

TUMBUHAN AIR LAHAN BASAH SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI DAN KEMAMPUANNYA MENURUNAN POLUSI LIMBAH CAIR

SYAFRANI

Dosen Kopertis Wilayah X Dpk. pada Fakultas Pertanian
Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

ABSTRAK

Limbah cair merupakan kombinasi cairan dan partikel padat tersuspensi yang dibuang ke lingkungan dari berbagai fasilitas seperti pemukiman, perdagangan, perkantoran, rumah makan, industri, rumah sakit yang biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia, serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup. Pengolahan limbah cair dari berbagai sumber secara alami dapat terjadi pada wilayah lahan basah yang banyak terdapat tumbuhan air, proses pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air ini disebut fitoremediasi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 4 jenis tumbuhan air dan 3 jenis kombinasi tumbuhan dengan menggunakan media yaitu aluvial dan zeolit. Pengamatan dilakukan secara periodik 10, 20, dan 30 hari terhadap bahan pencemar. Kombinasi perlakuan media penyaring tanah aluvial-zeolit dengan tumbuhan air wlingen-kiapu merupakan kombinasi perlakuan yang terbaik mengurangi kadar bahan pencemar, dengan nilai keefektivan berkisar antara 72-98.82%.

Kata Kunci: Tumbuhan air, fitoremediasi, Limbah cair

Pendahuluan

Keberhasilan pembangunan di bidang IPTEKS membawa konsekuensi meningkatnya pertumbuhan industri dan diikuti oleh meningkatnya jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan. Limbah cair yang dibuang ke lingkungan yang tidak mengalami proses pengolahan yang baik sering memberikan dampak yang merugikan kepada lingkungan sekitarnya. Mahalnya teknologi IPAL dan terbatasnya SDM, sebagai penyebab industri

membuang limbahnya ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan. Tumbuhan air yang terdapat di lahan basah secara alamiah mampu menyerap bahan pencemar yang terdapat dalam limbah cair, proses ini disebut fitoremediasi. Tumbuhan air memerlukan nutrisi untuk pertumbuhannya, untuk kebutuhan nutrisi tersebut tumbuhan air melalui proses fitoremediasi melakukan penguraian bahan pencemar sehingga mempunyai nilai manfaat oleh

tumbuhan air lahan basah. Media tanam juga berperan dalam mengurangi bahan pencemar melalui proses adsorpsi, sehingga kombinasi tumbuhan dan media yang ada dilahan basah sangat berperan dalam mengurangi bahan pencemar dalam limbah cair.

Bahan dan Metode

Tumbuhan air yang digunakan dalam penelitian, merupakan tumbuhan air yang banyak ditemukan pada lahan basah di Pekanbaru dan sekitarnya. Tumbuhan air dibudidayakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lancang Kuning, sedangkan media yang digunakan menggunakan tanah alluvial dan zeolit. Percobaan dilakukan dengan membuat lahan basah buatan yang terbuat dari drum palstik. Limbah cair yang dicobakan diambil dari buangan akhir limbah pabrik kelapa sawit. Metode penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan rancangan petak terpisah, ulangan 3 kali. Faktor yang diteliti adalah periode waktu penyerapan pengurangan limbah cair (W) dengan 3 taraf sebagai petak utama:

- W_1 = waktu penyerapan 10 hari
- W_2 = waktu penyerapan 20 hari
- W_3 = waktu penyerapan 30 hari

Kombinasi tumbuhan air dan media dengan 7 taraf :

