
**KEMAMPUAN TANAMAN KIAMBANG (*Salvinia Molesta*) DALAM
MENYISIHKAN BOD DAN FOSFAT PADA LIMBAH DOMESTIK (*GREY WATER*)
DENGAN SISTEM FITOREMEDIASI SECARA KONTINYU**

Afifah Rahmawati^{*}, Badrus Zaman^{}, Purwono^{**})**

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
[email : afifahrhmwt@yahoo.com](mailto:afifahrhmwt@yahoo.com)

Abstrak

Limbah domestik (*grey water*) merupakan limbah yang berasal dari rumah tangga dan merupakan hasil dari aktivitas sehari-hari seperti mandi, mencuci dan lain-lain. Umumnya di Indonesia limbah ini langsung dibuang ke badan air tanpa mengalami proses pengolahan sebelumnya sehingga dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Alasan ekonomi serta mahalnya biaya pengolahan air limbah domestik menjadi alasan utama limbah ini langsung dibuang ke badan air, untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pengolahan yang murah, sederhana dan praktis pemeliharaannya. Penelitian ini merupakan penelitian mengenai penggunaan teknologi fitoremediasi sebagai solusi alternatif untuk pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan tumbuhan kiambang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efisiensi penyisihan konsentrasi BOD dan fosfat menggunakan tumbuhan kiambang serta mengetahui pengaruh luasan tanaman terhadap penyisihan konsentrasi BOD dan fosfat. Penelitian ini dilakukan secara kontinyu dengan variasi luasan penutupan tumbuhan terhadap permukaan reaktor (0%, 25%, 50%, 75% dan 100%) dengan waktu tinggal (0, 3, 6, 9 dan 12 hari). Penelitian ini menghasilkan data penyisihan BOD tertinggi terjadi setelah 3 hari masa penelitian pada reaktor 75% sebesar 2,53 mg/l dengan efisiensi mencapai 86,35%. Penyisihan tertinggi fosfat juga terjadi setelah 3 hari masa penelitian pada reaktor 100% sebesar 3,02 mg/l dengan efisiensi mencapai 71,71%. Pada penelitian ini, luasan tanaman tidak berpengaruh pada penyisihan konsentrasi BOD dan fosfat.

Kata Kunci: Fitoremediasi, Kiambang (*Salvinia molesta*), Air Limbah Domestik (*Grey Water*), BOD, Fosfat

Abstract

[The ability of *Salvinia molesta* to Reduce BOD and Phosphate in Domestic Wastewater using Continuous Phytoremediation]. Domestic wastewater (*grey water*) is a waste from households and the outcome of daily activities such as bathing, washing and others. Generally, in Indonesia, this waste directly discharged into water bodies without prior treatment processes, so that it can lead to environment quality degradation. The low economic ability and the high cost of domestic wastewater treatment are the main reasons of why people directly discharged the domestic wastewater (*grey water*) into water bodies. To fix this problem, it is required the low cost and simple domestic wastewater treatment. This research is about the use of phytoremediation technology as an alternative solution for domestic wastewater treatment using *Salvinia molesta*. The objectives of this research are to analyze the the efficiency removal of BOD and phosphate using *Salvinia molesta* and to know the effect of covering reactor area using *Salvinia molesta* on BOD and phosphate removal. This research done by using continuous reactor system with variation of covering reactor area using *Salvinia molesta* (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) and detention time (0, 3, 6, 9 and 12 days). Highest removal of BOD and phosphate is 86,35% and 71,71%. (It happened

after 3 days treatment in reactor, each on reactor 75% for BOD and reavtor 100% for phosphate). The covering area of reactor using plants has no effect on BOD and phosphate removal.

