

PEMANFAATAN PURUN TIKUS (*Eleocharis dulcis*) UNTUK MENURUNKAN KADAR MERKURI (Hg) PADA AIR BEKAS PENAMBANGAN EMAS RAKYAT

Utilization of Purun Tikus (Eleocharis dulcis) for Decreasing The Mercury Rate In The Public Gold Mining's Water Disposal

Belami, L. Indah M Yulianti, B. Boy R Sidharta

*Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jalan Babarsari No. 44 Yogyakarta.
bmasandry@yahoo.com*

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari tanaman air purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam menurunkan kadar merkuri (Hg) pada air bekas tambang emas rakyat dan mengetahui efektifitas dari tanaman air purun tikus dalam menurunkan kadar Hg. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL Faktorial) dengan perlakuan tanaman sebanyak 1, 2 dan 3 kg dan lama waktu yang diamati yaitu hari ke – 0, 15 dan 26. Hasil yang diperoleh tanaman purun tikus mampu menurunkan kadar merkuri dan tanaman air purun tikus (*Eleocharis dulcis*) sebanyak 3 kg pada hari ke-15 memiliki efektifitas lebih dari 50% dalam menurunkan logam berat merkuri (Hg) yaitu sebesar 99,84% hampir mencapai 100% dibandingkan dengan hari ke-0 sebesar 0% dan ke-26 sebesar 82,82%.

Kata kunci: Purun Tikus, fitoremediasi, merkuri (Hg)

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang kaya akan sumberdaya alam. Ada berbagai macam sumberdaya alam yang saat ini sangat menjanjikan untuk dieksploitasi oleh masyarakat lokal maupun masyarakat luar, salah satunya adalah emas (Au) yang masuk dalam golongan logam mulia. Hampir sebagian besar masyarakat terutama yang tinggal di daerah Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat menekuni usaha menambang emas, yang dilakukan dengan berbagai cara dengan menggunakan bantuan mesin maupun cara tradisional. Menurut Sjahrin (2003), kegiatan penambangan ini menimbulkan dampak yang merugikan seperti rusaknya tanah bekas penambangan, tercemarnya air yang berasal dari penggunaan logam berat seperti merkuri (Hg), serta dapat menyebabkan kemerosotan lingkungan hidup dan menimbulkan efek yang membahayakan bagi kesehatan, terutama gangguan sistem syaraf, iritasi kulit, dan saluran pencernaan. Merkuri (Hg) dalam penambangan emas digunakan sebagai pelarut emas dan untuk menyatukan bijih – bijih emas kasar menjadi satu bentuk emas yang besar dengan ukuran gram sampai ons. Setelah itu amalgam (campuran emas + merkuri) dibakar untuk memisahkan emas dan merkuri sehingga diperoleh bijih emas murni (Subanri, 2008). Merkuri (Hg) atau *hydrargyrum* yang berarti “perak cair” (*liquid silver*) berbentuk cair pada suhu kamar (25 °C), berwarna putih-keperakan, memiliki sifat konduktor listrik yang cukup baik, tetapi sebaliknya memiliki sifat konduktor panas yang kurang baik (Subanri, 2008). Merkuri membeku pada suhu –38,9 °C dan mendidih pada suhu 357 °C (Stwertka, 1998). Sifat penting merkuri lainnya adalah kemampuannya untuk melarutkan logam lain dan membentuk logam paduan (*alloy*) yang dikenal sebagai amalgam. Emas dan perak adalah logam yang dapat terlarut dengan merkuri, sehingga merkuri dipakai untuk mengikat emas dalam proses pengolahan bijih sulfida mengandung emas (proses

amalgamasi). Amalgam merkuri-emas dipanaskan sehingga merkuri menguap meninggalkan logam emas dan campurannya (Setiabudi, 2005).

Dampak merkuri terhadap lingkungan yang kemudian merugikan manusia dimulai pada proses amalgamasi emas yang dilakukan oleh rakyat secara tradisional, merkuri dapat terlepas ke lingkungan pada tahap pencucian dan penggarangan. Di dalam air, merkuri dapat mengalami biotransformasi menjadi senyawa organik metil merkuri atau fenil merkuri akibat proses dekomposisi oleh bakteri. Selanjutnya senyawa organik tersebut akan terserap oleh jasad renik yang selanjutnya akan masuk dalam rantai makanan dan akhirnya akan terjadi akumulasi dan biomagnifikasi dalam tubuh hewan air seperti ikan dan kerang, yang akhirnya dapat masuk ke dalam tubuh manusia yang mengkonsumsinya (Widhiyatna, 2005). Dampak terhadap kesehatan apabila keracunan merkuri (Hg) ditandai dengan sakit kepala, sukar menelan, penglihatan menjadi kabur, daya dengar menurun (Subanri, 2008). Selain itu, orang yang keracunan merkuri merasa tebal di bagian kaki dan tangannya, mulut terasa tersumbat oleh logam, gusi membengkak dan disertai pula dengan diare (Subanri, 2008). Menurut Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001, kadar maksimum merkuri untuk keperluan air baku air minum kurang dari 0,001 mg/l dan untuk kegiatan perikanan yang diperbolehkan kurang dari 0,002 mg/l. Nilai Ambang Batas yaitu suatu keadaan untuk larutan kimia, dalam hal ini merkuri dianggap belum membahayakan bagi kesehatan manusia. Bila dalam air atau makanan, kadar merkuri sudah melampaui NAB, maka air maupun makanan yang diperoleh dari tempat tertentu harus dinyatakan berbahaya.