- ✓ m_1v_1 = media alluvial + zeolit dengan tumbuhan air *Scirpus grossus*
- ✓ m_1v_2 = media alluvial + zeolit dengan tumbuhan air *Echinodorus paleafolius*
- ✓ m_1v_3 = media alluvial + zeolit dengan tumbuhan air *Limnocharis flava*
- ✓ m_1v_4 = media alluvial + zeolit dengan tumbuhan air *Pistia strationes*
- ✓ m_1v_5 = media alluvial + zeolit dengan tumbuhan air *Scirpus grossus*- *Pistia strationes*
- ✓ m_1v_6 = media alluvial+zeolit dengan tumbuhan air *Echinodorus paleafolius*- *Pistia strationes*
- ✓ m_1v_7 = media alluvial + zeolit dengan tumbuhan air *Echinodorus paleafolius*- *Pistia strationes*

Parameter yang diamati adalah parameter penyubur perairan yang meliputi: Ammonia (NH_3 -N), Nitrat (NO_3 -N), Nitrit (NO_2 -N), dan Ortofosfat

Analisis Data

Untuk menghitung keefektifan hasil pengolahan limbah cair dengan menggunakan media penyaring dan tumbuhan air terhadap waktu penyerapan bahan pencemar digunakan persamaan :

$$EP = \frac{(C_{in} - C_{out})}{C_{in}} \times 100\%$$

EP = keefektifan pengolahan limbah dengan media penyaring dan tumbuhan air; C_{in} = kadar parameter limbah cair yang masuk pada sistem media penyaring, dan C_{out} = kadar parameter limbah cair yang keluar dari sistem media penyaring dan tumbuhan air.

Hasil dan Pembahasan.

Kelompok parameter penyubur perairan bersumber dari nitrogen dan fosfor, yang biasanya ditemukan dalam bentuk senyawa dan terdapat dalam keadaan tersuspensi maupun dalam keadaan terlarut, keberadaannya dalam suatu perairan dalam kadar yang berlebihan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pertumbuhan ganggang yang sangat cepat sehingga menyebabkan pencemaran pada perairan. Nitrogen dalam air sebagian besar terikat sebagai nitrogen organik dalam bentuk protein. Keberadaan fosfor dalam air juga bisa sebagai bahan padat maupun dalam bentuk terlarut. Jenis-jenis nitrogen anorganik dalam air adalah ion nitrat (NO_3^-), amonium (NH_4^+), dan nitrit (NO_2^-), sedangkan fosfor anorganik yang terlarut dalam air terutama sebagai bentuk ion ortofosfat (PO_4^{3-}). Dari hasil analisis kelompok parameter penyubur

ini dapat diuraikan hasilnya sebagai berikut :

1. Ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Amonia pada suatu perairan bersumber dari pemecahan nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat didalam tanah dan air yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur. Denitrifikasi oleh aktivitas mikroba pada kondisi anaerob, yang merupakan proses yang biasa terjadi pada pengolahan limbah juga akan menghasilkan gas amonia. Sumber lain amonia bisa juga berasal dari limbah industri, domestik, dan proses difusi dari udara. Pada percobaan yang dilakukan terhadap buangan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan media dan tumbuhan air pada akhir percobaan menunjukkan kadar amonia mengalami penurunan.

Pengamatan yang dilakukan selama 30 hari secara periodik yaitu 10, 20, dan 30 hari menunjukkan kecenderungan penurunan kadar amonia dengan bertambahnya waktu pengamatan. Menurunnya kadar amonia tersebut diikuti dengan meningkatnya nilai keefektifan pada masing-masing perlakuan seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata nilai keefektivan menurunnya kadar amonia (%) tiap periode 10, 20, dan 30 hari

Perlakuan	Pengamatan hari ke		
	W1	W2	W3
$m_1 v_1$	48.60	62.25	69.27
$m_1 v_2$	53.63	62.01	66.48
$m_1 v_3$	45.25	58.66	59.78
$m_1 v_4$	58.66	61.45	63.13
$m_1 v_5$	60.90	72.63	75.98
$m_1 v_6$	60.84	70.39	74.30
$m_1 v_7$	55.30	66.48	67.04