Keywords: *Phytoremediation, Salvinia molesta, Domestic Wastewater (Grey Water), BOD, Phosphate*

PENDAHULUAN

Menurut Sugiharto (2008), limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak. Walaupun teknologi *septic tank* sudah banyak digunakan untuk mengolah air kotor dari WC (*black water*), namun *grey water* yang volumenya sekitar 75% dari air limbah rumah tangga umumnya langsung dialirkan ke saluran pembuangan menuju sungai. Akibatnya beban pencemaran sungai semakin tinggi. (Yusuf, 2008; Masrevaniah, 2006 dalam Suswati, 2012). *Greywater* sendiri menurut Soedjono E. S., *et al*, 2010, merupakan air yang berasal dari buangan cair aktivitas dapur, bekas mandi, cuci mencuci dan lain sejenisnya.

Pencemaran air didefinisikan sebagai perubahan langsung atau tidak langsung keadaan air yang berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi kehidupan makhluk hidup. Perubahan langsung dan tidak langsung ini dapat berupa perubahan fisik, kimia, biologi atau radioaktif. Kualitas air merupakan salah satu faktor yang menentukan kesejahteraan manusia. Penyebab pencemaran badan air berdasarkan sumbernya secara umum dapat dikategorikan sebagai sumber kontaminasi langsung dan tidak langsung (Suripin, 2002 dalam Sasongko, L. A., 2006). Dua jenis bahan cemar yang terdapat dalam limbah domestik yaitu BOD dan fosfat. BOD dari air limbah domestik hasil kegiatan rumah

tangga menurut Mukhtasor (2007) dalam Cordova (2008) menyumbang 50%-75% BOD yang terdapat di sungai sebagai badan air penerima, sisanya (25%-50%) berasal dari limbah industri. Kadar BOD yang tinggi dalam air dapat menurunkan kadar *Dissolved Oxygen* (DO atau oksigen terlarut). Penurunan DO dalam perairan dapat mengakibatkan kematian ikan dan mikroorganisme air (Faridatuzzahro dkk, 2015). Untuk fosfat, menurut Morse (1993), dalam Auliah (2009), sumber fosfat dapat berasal dari 7% industri, 10% dari proses alamiah, 17% pupuk pertanian, 34% rumah tangga, dan 32% limbah peternakan. Keberadaan fosfat yang berlebihan dibadan air menyebabkan suatu fenomena eutrofikasi, dimana alga dan tanaman air (contohnya eceng gondok) berukuran mikro tumbuh berkembangbiak dengan cepat.

Air limbah dengan kandungan material organik tinggi yang dibuang ke badan air akan mengambil oksigen terlarut dalam jumlah besar untuk proses dekomposisi. Oleh karenanya diperlukan upaya pengolahan air limbah, sebelum dibuang ke sungai, bukan sebatas percontohan (Arfiati, 2009 dalam Suswati, 2012), tetapi dapat diterapkan secara individu maupun secara komunal. Alternatif pengolahan limbah yang sederhana dan berdaya guna sangat diperlukan untuk menyelesaikan masalah ini (Suswati, 2012).

Salah satu upaya preventif dalam penurunan konsentrasi limbah domestik yang bisa diterapkan yaitu teknik fitoremediasi. Teknik fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau

pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (Chussetijowati, 2010).

Banyak jenis tanaman yang dapat digunakan di dalam teknologi fitoremediasi, salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan kiambang (*Salvinia molesta*) (Rahmansyah, 2009). Tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) merupakan nama umum dari paku air dari genus *Salvinia*, divisi *Pteridophyta*. Paku air ini tidak memiliki nilai ekonomi tinggi. Pemanfaatan kiambang pun masih sangat jarang, kecuali sebagai bahan baku pupuk dan sering dipakai sebagai bagian dari dekorasi dalam ruang, atau sebagai tanaman hias kolam atau akuarium (ISSG, 2005). Tanaman air melalui proses fotosintesis dapat membantu peredaran udara di dalam air dengan menyerap kelebihan zat hara yang menyebabkan pencemaran air (Soerjani, 1980 dalam Hermawati, 2005).