Salah satu alternatif yang bisa digunakan untuk mengurangi pencemaran merkuri (Hg) adalah metode fitoremediasi (Mardekawati dkk, 2012). Fitoremediasi merupakan satu-satunya metode pengolahan limbah yang menggunakan tanaman sebagai indikator, mudah untuk dilakukan atau diaplikasikan, tidak memakan biaya banyak dan tanaman yang digunakan juga banyak terdapat di alam (Melethia dkk, 1996). Salah satu tanaman yang mampu mengurangi kadar dampak logam berat pada air yang diakibatkan oleh penambangan emas ini adalah purun tikus (*Eleocharis dulcis*) yang merupakan tumbuhan liar yang banyak terdapat di lahan rawa pasang surut sulfat asam seperti yang terdapat di desa Nyempen, Kecamatan Monterado, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, biofilter, dan penyerap unsur beracun seperti logam berat timbal (Pb), besi (Fe) dan sulfat (SO₄) (Asikin dan Thamrin, 2012). Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan gulma yang tumbuh dan berkembang di lahan rawa pasang surut yang berlumpur. Tanaman ini termasuk dalam famili Cyperaceae atau golongan teki. Batangnya bulat silindris atau persegi tumpul dan berdiameter 2-3 mm, tinggi dapat mencapai 150 cm, tidak bercabang, dan berwarna hijau sehingga fotosintesa dilakukan melalui batang. Daun direduksi menjadi pelepah yang berbentuk buluh yang menyelubungi pangkal batang, kadang – kadang dengan helaian daun yang rudimeter. Bunga terletak pada bagian ujung batang. *Eleocharis dulcis* berakar rimpang berdiri vertikal atau miring, rapat dengan batang, dengan tunas merayap yang panjang dan pada saat rimpang berumur 6-8 minggu akan membentuk anakan (Van Steenis, 1988). Pembentukan bunga terjadi setelah anakan muncul di atas permukaan air yang tingginya kurang lebih 15 cm. Setelah berbunga

tumbuhan ini akan membentuk rimpang baru pada bagian ujung stolon yang panjangnya kurang lebih 12,5 cm. Setelah berumur 7-8 bulan rimpang tidak produktif lagi sehingga batang mulai mengering dan perlahan-lahan akan mati (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Kedudukan taksonomi tanaman purun tikus adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Purun Tikus (*E. dulcis*)

Keterangan : tinggi tumbuhan bisa mencapai 150 cm, daun dan batang berwarna hijau, batang berbentuk silindris diameter 2-3 mm, berakar rimpang berwarna putih kecokelatan, tempat hidup di rawa pasang surut sulfat asam,

(Sumber : FloraBase, 2013).

Kelas : Monocotyledonese,

Bangsa : Cyperales

Suku : Cyperaceae

Marga : *Eleocharis*

Spesies : *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Trinius ex. Henschell.

Purun tikus memiliki beberapa kemampuan sehingga dapat digunakan sebagai salah satu tanaman hiperakumulator dengan kegunaan untuk perbaikan kualitas air (Indrayati, 2011). Hasil penelitian tersebut menunjukkan purun tikus dapat digunakan sebagai biofilter untuk meningkatkan kualitas air. Purun tikus dapat dimanfaatkan sebagai biofilter untuk memperbaiki kualitas air pada musim kemarau dengan menyerap senyawa toksik terlarut seperti Fe dan SO_4 dalam saluran air masuk (irigasi) dan saluran air keluar (drainase) (Indrayati 2011). Manfaat lain dari purun tikus yaitu dapat dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan tangan berupa tas, tikar dan masih banyak lagi serta dapat menjaga tanaman para petani dari serangan hama serangga (Sunardi dan Istikowati, 2012). Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian pencemar yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput - rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi pencemar ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney dkk, 1998). Metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metoda ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya secara finansial relatif murah bila dibandingkan dengan metoda konvensional sehingga biaya dapat dihemat sebesar 75-85% (Schnoor dan Cutcheon, 2005).

METODE PENELITIAN

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada pertengahan bulan Agustus – Desember 2013. Lokasi pengambilan sampel air limbah dan tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) di desa Nyempen, Kecamatan Monterado,

Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Pengujian sampel hasil penelitian diuji di Laboratorium Penguji Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAN) Pontianak, Kalimantan Barat.

2. Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ember, jirigen, baskom (15 cm x 50 cm), kertas pH, thermometer, *Test Kit Hanna Instrument Winkler* untuk mengukur CO dan DO, alat AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*) model AA-64015 merk Shimadzu, botol sampel, enlrmeyer, gelas beker, pipet tetes, dan rak untuk penyimpanan.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) sebanyak 1, 2 dan 3 kg untuk masing – masing perlakuan yang diperoleh di air rawa dekat persawahan dan air limbah bekas tambang emas sebanyak 90 liter yang diperoleh di sekitar Desa Nyempen, Kecamatan Monterado, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat, indikator PP, NaOH 0,02N, MnSO, KOH-KI, H₂SO₄ pekat, Na₂S₂O₃, amilum, thiosulfat dan aquades untuk aklimasi tanaman purun tikus sebelum digunakan.

3. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan satu kontrol dan tiga kali ulangan dengan variasi pada jumlah tanaman yang digunakan yaitu dengan biomassa tanaman terdiri dari 1, 2 dan 3 kg yang ditempatkan dalam wadah baskom (15 cm x 50 cm) pada masing – masing perlakuan. Kemudian dilakukan uji parameter yang diamati yaitu penurunan kadar merkuri (Hg) pada air limbah pada hari ke – 0, 15, dan 26. Rancangan percobaan dengan variasi jumlah tanaman.

4. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi pengambilan tanaman Purun Tikus diambil dari rawa di sekitar Desa Nyempen, tanaman dipilih dan ditimbang sesuai dengan ukuran ± 15 cm yang diperlukan yaitu sebanyak 1, 2, dan 3 kg untuk setiap perlakuan. Kemudian purun tikus (*Eleocharis dulcis*) diaklimasi di bak aklimasi selama 1 minggu sebelum digunakan dalam penelitian. Tujuannya agar kandungan atau senyawa lain yang ada pada tanaman berkurang atau hilang, sehingga tidak memengaruhi hasil akhir.

Pengambilan sampel air dilakukan menurut SNI No. 06-2412-1991, tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air. Sampel diambil dari air tailing penambangan emas yang sudah ditentukan sebelumnya, setelah itu alat pengambilan sampel berupa ember dan penyimpanan sampel berupa jirigen disiapkan. Kemudian pengambilan sampel dilakukan dengan memasukkan ember ke dalam air tailing sumber sampel dan dipindahkan ke dalam jirigen penyimpanan sampai 10 L. Untuk masing – masing perlakuan sampel air diambil sebanyak 10 L (Tommy dan Palapa, 2009).