Kadar amonia dalam air limbah seperti yang disajikan pada Tabel 1, menunjukkan penurunan setelah percobaan berlangsung selama 10 hari. Hal ini terlihat dari hasil analisis air limbah yang dilakukan pada periode 10 hari menunjukkan penurunan kadar amonia bervariasi untuk semua perlakuan antara 45.25% ($m_1 v_3$) dan 60.90% ($m_1 v_5$). Pada periode hari ke 20 kadar amonia menunjukkan penurunan antara 58,66% ($m_1 v_3$) dan 72.63% ($m_1 v_5$), dan sampai pada periode 30 hari yang merupakan akhir dari pengamatan kadar amonia menurun antara 59.78% ($m_1 v_3$) dan 75.98% ($m_1 v_5$).

Kemampuan tumbuhan air menurunkan kadar amonia, diduga disebabkan oleh kemampuan tumbuhan kiapu yang mempunyai akar mengapung pada lapisan air sehingga

sangat efektif menyerap ion dan anion yang terlarut pada lapisan air. Demikian juga dengan tumbuhan wlingen mempunyai kemampuan untuk menyerap zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang terdapat pada dasar media, sehingga gabungan kedua tumbuhan air ini mempunyai kemampuan yang lebih baik dari perlakuan lainnya. Media yang digunakan juga memberi pengaruh pada penurunan kadar amonia, karena zeolit mempunyai sifat sebagai adsorben yang mampu menjerap anion amonium yang terdapat dalam limbah cair (Poerwadi, 1997).

Suriawira (2003), menyatakan mikroorganisme pada akar tumbuhan mampu menguraikan bahan-bahan organik maupun anorganik menjadi bentuk senyawa-senyawa yang lebih sederhana, sehingga akar lebih mudah

menyerap bahan-bahan tersebut. Penurunan kadar amonia diduga sebagai akibat terjadinya nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrat, sehingga kadar amonia terlarut berkurang. Meutia (2002), melaporkan bahwa tumbuhan *Thypha* sp, *pomae* sp, dan *Eichornia* sp, dalam kolam buatan yang dialiri limbah cair rumahtangga mampu menurunkan kadar amonia sebesar 81%.

Watson *et al.*, (1989), dan Farahbakhsazad *et al.*, (2002), menyatakan bahwa dengan aliran limbah cair secara vertikal dalam kolam buatan di dalamnya terdapat tumbuhan air, mampu menurunkan kadar amonia sebesar 50%. Aliran bawah tanah dengan menggunakan substrat tanah liat mampu menurunkan kadar amonia sebesar 55%, dan aliran bawah tanah dengan menggunakan substrat pasir mampu menurunkan kadar amonia sebesar 75%. Brahmana dan Armaita (2002), berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan bahwa tumbuhan air *Thypha* sp dan *Carex* sp mampu menurunkan kadar amonia limbah domestik berturut-turut sebesar 94.00% dan

96.30%, dalam waktu 18 hari pengamatan.

2. Nitrat (NO₃-N)

Nitrat merupakan salah satu jenis nitrogen anorganik yang terdapat dalam air yang merupakan zat hara utama bagi pertumbuhan tanaman dan alge. Nitrat bisa bersumber dari hancuran bahan organik, buangan domestik, limbah peternakan, pupuk dan limbah industri. Kadar nitrat diperairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi dari kadar amonia. Kadar nitrogen yang tinggi pada perairan merupakan penyebab utama pertumbuhan yang sangat cepat dari ganggang yang menyebabkan eutrofikasi. Pada percobaan yang dilakukan menunjukkan kadar nitrat mengalami penurunan.