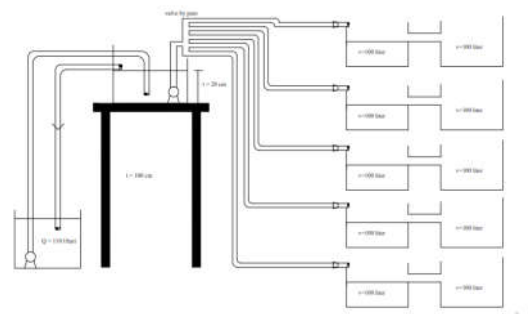
Pemilihan kiambang (*Salvinia Molesta*) sebagai tanaman fitoremediator pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa tanaman ini mampu tumbuh pada perairan dengan kadar nutrisi yang rendah. Selain itu, secara morfologi, kiambang (*Salvinia Molesta*) memiliki diameter daun yang relatif kecil (rata-rata 2-4 cm) tetapi memiliki perakaran yang lebat dan panjang. Berdasarkan hal tersebut, diharapkan kiambang (*Salvinia Molesta*) dapat secara aktif menyerap polutan, namun tidak menghalangi penetrasi cahaya ke dalam perairan. (Widiarso, 2011). Serta, dalam penelitian terdahulu, efisiensi penyisihan BOD oleh tanaman kiambang sebesar 68,98% (Mega Filliazati, dkk) dan efisiensi penyisihan fosfat oleh tanaman

kiambang sebesar 3,5% (Ratih Kesuma Dewi, dkk).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penyisihan BOD dan fosfat pada limbah domestik (*greywater*) dan menganalisis pengaruh luasan tanaman kiambang terhadap penyisihan BOD dan fosfat. Adapun sistem yang digunakan penerapan fitoremediasi ini yaitu dengan sistem kontinyu.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium TL UNDIP dengan sampel limbah domestik diambil dari salah satu rumah kos di wilayah Ngesrep, Semarang. Reaktor kontinyu fitoremediasi yang digunakan berupa bak influen berisi air baku limbah kemudian disalurkan ke bak uji sebanyak 5 bak dan kemudian disalurkan ke bak effluen sebanyak 5 bak.



Gambar 1. Reaktor Fitoremediasi

Setiap 3 hari sekali selama 12 hari masa penelitian dilakukan uji BOD dan fosfat. Metode dalam uji konsentrasi BOD berpedoman pada SNI 6989.72:2009. Metode uji fosfat menggunakan metode Vanadomolybdophosphoric acid colorimetric

Tumbuhan kiambang diaklimatisasi terlebih dahulu selama 7 hari di bak yang berisi air bebas mineral sebelum diaplikasikan pada limbah domestik. Aklimatisasi bertujuan agar tumbuhan mampu menyesuaikan diri dengan

lingkungan tumbuh dalam perlakuan fitoremediasi.

Pada penelitian ini dilakukan uji transpirasi setiap hari guna mengetahui kemampuan tumbuhan dalam menyerap limbah domestik. Transpirasi tumbuhan diketahui melalui pendekatan perhitungan faktor evapotranspirasi sebagai indeks pompa tumbuhan.

$$TF = ET/E$$

(Pers. 1)

Tingkat evapotranspirasi (ET) dan evaporasi (E) yang terjadi pada reaktor diukur berupa penurunan volume air (ml).

Parameter lingkungan selama penelitian diamati untuk mengetahui pengaruhnya terhadap transpirasi. Parameter lingkungan yang diukur meliputi suhu udara, intensitas cahaya dan kelembaban udara di sekitar reaktor dengan menggunakan anemometer digital (LM 8100).

Pengukuran pH dan suhu dilakukan setiap hari dengan menggunakan pH meter Krisbow KW 0644.