Dalam penelitian ini digunakan metode fitoremediasi statis (air yang di fitoremediasi dalam keadaan diam atau tidak mengalir) (Permatasari, 2009). Sampel dimasukkan ke dalam baskom berbahan plastik dengan ukuran tinggi baskom 15 cm x diameter baskom 50 cm yang sudah diukur kadar merkuri (Hg) awal sebelum perlakuan, kemudian dimasukkan tanaman purun tikus yang sudah diaklimasi dan sesuai dengan jumlah biomassa masing – masing perlakuan, dengan lama waktu yang diamati yaitu pada hari ke-0, 15 dan

26 (Tommy dan Palapa, 2009), dan sampel diambil kemudian diukur konsentrasi merkuri (Hg) total dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dengan panjang gelombang 253,6 nm (SNI, 1991), untuk mengetahui kadar penurunan merkuri (Hg). Selama perlakuan fitoremediasi, dilakukan pengukuran pH, CO, DO, dan suhu, serta pengamatan parameter perubahan pertumbuhan tanaman, perubahan warna pada daun dan akar (Chaney dkk, 1998).

1. Pengambilan Tanaman Purun Tikus (Tommy dan Palapa, 2009)

Pengambilan tanaman Purun Tikus diambil dari rawa di sekitar Desa Nyempen, tanaman dipilih dan ditimbang sesuai dengan ukuran ± 15 cm yang diperlukan yaitu sebanyak 1, 2, dan 3 kg untuk setiap perlakuan.

2. Aklimasi Tanaman Purun Tikus (Permatasari, 2009)

Tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) diaklimasi di bak aklimasi selama 1 minggu sebelum digunakan dalam penelitian. Tujuannya agar kandungan atau senyawa lain yang ada pada tanaman berkurang atau hilang, sehingga tidak memengaruhi hasil akhir

3. Pengambilan Sampel Air Bekas Penambangan Emas

Pengambilan sampel air dilakukan menurut SNI No. 06-2412-1991, tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air. Sampel diambil dari air *tailing* penambangan emas yang sudah ditentukan sebelumnya, setelah itu alat pengambilan sampel berupa ember dan penyimpanan sampel berupa jirigen disiapkan. Kemudian pengambilan sampel dilakukan dengan memasukkan ember ke dalam air *tailing* sumber sampel dan dipindahkan ke dalam jirigen penyimpanan sampai 10 L. Untuk masing – masing perlakuan sampel air diambil sebanyak 10 L (Tommy dan Palapa, 2009).

4. Perlakuan Fitoremediasi Pada Sampel

Dalam penelitian ini digunakan metode fitoremediasi statis (air yang di fitoremediasi dalam keadaan diam atau tidak mengalir) (Permatasari, 2009). Sampel dimasukkan ke dalam baskom berbahan plastik dengan ukuran tinggi baskom 15 cm x diameter baskom 50 cm yang sudah diukur kadar merkuri (Hg) awal sebelum perlakuan, kemudian dimasukkan tanaman purun tikus yang sudah diaklimasi dan sesuai dengan jumlah biomassa masing – masing perlakuan, dengan lama waktu yang diamati yaitu pada hari ke-0, 15 dan 26 (Tommy dan Palapa, 2009), dan sampel diambil kemudian diukur konsentrasi merkuri (Hg) total dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dengan panjang gelombang 253,6 nm (SNI, 1991), untuk mengetahui kadar penurunan merkuri (Hg). Selama perlakuan fitoremediasi, dilakukan pengukuran pH, CO, DO, dan suhu, serta pengamatan parameter perubahan pertumbuhan tanaman, perubahan warna pada daun dan akar (Chaney dkk, 1998b).

5. Pengukuran CO₂, DO, pH, dan Suhu (Alearts dan Sumestri (1984), dalam Sikun, 2009)

a. Pengukuran CO₂

Sampel air yang diberi perlakuan fitoremediasi diambil sebanyak 30cc dan di masukkan kedalam erlenmeyer, kemudian indikator PP diambil sebanyak 3 tetes dan ditambahkan kedalam erlenmeyer. Jika berwarna merah bata maka tidak ada kandungan CO₂ bebas tetapi jika sampel air tidak mengalami perubahan

warna maka dilanjutkan dengan titrasi. Sampel air dititrasi dengan NaOH 0,02N sampai berwarna merah muda.

Rumus perhitungan $\text{CO}_2 = \text{Volume titran} \times 0,5 \text{ ppm}$ (mikroburet skala 100)

b. Pengukuran DO

Sampel air yang diberi perlakuan fitoremediasi diambil sebanyak 40 cc, kemudian ditambahkan dengan larutan MnSO_4 diambil 8 tetes dan ditambahkan ke dalam erlenmeyer dan digoyang-goyang. Larutan KOH-KI diambil 8 tetes dan ditambahkan ke dalam erlenmeyer sampai terbentuk endapan cokelat. Larutan H_2SO_4 pekat diambil 0,5 cc dan ditambahkan ke dalam dinding erlenmeyer secara perlahan-lahan lalu digoyang sampai endapan cokelat hilang dan warna berubah jadi kuning. Air sampel ditambahkan ke dalam erlenmeyer sampai volume menjadi 50 cc lalu didiamkan selama 10-15 menit. Larutan tersebut dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sampai warna berubah menjadi kuning jerami. Indikator amilum diambil 8 tetes dan ditambahkan ke dalam larutan tersebut sampai berwarna biru. Titrasi dilanjutkan dengan thiosulfat sampai warna biru benar-benar hilang.

Rumus perhitungan DO = jumlah skala $\times 0,04 \text{ ppm}$ (mikroburet memiliki 100 skala)

c. Pengukuran pH (kertas pH)

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan kertas pH yang dicelupkan kedalam air limbah kemudian dibaca dengan menyesuaikan warna yang menunjukkan asam dan basa serta angka asam, basa sampai netral pada petunjuk penggunaan kertas.

d. Pengukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Pengukuran suhu air dilakukan dengan memasukkan termometer kedalam air kemudian dibaca angka yang ditunjukkan pada skala termometer dan hasil pemeriksaan dicatat.

6. Pengamatan Kondisi Purun Tikus dan Air Limbah

Tanaman yang digunakan dan diberi perlakuan fitoremediasi diamati perubahan kondisinya dengan cara melihat perubahan karakteristik dari tanaman mulai dari tanaman masih dalam keadaan segar atau tidak (sama dengan hari ke - 0), warna batang hijau dan segar serta akar dalam kondisi segar dan utuh. Air limbah yang digunakan juga dilihat perubahan kondisinya mulai dari perubahan warna dan pengurnagan jumlah airnya dalam wadah, kemudian di catat perubahannya.

7. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)

Cara untuk menentukan konsentrasi larutan sampel adalah dengan membandingkan absorbansi (A) larutan sampel dengan absorbansi larutan standar yang diketahui konsentrasinya. Selanjutnya dibuat kurva kalibrasi yaitu grafik hubungan antara absorbansi (A) terhadap konsentrasi larutan standar yang berupa garis lurus. Larutan sampel diukur absorbansinya, kemudian diplot pada kurva kalibrasi tersebut. Dengan demikian konsentrasi sampel dapat diketahui (Rohcman, 2001).

Perhitungan indeks bioremediasi (IBR) dilakukan berdasarkan data hasil perlakuan. Dari data yang terkumpul dilakukan perhitungan tingkat penurunan konsentrasi merkuri selama kegiatan berlangsung.

Selanjutnya untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi merkuri (%) dapat diperoleh dengan perhitungan indeks bioremediasi (IBR) (Tommy dan Palapa, 2009):

$$IBR = \frac{(\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir})}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan Air Limbah Tambang Emas

Tanaman purun tikus yang digunakan diambil di daerah rawa dekat persawahan yang dekat dengan lokasi penelitian mencapai jarak kurang lebih 500 meter. Dalam proses pengambilan tanaman purun tikus dipilih tanaman yang tingginya mencapai kurang lebih 15 cm yang diukur dengan melihat tinggi tanaman karena tanaman sudah memiliki akar yang kuat dan sudah dewasa, dengan kondisi tanaman masih hijau dan memiliki akar yang utuh. Pemilihan dilakukan dengan karakteristik tanaman yang baik agar daya serap tanaman lebih optimal untuk menyerap logam berat merkuri (Hg).

Pemilihan tempat *tailing*, dikarenakan kandungan merkuri yang ada pada air limbah bisa lebih tinggi karena proses pemisahan dilakukan langsung di dalam *tailing*. Penambangan emas tanpa izin di daerah Kalimantan Barat terutama Kabupaten Bengkayang sudah terjadi selama ± 20 tahun dan berpindah – pindah yang apabila lokasi pertama sudah tidak menghasilkan emas yang diinginkan maka lokasi tersebut akan ditinggalkan begitu saja menyisakan danau – danau bekas pertambangan.

B. Penurunan Kadar Merkuri (Hg) pada Air Limbah Tambang Emas

Hasil analisis untuk melihat penurunan kadar merkuri setelah dilakukan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman purun tikus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan merkuri (Hg) mg/l yang diatani Purun Tikus

Hari	Berat Tanaman (Kg)		
	1	2	3
0	0,128 ^a	0,128 ^a	0,128 ^a
15	0,143 ^a	0,027 ^b	0,012 ^b
26	0,017 ^b	0,041 ^b	0,022 ^b

Keterangan: huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada taraf uji $\alpha = 0,05$.

Dilihat dari tabel diatas menunjukkan tidak ada beda nyata antara hari ke – 0 dengan hari ke – 15 dan ke – 26. Penurunan kandungan merkuri pada air bisa terjadi karena terserapnya merkuri oleh purun tikus setelah diberi perlakuan fitoremediasi dengan waktu selama 15 sampai 26 hari, merupakan waktu yang cukup untuk tanaman mampu mengakumulasi logam berat dalam jumlah yang banyak dengan jumlah tanaman yang banyak pula, seperti yang dilakukan oleh Tommy dan Palapa (2009), bahwa tanaman air

seperti kangkung air (*I. aquatica*), teratai (*N. nelumbo*) dan eceng gondok (*E. crassipes*) yang digunakan untuk fitoremediasi memberikan pengaruh yang nyata ($p < \alpha 0,05$) terhadap penurunan Hg pada air limbah tambang emas rakyat pada hari ke – 30.

Hasil limbah yang diperoleh dilakukan pengujian untuk mengetahui efektivitas tanaman dalam menyerap merkuri (Hg). Hasil pengujian efektivitas diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

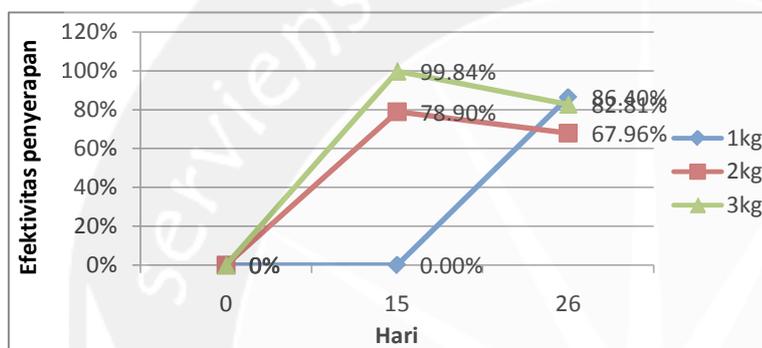
Tabel 2. Efektivitas Purun Tikus menurunkan kadar Merkuri (Hg)

Hari	Berat Tanaman (Kg)		
	1	2	3
0	0%	0%	0%
15	0%	78,90%	99,84%
26	86,40%	67,96%	82,81%

Nilai rata – rata tertinggi untuk melihat kemampuan purun tikus dalam menyerap logam berat merkuri (Hg) dipengaruhi oleh banyaknya jumlah tanaman yang digunakan yaitu berat tanaman sebanyak 3 kg pada hari ke – 15 efektif menyerap hampir mencapai 100% yaitu sebesar 99,84%, dengan kata lain purun tikus mampu dan efektif menurunkan kadar merkuri (Hg) > 50 %. Hasil ini menunjukkan bahwa purun tikus memiliki kemampuan menyerap logam berat merkuri yang tinggi dengan jumlah biomassa yang tinggi dalam waktu yang singkat, karena tanaman purun tikus memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap merkuri karena seperti yang dikatakan Asikin dan Thamrin (2012) bahwa habitat purun tikus adalah daerah pasang surut sulfat asam dan purun tikus yang digunakan hidup di tempat yang sudah tercemar Hg seperti di desa Nyempen, Kecamatan Monterado, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat sehingga memiliki potensi dalam mengakumulasi logam berat Hg dan karena purun tikus merupakan spesies ruderal yaitu tanaman yang mampu berkembang dalam lingkungan tercemar serta mempunyai siklus hidup yang relatif cepat dan dapat mengakumulasi pencemar dalam jumlah yang besar (Arisusanti dan Purwani, 2013). Menurut Rabie (2005), apabila nilai IT (Indeks Toleransi) > 50% maka ini mengindikasikan bahwa tanaman tersebut mempunyai tingkat toleransi yang tinggi dan tumbuhan mampu mengakumulasi logam berat lebih besar terkait dengan waktu kontak dan waktu tinggal dengan lingkungan yang sangat berpengaruh nyata terhadap akumulasi logam berat (Budiono, 2002).