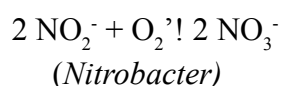
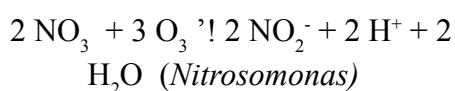
Pengamatan yang dilakukan selama 30 hari secara periodik yaitu 10, 20, dan 30 hari menunjukkan kecenderungan penurunan kadar nitrat dengan bertambahnya waktu pengamatan. Menurunnya kadar nitrat tersebut diikuti dengan meningkatnya nilai keefektivan pada masing-masing perlakuan seperti yang disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Rata-rata nilai keefektivan menurunnya kadar nitrat (%) tiap periode 10, 20, dan 30 hari

Perlakuan	Pengamatan hari ke		
	W1	W2	W3
m ₁ v ₁	64.00	68.80	68.80

m_1v_2	61.20	64.00	69.60
m_1v_3	60.00	62.00	64.40
m_1v_4	57.20	59.78	63.20
m_1v_5	62.80	68.40	72.00
m_1v_6	62.40	63.60	70.00
m_1v_7	62.40	65.20	70.80

Nitrat merupakan sumber nitrogen anorganik dalam perairan yang bersifat aerobik (Saeni, 1989). Nitrat merupakan sumber nitrogen yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air, karena nitrat sangat mudah larut dalam air. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat berlangsung pada kondisi aerob, proses tersebut digambarkan sebagai berikut :



Kadar nitrat dalam air limbah seperti yang disajikan pada Tabel 2, menunjukkan penurunan setelah percobaan berlangsung selama 10 hari. Hal ini terlihat dari hasil analisis air limbah yang dilakukan pada periode 10 hari yang menunjukkan penurunan

kadar nitrat rata-rata untuk semua perlakuan antara 57.20% (m_1v_4) dan 64.00% (m_1v_1), pada periode hari ke 20 kadar nitrat masih menunjukkan penurunan antara 59.78% (m_1v_3) dan 68.80% (m_1v_1), dan sampai pada periode 30 hari yang merupakan akhir dari pengamatan kadar nitrat menurun antara 63.20% (m_1v_4) dan 72.00% (m_1v_5).

Tumbuhan air membutuhkan nitrogen untuk berkembang. Oleh karena itu adanya nitrat dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai unsur haranya, kemampuan akar tumbuhan kiau yang mengapung pada lapisan air sangat efektif untuk menyerap ion dan anion terlarut pada lapisan air. Demikian juga dengan tumbuhan wlingen mempunyai kemampuan untuk menyerap zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang terdapat pada dasar media. Kombinasi kedua tumbuhan air ini mempunyai kemampuan yang lebih baik dari perlakuan lainnya.

Media yang digunakan juga memberi pengaruh pada penurun

kadar nitrat, karena zeolit mempunyai sifat sebagai adsorben yang mampu menyerap anion nitrat yang terdapat dalam limbah cair (Poerwadi, 1997). Brahmana dan Armaita (2002), berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan bahwa tumbuhan air *Thypha sp* mampu menurunkan kadar nitrat sebesar 86.00%, dalam waktu 18 hari dan *Carex sp* 82.4 %, dalam waktu 4 hari pengamatan. Yusuf (2001), menyatakan bahwa gabungan vegetasi air mendong dan teratai dalam kolam percobaan dengan menggunakan limbah rumah tangga mampu menurunkan nilai nitrat sebesar 31.02%.

3. Nitrit (NO₂-N)

Nitrit di perairan alami ditemukan dalam jumlah yang sedikit jika dibandingkan dengan nitrat dan amonia. Apabila terjadi nitrifikasi tahap pertama, yaitu oksidasi amonia menjadi nitrat, maka dalam perairan akan

terbentuk nitrit. Nitrit merupakan bentuk peralihan antara amonia dan nitrat pada proses nitrifikasi. Nitrit bersumber dari limbah industri dan limbah domestik. Ion nitrit lebih berbahaya dibandingkan ion nitrat, ion nitrit dapat merusak kehidupan akuatik. Pada percobaan yang dilakukan terhadap buangan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan media dan tumbuhan air pada akhir percobaan menunjukkan kadar nitrit mengalami penurunan.