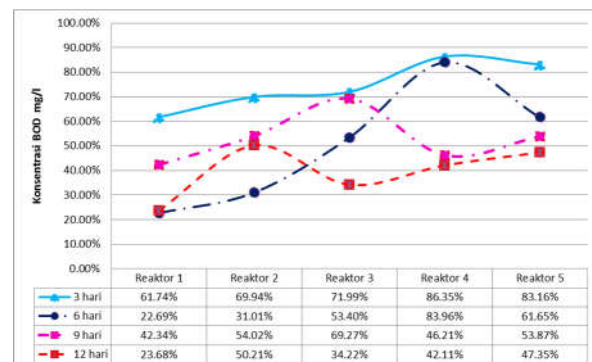
Pengaruh luasan tanaman, waktu tinggal tumbuhan dan konsentrasi influen terhadap konsentrasi BOD dan fosfat diketahui dengan analisis data menggunakan SPSS 16.0. Uji yang dilakukan yaitu uji normalitas, uji korelasi dan uji regresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Penyisihan konsentrasi BOD limbah cair domestik (*grey water*) diakibatkan oleh aktivitas tumbuhan dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat memecah kontaminan organik dalam proses fitoremediasi. Proses fitoremediasi yang terjadi pada fase ini adalah rhizodegradasi (Suhendrayatna, 2012). Akar tumbuhan akan menghasilkan eksudat yang akan

mendorong pertumbuhan dan aktivitas metabolisme dari mikroorganisme yang ada pada rizhosphere. Selain itu kehadiran tumbuhan dapat menaikkan konsentrasi oksigen terlarut yang ada dalam air limbah melalui proses fotosintesis, sehingga mikroorganisme dapat menguraikan kontaminan organik (Nuraini dan Felani, 2015). Penyisihan BOD juga dapat disebabkan oleh proses fitodegradasi. Kontaminan organik pada air limbah yang dapat melewati *rhizosphere* terserap melalui akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolik dalam tumbuhan (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Penurunan konsentrasi BOD juga dapat disebabkan oleh proses fitovolatilisasi. Kontaminan organik terlarut maupun yang sudah terombak sebelumnya melalui proses rhizodegradasi maupun fitodegradasi di translokasi ke bagian daun (Mangkoedihardjo, 2006). Kontaminan organik yang ditranslokasi tersebut selanjutnya ter volatilisasi dan dilepas menuju atmosfer melalui proses transpirasi (Mangkoedihardjo, 2006).



Gambar 1. Efisiensi Penyisihan BOD

Konsentrasi BOD cenderung fluktuatif, hal ini disebabkan karena sistem fitoremediasi ini bersifat kontinyu, dimana air mengalir secara terus-menerus dari bak influen menuju bak inti selama 12 hari,

penambahan influen dilakukan setiap 3 hari sekali dengan konsentrasi yang berbeda. Konsentrasi influen yang berbeda tiap 3 hari inilah yang menjadi salah satu penyebab naik turunnya konsentrasi BOD.

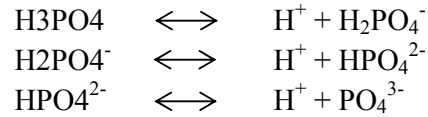
Dari gambar 1 dapat diketahui bahwa penyisihan BOD tertinggi pada reaktor 75% setelah 3 hari masa penelitian. Pada reaktor 75% penyisihannya dapat mencapai 86,35%. Hal ini disebabkan karena kondisi tanaman yang telah melewati masa aklimatisasi selama 7 hari sehingga pada hari ke-0 sampai hari ke-3 akar tumbuhan masih bersih dan mampu menyerap kontaminan dalam air limbah secara efektif.

Hasil uji statistik menggunakan SPSS 16.0 menghasilkan data bahwa pengaruh luasan tanaman terhadap konsentrasi BOD bersifat sedang dan tidak signifikan, pengaruh waktu tinggal terhadap konsentrasi BOD bersifat signifikan dan kuat sedangkan pengaruh konsentrasi influen terhadap konsentrasi BOD bersifat tidak signifikan dan rendah.