Pada hari ke – 15 dengan berat 1 kg rerata penurunan kadar merkuri sebesar 0%, hasil ini menunjukkan bahwa waktu dan berat tanaman yang digunakan tidak efektif untuk menurunkan kadar merkuri (Hg) karena hasilnya <50%. Menurut Rugh dkk. (2000), merkuri dapat diserap oleh tumbuhan dan kemudian menguap melalui daun dalam bentuk Hg^0 dan hasil serapan yang diperoleh berupa unsur merkuri untuk kemudian ditranslokasikan ke bagian organ lain, dalam hal ini adalah daun. Pada kondisi tercemar, secara umum logam berat yang diangkut terbatas hanya sampai pada akar tanaman. Menurut Liao dkk. (2000) dalam Reichman (2002), hal ini dapat terjadi karena beberapa mekanisme yang mencegah pemuatan

logam ke dalam silem secara berlebih, yaitu mekanisme dari pengikat logam spesifik di dalam akar untuk melindungi tanaman dari konsentrasi logam yang tinggi. Kemungkinan lainnya hal ini dikarenakan waktu yang digunakan singkat yaitu 15 hari untuk berat tanaman sebanyak 1 kg sehingga akumulasi logam berat yang terserap tidak efektif karena seperti yang di katakan Budiono (2002) sebelumnya bahwa waktu tinggal suatu tanaman pada lingkungannya dapat memengaruhi akumulasi logam berat. Pada hari ke – 26 rerata penurunan kadar merkuri menurun seperti pada Tabel 2, angka tersebut lebih kecil dibandingkan dengan rerata pada hari ke – 15 dengan berat tanaman 3 kg, terlihat juga pada Gambar 2. Penurunan akumulasi logam berat ini bisa dikarenakan pada perlakuan fitoremediasi yang dilakukan tanaman sekitar 80% mati, sehingga kemampuan untuk akumulasi logam beratnya tidak efektif seperti pada hari ke-15 dengan banyak tanaman 3kg.



Gambar 2. Efektivitas Purun Tikus menurunkan kadar Merkuri (Hg)

Keterangan: Hari ke – 0 0% (1,2 dan 3 kg), hari ke -15 0% (1kg), 78,90%(2kg),99,84%(3kg),hari ke-26 86,40%(1kg), 67,96% (2kg), 82,81% (3kg)

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan yaitu: Pertama, penyerapan oleh akar lewat pembentukan suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor yang akan mengikat logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif. Kedua, translokasi logam dari akar ke bagian lain tumbuhan melalui jaringan pengangkut yaitu silem dan floem. Ketiga, keberadaan logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Syahputra, 2005). Menurut Arisandi (2001), tanaman mampu untuk menyerap ion-ion dari lingkungannya melalui dua sifat penyerapan ion, yaitu faktor konsentrasi (kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu) dan perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda pada tiap jenis tumbuhan. Purun tikus yang digunakan dalam penelitian ini memiliki mekanisme penyerapan melalui akar. Menurut Alfian (2001), purun tikus mengakumulasi logam berat melalui akar. Agustina (2004) menyampaikan penyerapan terjadi secara aktif yaitu ion masuk melalui epidermis dan selanjutnya ditransportasikan ke sitoplasma atau sel-sel jaringan akar melewati epidermis masuk ke protoplasma antar sel-sel jaringan akar, yaitu kortek, endodermis, perisikel, dan silem.

Pengamatan secara langsung terhadap tanaman selama perlakuan terlihat adanya faktor lain seperti perubahan kondisi tanaman, penambahan jumlah biomassa tanaman, kondisi air limbah yang digunakan, pH air limbah, kebutuhan terhadap oksigen yaitu DO (Gambar 4) yang berpengaruh terhadap penurunan kadar merkuri pada air limbah, kebutuhan terhadap CO₂ (Gambar 5), dan suhu yang dibutuhkan tanaman untuk tetap bertahan hidup di lingkungannya dan dimungkinkan bisa terjadi karena terhambatnya penyerapan

nutrisi karena adanya akumulasi logam berat seperti merkuri pada tanaman. Perubahan karakteristik tanaman purun tikus dalam penelitian ini yang digunakan untuk menurunkan kadar merkuri mengalami perubahan baik sebelum perlakuan, selama perlakuan, dan setelah perlakuan terlihat secara nyata, perubahan ini kemungkinan dikarenakan kurangnya nutrisi yang ada selama tanaman dalam perlakuan misalnya seperti Nitrogen (N). Kekurangan unsur N menyebabkan daun tidak tampak hijau segar, melainkan agak kekuning-kuningan (Rahman, 2014). Menurut Setyorini dkk. (2009), Nitrogen mampu mendorong pertumbuhan tanaman yang cepat dan memperbaiki tingkat hasil dan kualitas tanaman melalui peningkatan jumlah anakan dan sintesis protein. Sebagian besar N tanah berasal dari udara bebas dan sebagian kecil berasal dari bahan organik, dan yang digunakan dalam penelitian ini berupa air limbah tanpa adanya tanah yang sangat kurang mengandung nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

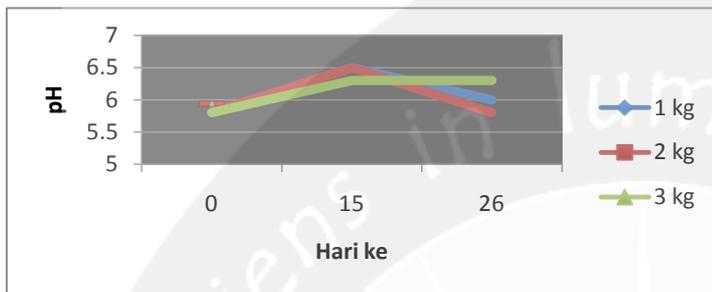
Menurut Syarief (1986), ketersediaan nitrogen dalam jumlah optimal akan meningkatkan pertumbuhan vegetatif suatu tanaman. Sedangkan unsur N yang tidak mencukupi pertumbuhan tanaman menyebabkan pembentukan klorofil terhambat dan proses fotosintesis juga akan terhambat sehingga mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Sebelum perlakuan tanaman masih dalam kondisi baik, baik itu akar, daun atau batang masih dalam kondisi hijau. Selama perlakuan tanaman mulai mengalami perubahan seperti yang sudah di bahas sebelumnya yaitu warna daun atau batangnya berwarna hijau kekuningan, tumbuh tunas purun tikus yang baru, dan tumbuhan agak kering serta ada juga tanaman yang mati. Gejala umum yang sering muncul diakibatkan oleh adanya Hg pada tanaman adalah daun mengalami perubahan warna menjadi menguning pada kadar Hg 20 mg/l (Azad dan Kafilzadeh, 2012).