Pengamatan yang dilakukan selama 30 hari secara periodik yaitu 10, 20, dan 30 hari, analisis limbah cair setiap periodik menunjukkan kecenderungan menurun kadar nitrit dengan bertambahnya waktu pengamatan. Menurunnya kadar nitrit tersebut diikuti dengan meningkatnya nilai keefektivan pada masing-masing perlakuan seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata nilai keefektivan penurunan kadar nitrit (%) tiap periode 10, 20, dan 30 hari

Perlakuan	Pengamatan hari ke		
	W1	W2	W3
m ₁ v ₁	63.33	80.00	83.33
m ₁ v ₂	60.00	70.00	83.33
m ₁ v ₃	56.67	76.67	83.33
m ₁ v ₄	53.33	80.00	80.00
m ₁ v ₅	70.00	80.00	86.67
m ₁ v ₆	56.67	70.00	83.33
m ₁ v ₇	56.67	83.33	80.00

Kadar nitrit dalam air limbah seperti yang disajikan pada Tabel 3, menunjukkan penerunan setelah percobaan berlangsung selama 10 hari. Hal ini terlihat dari hasil analisis air limbah yang dilakukan pada periode 10 hari menunjukkan penurunan kadar nitrit rata-rata untuk semua perlakuan antara 10.00% (m1v1) dan 70.00% (m2v5). Pada periode hari ke 20 kadar nitrit menunjukkan penurunan antara 40.00% (m1v3) dan 80.00% (m2v5), dan sampai pada periode 30 hari yang merupakan akhir pengamatan kadar nitrit menurun antara 60.00% (m1v2) dan 86.67% (m1v5).

Ion nitrit dapat berperan sebagai sumber nitrogen bagi tumbuhan. Tumbuhan kiapu yang mempunyai akar mengapung pada lapisan air sangat efektif untuk menyerap ion dan anion terlarut pada lapisan air. Demikian juga dengan tumbuhan wlingen mempunyai kemampuan untuk menyerap zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang terdapat pada dasar media sehingga kombinasi kedua tumbuhan air ini mempunyai kemampuan yang lebih baik menurunkan kadar nitrit dalam limbah cair, dan diikuti berturut-turut oleh perlakuan gabungan tumbuhan melati air-kiapu dan gabungan tumbuhan

genjer-kiapu. Media yang digunakan juga memberi pengaruh pada penurunan kadar nitrit, karena zeolit mempunyai sifat sebagai adsorben yang mampu menjerap anion nitrit yang terdapat dalam air limbah (Poerwadi, 1997).

4. Ortofosfat

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai unsur hara. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air. Sumber fosfor berasal dari dekomposisi bahan organik, limbah industri, pertanian, pupuk dan domestik. Pada percobaan yang dilakukan terhadap buangan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan media dan tumbuhan air pada akhir percobaan menunjukkan kadar ortofosfat .

Pengamatan yang dilakukan selama 30 hari secara periodik yaitu 10, 20, dan 30 hari menunjukkan kecenderungan penurunan kadar ortofosfat dengan bertambahnya waktu pengamatan. Menurunnya kadar ortofosfat tersebut diikuti dengan meningkatnya nilai keefektivan pada masing-masing perlakuan seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata nilai keefektivan menurunnya kadar ortofosfat (%) tiap periode 10, 20, dan 30 hari.

