.com)

Internet Source

<1%

25

[airsungaikelasatu2020.wordpress.com](http://airsungaikelasatu2020.wordpress.com)

Internet Source

<1%

26

[eprints.uns.ac.id](http://eprints.uns.ac.id)

Internet Source

<1%

27

[ainamulyana.blogspot.com](http://ainamulyana.blogspot.com)

Internet Source

<1%

28

[www.serambimekkah.ac.id](http://www.serambimekkah.ac.id)

Internet Source

<1%

Exclude quotes  On

Exclude matches  Off

Exclude bibliography  On