Wang dan Greger (2004) serta Israr dkk. (2006), menyatakan kadar merkuri dapat juga meningkat akumulasinya pada tanaman tingkat tinggi. Pada level tertinggi Hg dapat menjadi sangat fitotoksik pada sel – sel tanaman dan bisa mengakibatkan kerusakan secara fisiologis (Zhou dkk, 2007). Hg bisa berikatan dengan air yang berhubungan dengan protein – protein pada tanaman, hal ini dapat mengganggu proses penutupan stomata pada daun dan bisa menghalangi air mengalir ke bagian tanaman lain (Zhang dan Tyerman, 1999). Banyak spesies tanaman menunjukkan pengurangan biomassa saat terkena merkuri (Va'zquez dkk, 2005). Hg yang diserap mampu menurunkan kadar nutrisi pada tanaman (Gothberg dkk, 2004), Hg juga mampu mengurangi kadar klorofil yang ada pada daun (Mascher dkk, 2002) dan mampu mengganggu proses fotosintesis yang terjadi (Chao dan Park, 2000). Azad dan Kafilzadeh (2012), mengungkapkan merkuri yang terserap oleh tanaman memberi efek pada tunas dan akar tanaman akan mengering, kandungan klorofil pada daun berkurang, kandungan protein juga akan menurun, serta konsentrasi Ca dan K yang ada pada jaringan tanaman akan berkurang. Hal ini menunjukkan dimana semakin tinggi konsentrasi Hg yang terserap oleh tanaman maka akan semakin menurun juga konsentrasi Ca dan K serta klorofil pada tanaman.

Pengamatan yang dilakukan secara langsung untuk melihat kondisi air limbah yang digunakan, air mengalami perubahan dari kondisi awalnya yaitu air limbah berubah warna dan semakin berkurang jumlahnya. Air limbah yang sebelum perlakuan berwarna kuning keruh, selama perlakuan kekeruhan

berkurang dan berubah warna menjadi jernih. Hal ini dikarenakan adanya penyerapan dan akumulasi logam berat serta kotoran yang dilakukan oleh tanaman sehingga kondisi air dapat berubah, seperti yang dikatakan Indrayati (2011), bahwa purun tikus dapat dimanfaatkan sebagai biofilter untuk perbaikan kualitas air karena purun tikus mampu menyerap senyawa toksik terlarut seperti SO_4 dan Fe.

Selama perlakuan dilakukan pengamatan terhadap kondisi derajat keasaman air (pH) seperti terlihat pada Gambar 3.

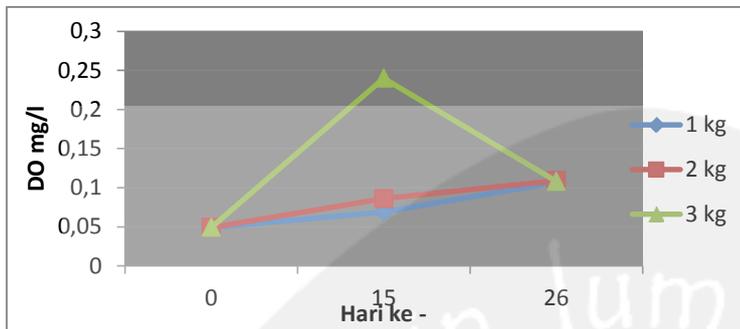


Gambar 3. Hasil Pengukuran pH Air Limbah selama Perlakuan hari ke-0, hari ke-15 dan hari ke-26
Keterangan: Nilai pH hari ke-0 5,8 untuk 1,2 dan 3 kg, hari ke -15 6,5 (1 dan 2 kg), 6,3 (3 kg), hari ke -26 6 (1 kg), 5,8 (2 kg) dan 6,3 (3 kg)

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat pada hari ke - 0 kondisi pH masih dalam keadaan di bawah netral yaitu 5,8 untuk masing - masing perlakuan. pH naik mendekati netral (7) pada hari ke - 15 dan turun kembali pada hari ke - 26. Dikarenakan purun tikus mampu menurunkan kadar pH yang besarnya penurunan pH dan hambatan terhadap proses nitrifikasi menunjukkan adanya korelasi positif dengan pertumbuhan purun tikus (Mulyani, 2005) dan habitat asalnya yang mampu tumbuh dengan baik pada tanah masam (Flach dan Rumawas 1996). Hasil tersebut menunjukkan bahwa derajat keasaman pada air limbah tidak terlalu tinggi sehingga berpengaruh terhadap adanya merkuri yang terkandung dalam air limbah karena menurut Palar (1994), pH air rendah akan menyebabkan merkuri yang ada dalam perairan menjadi stabil, sedangkan apabila pH air tinggi dapat menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH dapat mengubah kestabilan merkuri dari bentuk yang mudah diserap oleh tanaman menjadi sulit untuk diserap oleh tanaman dengan membentuk ikatan dengan partikel pada air yang akan mengendap.

Selama perlakuan fitoremediasi juga dilakukan pengukuran terhadap suhu yang ada pada air, hasil pengukuran suhu selama perlakuan berlangsung berkisar antara 26°C sampai 27°C . Faktor utama yang mampu memengaruhi penurunan suhu pada air adalah intensitas cahaya yang diterima oleh air dan senyawa logam yang ada di dalam air (Sikun, 2009). Suhu air selama perlakuan tidak terlalu menyebabkan perubahan terhadap kadar merkuri selama perlakuan, karena intensitas cahaya yang mengenai air selama perlakuan tidak terlalu besar, hal ini juga dibuktikan dari air limbah kontrol tanpa tanaman tidak menunjukkan perubahan kadar merkuri (Hg) dari hari ke - 0 sampai hari ke - 26 dengan suhu yang ada. Menurut Stwertka (1998) Hg akan mendidih dan menguap pada suhu 357°C , dengan kata lain suhu yang ada dalam penelitian ini merupakan suhu yang normal untuk Hg, yakni Hg masih dalam kondisi cair. Menurut Darmono (1995), kelarutan logam merkuri dalam perairan dipengaruhi oleh suhu lingkungan, apabila suhu tinggi 357°C maka logam merkuri akan menguap ke udara sesuai dengan sifatnya yang mudah menguap, sehingga kadarnya dalam perairan akan menurun.