Perlakuan	Pengamatan hari ke		
	W1	W2	W3
m ₁ v ₁	86.93	95.23	90.91
m ₁ v ₂	84.09	84.09	89.77
m ₁ v ₃	86.36	89.77	90.34
m ₁ v ₄	77.84	85.80	90.91
m ₁ v ₅	86.93	92.61	98.82
m ₁ v ₆	85.23	88.24	92.05
m ₁ v ₇	82.39	87.61	91.48

Kadar ortofosfat dalam air limbah seperti yang disajikan pada Tabel 4, menunjukkan penerunan setelah percobaan berlangsung selama 10 hari. Hal ini terlihat dari hasil analisis air limbah yang dilakukan pada periode 10 hari menunjukkan penurunan kadar ortofosfat rata-rata untuk semua perlakuan antara 77.84 (m₁v₄) dan 86.93% (m₁v₁ dan m₁v₅), pada periode hari ke 20 kadar ortofosfat menunjukkan penurunan antara 84.09% (m₁v₂) dan 95.23% (m₁v₁), dan sampai pada periode 30 hari yang merupakan akhir dari pengamatan kadar ortofosfat menurun antara 89.77% (m₁v₂) dan 98.82% (m₁v₅).

Fosfat merupakan salah satu unsur utama sebagai unsur hara pada tumbuhan disamping nitrogen dan sulfur. Kemampuan tumbuhan air menurunkan kadar ortofosfat, diduga

karena kemampuan tumbuhan air kiapu yang mempunyai akar mengapung pada lapisan air sangat efektif untuk menyerap ion dan anion yang terlarut pada lapisan air. Demikian juga dengan tumbuhan wlingen mempunyai kemampuan untuk menyerap zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang terdapat pada dasar media, sehingga kombinasi kedua tumbuhan ini mempunyai kemampuan yang lebih baik dari perlakuan lainnya untuk menyerap anion fosfat yang terdapat dalam limbah cair (Poerwadi, 1997).

Assenzo dan Reid (1986), menyatakan bahwa pada pengolahan limbah cair menggunakan kolam buatan tanpa tumbuhan air mampu menurunkan kadar ortofosfat sebesar 30%. Meutia (2002) juga melaporkan bahwa dari hasil kajian dengan kolam buatan yang dialiri limbah rumah-

tangga dengan menggunakan tumbuhan *Thypha* sp, *pomae* sp, dan *Eichornia* sp mampu menurunkan kadar ortofosfat sebesar 44%. Farahbakh-sazad *et al.* (2002), melaporkan hasil penelitiannya dengan menggunakan tumbuhan air dan kolam buatan dengan membuat aliran air limbah secara vertikal mampu menurunkan kadar fosfat sebesar 93%.

Brahmana dan Armaita (2002), juga melaporkan dengan menggunakan tumbuhan air *Thypha* sp dan *Corex* sp mampu menurunkan kadar fosfat berturut-turut sebesar 95.7% dan 95.5% dalam waktu 10 hari. Ozaki (1999), menyatakan dengan menggunakan biogeofilter media tanah dan zeolit dalam kolam buatan, yang digunakan untuk mendaur ulang limbah domestik dengan memanfaatkan tumbuhan air seperti kubis rawa (*Ipomoea aquatica*), Chinese arrowhead (*Sagittaria sagittifolia*), dan talas (*Colocasia esculenta*) mampu menurunkan kadar fosfat berturut-turut rata-rata 99.00%, 99.40%, dan 99.40% dalam waktu pengamatan 30 hari.

Simpulan

Kombinasi perlakuan media penyaring tanah aluvial-zeolit dengan tumbuhan air wlingen-kiapu merupakan kombinasi perlakuan yang terbaik mengurangi kadar bahan pencemar, dengan nilai keefektivan berkisar antara 72-98.82%.

Saran

Media penyaring gabungan aluvial-zeolit dengan tumbuhan air gabungan wlingen-kiapu (*Scirpus grossus*-*Pistia strationes*) memberikan hasil yang lebih baik dari perlakuan tumbuhan air tunggal maupun gabungan tumbuhan air lainnya, sehingga disarankan dapat digunakan untuk pengendalian limbah cair.