Fosfat

Fosfat umumnya diserap oleh tumbuhan dalam bentuk ion ortofosfat primer $H_2PO_4^-$, atau ortophosphat sekunder HPO_4^{2-} sedangkan PO_4^{3-} lebih sulit diserap oleh tanaman (Engelstad, 1997). Fosfat dalam limbah domestik (*grey water*) biasanya berasal dari detergen yang dipakai untuk kegiatan mencuci sehari-hari, limbah dalam detergen sendiri mengandung fosfat dalam bentuk Natrium tripoliphosphat ($Na_5P_3O_{10}$) yang akan mengalami hidrolisis membentuk ortophosphat terlebih dahulu, sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber phosphor oleh tumbuhan. Setelah masuk ke dalam tumbuhan, phosphate anorganik mengalami perubahan menjadi organophosphat. Menurut Perlin and

Brown (1987) reaksi ionisasi asam ortophosphat adalah sebagai berikut :



Fosfat masuk ke dalam tumbuhan melalui proses fitostabilisasi dimana kontaminan naik menuju zona akar disebabkan oleh proses transpirasi tumbuhan. Naiknya kontaminan ke zona akar tersebut akan terakumulasi dan tidak dapat bergerak atau imobilisasi. Kemudian dilanjutkan dengan proses fitoekstraksi yaitu proses penyerapan kontaminan dari medium tumbuhnya lalu didistribusikan ke dalam berbagai organ tumbuhan (translokasi). Proses penyerapan berlangsung sejalan dengan aliran transpirasi. Selanjutnya yaitu proses fitodegradasi dimana fosfat yang masuk jaringan tubuh kiambang akan digunakan untuk proses metabolisme (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010).



Gambar 2. Efisiensi Penyisihan Fosfat

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi penyisihan fosfat terjadi pada reaktor 100% dengan besar efisiensi mencapai 71,71% setelah 3 hari masa penelitian, hal ini disebabkan karena penyerapan yang efektif oleh akar tumbuhan kiambang yang sebelumnya telah

diakimatisasi selama 7 hari. Hal ini juga disebabkan karena tanaman kiambang belum mengalami gejala keracunan kontaminan dalam limbah domestik.

Berdasarkan analisis secara statistik didapatkan hasil bahwa pengaruh luasan tanaman sedang dan tidak signifikan, pengaruh waktu tinggal bersifat sangat rendah dan tidak signifikan dan pengaruh konsentrasi influen bersifat sedang dan tidak signifikan

Parameter Pendukung pH Reaktor

Nilai pH limbah cair domestik (*grey water*) di seluruh reaktor uji cenderung mengalami penurunan dikarenakan aktivitas penguraian bahan organik. Sedangkan pada reaktor kontrol pH cenderung naik karena adanya aktivitas mikroorganisme pada limbah. (Aulia, 2016) pH limbah cair domestik (*grey water*) pada reaktor 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% pada hari ke 12 menjadi 8,48 , 7,11 , 6,71, 6,59 dan 6,91. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan kiambang mampu hidup dalam lingkungan yang asam.

pH yang cenderung turun pada reaktor uji disebabkan karena terserapnya unsur-unsur dalam air limbah ke dalam akar tanaman dalam jumlah yang banyak. Secara umum pH air dipengaruhi oleh konsentrasi CO₂ bebas. Fitoplankton dan tanaman air lainnya akan mengambil CO₂ dari air selama proses fotosintesis sehingga mengakibatkan pH air meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari. (Cholik dkk., 1991 dalam Hermawati, 2005) Selain itu pH yang cenderung terus menerus naik pada reaktor kontrol diperkirakan karena adanya aktivitas mikroorganisme pada limbah cair domestik (*grey water*).