Rerata dari hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO) pada perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

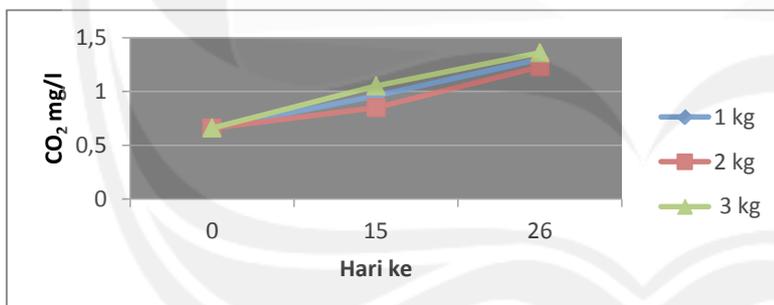


Gambar 4. Hasil Pengukuran Kandungan Oksigen Terlarut (DO) dalam Air Limbah

Keterangan: Kandungan DO hari ke – 0 0,05 untuk 1,2 dan 3 kg, hari ke-15 0,069 (1 kg), 0,086 (2 kg) dan 0,24 (3 kg), hari ke 26 0,107 (1 kg), 0,109 (2kg) dan 0,108 (3 kg)

Dari hasil ini menunjukkan bahwa selama dalam perlakuan tanaman membutuhkan oksigen terlarut dan menghasilkan oksigen untuk proses metabolismenya walaupun dalam jumlah yang sedikit = 0,05 mg/l. Menurut Efendi (2003), pada perairan alam ikan dan organisme akuatik lainnya termasuk tumbuhan membutuhkan oksigen terlarut kurang dari 10 mg/l untuk melakukan proses metabolismenya. Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (*toksik*). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Swingle, 1968).

Rerata dari hasil pengukuran kandungan CO₂ pada perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil Pengukuran Kandungan CO₂ dalam Air Limbah

Keterangan: Kandungan CO₂ hari ke – 0 0,66 untuk 1,2 dan 3 kg, hari ke-15 0,96 (1 kg), 0,85 (2 kg) dan 1,05 (3 kg), hari ke – 26 1,3 (1 kg), 1,23 (2 kg) dan 1,36 (3kg)

Dari hasil ini menunjukkan bahwa tanaman selain membutuhkan oksigen terlarut (DO), tanaman juga membutuhkan adanya CO₂ yang diperlukan untuk proses fotosintesis selama perlakuan terjadi, terjadi peningkatan kebutuhan CO₂ dari hari ke – 0 sampai hari ke – 26. Menurut Anonim (2007) dalam Sikun (2009), tumbuhan air memerlukan CO₂, untuk berfotosintesis dalam rangka membentuk karbohidrat sebagai bagian dari tubuhnya. CO₂ berasal dari proses dekomposisi bahan organik oleh bakteri heterofik dalam air yang menghasilkan CO₂.

SIMPULAN DAN SARAN

1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa tanaman air purun tikus (*Eleocharis dulcis*) mampu menurunkan kadar merkuri (Hg) pada air limbah tambang emas dan purun tikus juga (*Eleocharis dulcis*) memiliki efektivitas dalam menurunkan logam berat merkuri (Hg) lebih dari

50% yaitu sebesar 99,84% hampir mencapai 100% pada perlakuan hari ke – 15 dengan tanaman sebanyak 3 kg.

2. Saran

Saran yang dapat disampaikan antara lain: 1). diharapkan ada penelitian lanjutan yang lebih spesifik untuk melihat seberapa lama tanaman air purun tikus mampu mengakumulasi dan tahan terhadap logam berat yang diserap; 2). diharapkan dilakukan juga pengamatan terhadap perubahan fisiologi dan morfologi yang lebih spesifik dan detail, serta melihat akumulasi logam berat (Hg) pada organ tanaman.

Daftar Pustaka

- Agustina, L. 2004. *Dasar Nutrisi Tanaman*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Alfian, Z. 2001. Merkuri, antara manfaat dan efek penggunaannya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. <http://www.perpustakaan.menlh.go.id>. [19 April 2013].
- Anonim, 2007. Pertambangan Tanpa Izin (PETI). Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat.
- Arisandi, P. 2001. Mangrove Jenis Apiapi (*Avicennia marina*) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir, Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. *Makalah*. http://tech.group.yahoo.com/burung_pemangsa_Indonesia. [diakses 18 Maret 2014].
- Arisusanti J.R. dan Purwani I.K., 2013. Pengaruh Mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman *Dahlia pinnata*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Edisi *Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, No.2, (2013) 2337-3520*).
- Asikin, S. dan Thamrin, M. 2012. Manfaat Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Pada Ekosistem Sawah Rawa. *Jurnal Litbang Pertanian, 31(1)*.
- Azad, N.H. dan Kafilzadeh, F. 2012. Physiological Responses to Mercury Stress in the Hydroponic Cultures of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Plants. *Journal Of Biodiversity and Environment Sciences (JBES)*. Vol. 2, No. 9, p. 12-20.
- Badan Standarisasi Nasional, 1991. SNI 06-2412-1991. Metode Pengambilan Kualitas Air.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 06-2462-1991. Metode Pengujian Kadar Merkuri dalam Air Atomisasi Dingin Alat Spektrofotometer Serapan atom.
- Badan Litbang Pertanian, 2011. Purun Tikus Berpotensi Perbaiki Kualitas Air Di Rawa Pasang Surut. *Edisi 6-12 April 2011 No.3400 Tahun XLI*.
- Budiono, A. 2002. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. *Makalah Pengantar Falsafah Sains*. Bogor.
- Chaney RL, Brown SL, dan Angle JS. 1998. Improving metal hyperaccumulators wild plants to develop commercial phytoextraction system: approaches and progress. Di dalam: *Proc Symp Phytoremediation, Inc Conf Biochemistry of Trace Elements*. Berkly, CA, 23-26 Jun 1997.
- Chao UH dan Park, JH. 2000. Mercury-induced oxidative stress in Tomato Seedlings. *Plant Science 156(1), 1-9*.
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. halaman 15-135.