Daftar Pustaka

- Brahmana, S. S., Armaita, S. 2002. Pengurangan Zat Nutrisi Nitrogen dan Fosfat Dalam Air Limbah Dengan Menggunakan Eko-Teknologi-Wetland. JLP. 16(48): 47-55.
- Farahbakh-sazad, N., G. M. Morrison., and E. S. Filho. 2002. Nutrient Removal in a Vertical Upflow Wetland in Piracicaba, Brasil. *AMBIO, A Jurnal of the Human Environment*. 29(2): 74-77.
- Hammer, D.A., and R.K. Bastian. 1989. *Wetlands Ecosystems: Natural Water Purifiers*. In D.A. Hammer [Editor]. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Lewis Publishers. Michigan. pp. 5-10.
- Hanafiah, K. A. 2003. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Hasselgren, J.M., 2002. *Utilization and Treatment of Secondary Wastewater Effluent in Short-Rotation Energy Forestry: a pilot study*. *Vatten*, 58(2): 64-69.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004a. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- _____. 2004b. *Strategi Nasional dan Rencana Aksi Pengelolaan lahan Basah Indonesia. Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah*. Jakarta.
- Meutia, A. A. 2002a. *Pengolahan Air Limbah Dengan lahan Basah Buatan. Prosiding Seminar Nasional Limnologi. Bogor 22 April 2002*. Bogor. Hal.145-153.
- _____. 2002b. *Penerapan Lahan Basah Buatan Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. Prosiding Seminar Nasional Limnologi. Bogor 22 April 2002*. Bogor. Hal. 201-210.
- Ozaki, Y. 1999. Resource Recycling System for Domestic Wastewater Treatment Using Biogeofilter Ditches Planted With Useful Plants. *Japan Agricultural Research Quarterly* 33: 243-249.
- Poerwadi, B. 1997. *Prospek Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben Limbah Cair dan Madia Fluidisasi Dalam Kolom Fluidisasi. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi (Tidak Dipublikasikan-Perpustakaan LIPI-Jakarta)*.
- Priyanto, B., dan J. Prayitno. 2005. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat*. <http://www.tripod.lycos.com/>. [7 Mei 2005].
- Saeni, M.S. 1989. *Kimia Lingkungan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi dan Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB*. Bogor.
- Setiaji, B., Sri, S., Anik, S. H. 2003. *Modifikasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Pada Pengolahan Limbah Eksploitasi Minyak Bumi*. *Jurnal Kimia Lingkungan*. 5(1):49-59.
- Setyorini, D., Suparto., dan Sulaeman. 2002. *Kadar Logam Berat dalam Pupuk. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Kudus, 4 November 2002*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Departemen Pertanian. Bogor.
- Subroto, A.M. 1996. *Fitoremediasi. Prosiding Pelatihan dan*

- Lokakarya Peranan Bioremediasi dan Pengelolaan Lingkungan. Cibinong, 24-28 Juni 1996. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi LIPI-Direktorat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Lahan dan Mitigasi Bencana-BPPT dan Hanns Seidel Foundation (HSF). Cibinong. Hal. 52-69.*
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Alumni. Bandung.
- Sutrisno, D. 2003. *Baku Mutu Limbah Luaran (Padat, Cair, dan Gas) Industri dan Pertambangan. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Kudus, 4 November 2002*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Departemen Pertanian. Bogor. Hal. 3 -62.
- Suwardi. 1995. *Prospek Zeolit Sebagai Media Tumbuh Tanaman*. Jurnal Agrotek 2(2): 43-47.
- Watson, J.T., Reed, S.C., Kaldec, R.H., Knight, R.L., and Whiteouse, A.E.,. 1989. *Performance Expectations and Loading Rate for Constructed Wetlands*. In D.A. Hammer [Editor]. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Lewis Publishers. Michigan. pp. 55-60.
- Yusuf, G. 2001. *Kemampuan Tana-man Air Pada Proses Bioremediasi Limbah Rumah Tangga Dalam Skala Kecil Dengan Sistem Simulasi*. Disertasi Sekolah Pascasarjan IPB. Bogor (Tidak Dipublikasikan).