Uji Transpirasi

Nilai ET/E pada masing-masing reaktor 25%, 50%, 75% dan 100% yaitu 1,0336 ; 1,2466 ; 1,6972 dan 2,0581. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya tumbuhan kiambang akan menghasilkan kehilangan air limbah yang lebih banyak dari reaktor yang tidak terdapat tumbuhan kiambang. Selain itu, hasil tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar luasan tanaman, maka semakin banyak pula air limbah yang diserap dan akan mempengaruhi jumlah konsentrasi BOD dan fosfat pada air limbah.

Parameter Lingkungan

Selama 12 hari masa penelitian, nilai parameter lingkungan menunjukkan angka yang cenderung fluktuatif. Rata-rata intensitas cahaya terbesar terjadi pada pagi hari sebesar 30.463 lux dan terkecil pada sore hari dengan nilai 5305 lux. Untuk suhu udara, rata-rata suhu udara pada pagi dan siang hari memiliki nilai yang sama yaitu 31⁰C dan pada sore hari rata-rata suhu udara sebesar 30,7⁰C. Sedangkan untuk parameter kelembaban udara, rata-rata kelembaban udara terbesar terjadi pada sore hari dengan nilai sebesar 75,96 %RH, dan rata-rata kelembaban udara terkecil terjadi pada siang hari yaitu 70,28 %RH.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan

1. Efisiensi penyisihan BOD oleh tumbuhan kiambang paling besar pada reaktor 75% di hari ke-3 yaitu sebesar 86,35%, sedangkan efisiensi penyisihan fosfat terbesar terdapat pada reaktor 5 dengan luasan penutupan sebesar 100% di hari ke-3 yaitu sebesar 71,71%

2. Luasan tanaman pada area permukaan reaktor tidak berpengaruh pada penyisihan BOD dan fosfat

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan sistem fitoremediasi secara *batch* sebagai perbandingan untuk mengetahui efisiensi penyisihan BOD dan fosfat yang dilakukan
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai fitoremediasi secara kontinyu untuk menyempurnakan sistem yang telah dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggoro, M. Toha, dkk. 2007. *Metode Penelitian*. Jakarta: Universitas Terbuka
2. Alaerts, G. dan Santika, S.S.1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
3. Auliah, A. 2009. *Lempung Aktif sebagai Adsorben Ion Fosfat dalam Air*. Lempung Aktif Sebagai Adsorber Ion Fosfat Dalam Air. Jurnal Chemica Vol.10 (2009).
<http://download.portalgaruda.org/article.php>
4. Bausch, Lomb. 1974. *Analytical System Division*. New York : Rochester
5. Chussetijowati J, *et al.* 2010. *Fitoremediasi Radionuklida ¹³⁴Cs dalam Tanah Menggunakan Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*)*. Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir.ITS. Surabaya.
6. Cordova, M. R. 2008. *Kajian Air Limbah Domestik di Perumnas Bantar Kemang, Kota Bogor dan Pengaruhnya pada Sungai Ciliwung* (Skripsi). Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor
7. Dwidjoseputro. 1978. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Djambatan
8. Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius
9. Elfiana, dkk. 2005. *Penurunan Konsentrasi Organik Air Gambut secara AOP (Advanced Oxidation Processes) dengan Fotokimia Sinar UV dan UV-Peroksidasi*. Banda Aceh : Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhoksumawe
10. Engelstad, O. P. 1997. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*. Yogyakarta : UGM Press
11. Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada
12. Hermawati, E., *et al.* 2005. *Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dan Genjer (*Limnocharis flava L.*)*. Biosmart. Vol. 7 No. 2, 2005