- Flach, M. and F. Rumawas. 1996. Plants yielding non-seed carbohydrates. *Plant Resources of South-East Asia (PROSEA)* 9:97-100. <http://www.prosea.org>.
- FloraBase, 2013. *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Henschel. Department of Environment and Conservation, Western Australian Herbarium.
- Gothberg A., Greger M., Holm K. dan Bergtsson BE. 2004. Influence of Nutrient Levels on Uptake and Effect of Mercury, Cadmium, and Lead in Water Spinach. *Journal of Environmental Quality* 33(4), 1247-1255.
- Indrayati, L. 2011. Purun tikus berpotensi perbaiki kualitas air di rawa pasang surut. Dalam: Inovasi Sumber Daya Lahan Dukung Swasembada Pangan. *Sinar Tani No. 3400, Tahun XLI, Edisi 6–12 April 2011*.
- Mardekawati L., Burharudin, dan Dewantara I., 2012. Kemampuan Empat Jenis Tanaman dalam Menyerap Cemar Merkuri di Media Tailing. *Jurnal*.
- Melethia, C. L.A. Jhonson, dan W. Amber. 1996. Ground Water Polution: *In situ Biodegradation*. http://www.cce.vt.edu/program_areas/enviromental_teach/gwprimer/group1/ind/ex/html. [19 April 2013].
- Mulyani, A., 2005. Teknologi Menyulap Lahan Purun tikus Menjadi Lahan Pertanian. *Tabloid Sinar Tani*, Yogyakarta.
- Palar, H., 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001. Tentang Pengendalian Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Perairan.
- Permatasari, A. A., 2009. Fitoremediasi Logam Berat Cd Menggunakan Ki Ambang (*Salvinia Molesta*) Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo. *Skripsi*. Biologi FMIPA – ITS.
- Rabie, H.G. 2005 . Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungus to Red Kidney and Wheat Plants. Tolerance Grow in Heavy Metal Polluted Soil, *Africah Journal Biotechnology vol.4(4)*.
- Rahman T., 2014. Nutrisi dan Energi Tumbuhan. Universitas Pendidikan Indonesia. http://file.upi.edu/Direktori/SPS/PRODI.PENDIDIKAN_IPA/196201151987031-TAUFIK_RAHMANTA/Fotosintesis.pdf. [diakses 20 Maret 2014].
- Reichman SM. 2002 . *The Responses of Plants to Metal Toxicity: A Review Focusing on Copper, Manganese and Zinc*. The Australian Minerals Energy Environment Foundation Published as Orcasional Paper No.14. halaman 16-32.
- Rochman, F. 2001. Service & Maintenance Instrumental Kimia. *Makalah* disajikan dalam Workshop. FMIPA Universitas Airlangga Surabaya.
- Rugh CL, Bizily SP, Meagher. 2000. *Phytoreduction of Enviromental Merkuri Pollution*, (di dalam) Raski, I., dan Ensley, B. D (penyunting), *Phytoreduction of Toxic Metal Using Plants to Clean Up The Enviroment*. New York: Wiley Interscience Publication, Jhon Wiley and Sons.Inc.
- Schnoor, J.L., dan Mc Cutcheon, S. C. 2005. *Phytoremediation Transformation and Control of Contaminants*. Wiley-Interscience Inc, USA.
- Setiabudi, T.B., 2005. Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. *Kolokium Hasil Lapangan – DIM*, Hal. 61 (1-17).

- Setyorini A., Krisdianto, dan Asikin S., 2009. Biomassa Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Tiga Titik Sampling di Desa Puntik Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala. Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan. *BIOSCIENTIAE Volume 6, Nomor 1, 1-10*.
- Sikun Klothilde, 2009. Kandungan Merkuri Pada Air Dan Paku Sayur (*Diplazium esculentum Swartz*) Di Sungai Sepauk, Kalimantan Barat. *Skripsi*.
- Sjahrin, S. 2003. *Kerusakan Lingkungan Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI)*. BAPEDALDA Propinsi Kalimantan Tengah.
- Stwertka, A., 1998. *Guide To The Elements*. Oxford University Press. New York. 240 hal.
- Subanri, 2008. Kajian Beban Pencemaran Merkuri (Hg) Terhadap Air Sungai Menyuke dan Gangguan Kesehatan pada Penambang Sebagai Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti) di Kecamatan Menyuke Kabupaten Landak, Kalimantan Barat. *Proposal Tesis*.
- Sunardi dan Istikowati, T.W., 2012. Analisis Kandungan Kimia Dan Sifat Serat Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Asal Kalimantan Selatan. *Bioscientiae. Vol-9, No-2, Hal 15-25*.
- Swingle, H.S. 1968. Standardization of Chemical Analysis for Water and Pond Muds. F.A.O. Fish, Rep. 44(4)379 – 406.
- Syahputra R, 2005. Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Enceng Gondok. *Jurnal LOGIKA Vol 2, No 2 Juli 2005. Hal 57 – 67. ISSN : 1410 – 2315 Vol 2*. Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Syarief, S. 1986. *Ilmu Tanah Pertanian*. Pustaka Buana, Bandung.
- Tommy, M. dan Palapa. 2009. Bioremediasi Merkuri (Hg) Dengan Tumbuhan Air Sebagai Salah Satu Alternatif Penanggulangan Limbah Tambang Emas Rakyat. *Agritek, Vol. 17., No.5*.
- Van Steenis, C.G.G.J. 1988. *Flora*. Pradnya Paramita. Jakarta. 128-130.
- Va'zquez, S. Esteban, E. dan Goldsbrough, P. 2005. Arsenate-induced Phytochelatins in White Lupin: Influence of Phosphate Status. *Physiologia Planarum 124 (1), 41-49*.
- Wang Y. dan Greger M. 2004. Clonal Differences in Mercury Tolerance, Accumulation and Distribution in Willow. *Journal of Environmental Quality 33(5), 1779-1785*.
- Widhiyatna, D.2005. Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat. *Kolokium Hasil Lapangan-DIM, 2005*.
- Zhang WH. Dan Tyerman SD. 1999. Inhibition of Water Channels by HgCl₂ in Intact Wheat Root Cells. *Plant Physiology 120(3), 849-857*.
- Zhou ZS, Huang SQ, Guo K, Mehta SK, Zhang PC, dan Yang ZM. 2007. Metabolic Adaptations to Mercury-induced Oxidative Stress in Roots of *Medicago sativa* L. *Journal of Inorganic Biochemistry 101(1), 1-9*.