13. Invasive Species Specialist Group (ISSG). 2005. Global Invasive species database. Dikutip dari <http://www.issg.org/database>
14. Juhaeti, Titi dkk. 2009. *Uji Potensi Tumbuhan Akumulator Merkuri untuk Fitoremediasi Lingkungan Tercemar Akibat Kegiatan Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Kampung Leuwi Bolang, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Bogor*. Jurnal Biologi Indonesia
15. Loveless, A.R. 1991. *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
16. Mangkoedihardjo, Sarwoko dan Samudro, Ganjar. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Jogjakarta : Graha Ilmu
17. McFarland, et.al., 2004. *Salvinia molesta D. S. Mitchell (Giant Salvinia) in the United States: A Review of Species Ecology and Approaches to Management*. U.S. Army Corps of Engineers
18. Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. New York : McGraw - Hill
19. Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. New York : McGraw - Hill
20. National Biological Information Infrastructure (NBII) & IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG). 2005. *Salvinia molesta (aquatic plant, herb)*. <http://www.issg.org/database/species/ecology>
21. Nuraini dan Felani. *Phytoremediation of tapioca wastewater using water hyacinth plant (Eichhornia crassipes)*. IRC-MEDMIND, Brawijaya University. Vol. 2 No. 2, 2015.
22. Owen, Chetta S dan Smart, R. Michael. 2010. *Effects of Nutrients, Salinity, and pH on Salvinia molesta (Mitchell) Growth*. Jurnal online
23. Peavy, Howard S et al. 1985. *Environmental Engineering*. Singapura : McGraw-Hill
24. Perlin, D. S., and Brown, C. L. 1987. *J. Biol. Chem.*
25. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012
26. Permatasari, Atika Ayu. 2009. *Fitoremediasi Cd Menggunakan Kiambang pada Media Modifikasi Lumpur Sidoarjo*. Surabaya : ITS
27. Rahmansyah, Maman dkk. 2009. *Tumbuhan Akumulator untuk*

- Fitoremediasi Lingkungan Tercemar Merkuri dan Sianida Penambangan Emas*. Jakarta : LIPI Press
28. Sandy, Nurma Juwita. 2010. *Profil Protein Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) yang Dikulturkan Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo*. Surabaya : ITS
29. Sarma, Hermen. 2011. Metal Hyperaccumulation in Plants : A Review Focusing on Phytoremediation Technology. *Jurnal Online Environmental Science and Technology* (<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jest/2011/118-138.pdf>)
30. Sasongko, L. A. 2006. *Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya (Studi Kasus Kelurahan Sampangan Dan Bendan Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang) (Tesis Magister)*. Program Magister Ilmu Lingkungan PPS Universitas Diponegoro - Semarang
31. Schnoor, et, al. 2003. *Phytoremediation Transformation and Control of Contaminants*. Canada : A John Wiley & Sons, Inc.
32. Soedjono, E. S., et al. 2010. *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. Tim Teknis Pembangunan Sanitasi
33. Spellman, Frank. 2003. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. New York : CRC Press Inc
34. Sugiharto. 1987. *Dasar – dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : UI Press
35. Suhendrayatna, et al. 2012. *Removal of Municipal Wastewater BOD, COD and TSS by Phyto-Reduction: A Laboratory-Scale Comparison of Aquatic Plants at Different Species Typha Latifolia and Saccharum Spontaneum*. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 2(6): 333-337.
36. Sumarno. 2002. *Degradasi Lingkungan*. Bahan Ajar Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro.
37. Suswati, A.C.S., dkk. 2012. *Analisis Luasan Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Iris dalam Mengolah Air Limbah Domestik (Greywater)*. *Indonesia Green Technology Journal*. Vol. 1 No. 3, 2012. igtj.ub.ac.id/index.php/igtj/article/download/106/101
38. Viessman, W. dan Hammer, M.J. 1985. *Water Supply and Pollution*

- Control*, 4th edition. New York :
Harper and Row Publishers
39. Widiarso, T. 2011. *Fitoremediasi Air Tercemar Nikel Menggunakan Kiambang (Salvinia molesta)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
40. Winata, I. N. A., et. al. 2000. *Perbandingan Kandungan P dan N Total dalam Air Sungai di Lingkungan Perkebunan dan Persawahan*. Jember : Universitas Jember