

**PENGOLAHAN PASIF AIR ASAM TAMBANG DENGAN
METODE FITOREMEDIASI LAHAN BASAH
MEMANFAATKAN TANAMAN AIR LOKAL**

DISERTASI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Doktor**



Oleh:

HERNIWANTI

NIM: 117150103111002

**PROGRAM DOKTOR
KAJIAN LINGKUNGAN DAN PEMBANGUNAN**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014**

DISERTASI

PENGOLAHAN PASIF AIR ASAM TAMBANG DENGAN METODE FITOREMEDIASI LAHAN BASAH BUATAN BERTINGKAT MEMANFAATKAN TUMBUHAN AIR LOKAL

Oleh:
Herniwanti
NIM. 117150103111002

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 15 Juli 2014
dan dinyatakan memenuhi syarat

Tinj. Promotor

Prof. Dr. Ir. Soemamo, MS.
Promotor

Dr. Bagyo Yanuwadi
Ko-Promotor 1

Dr. Ir. Bambang Joko Priatmadi, MP.
Ko-Promotor 2



Prof. Dr. Abdul Hakim, M.Si
NIP. 19610202 198503 1 006

Halaman Identitas Tim Penguji Disertasi

JUDUL DISERTASI:

PENGOLAHAN PASIF AIR ASAM TAMBANG DENGAN METODE FITOREMEDIASI LAHAN BASAH MEMANFAATKAN TANAMAN AIR LOKAL

Nama Mahasiswa : HERNIWANTI
NIM : 117150103111002
Program Studi : PROGRAM DOKTOR KAJIAN LINGKUNGAN DAN
PEMBANGUNAN

KOMISI PEMBIMBING:

Promotor : Prof.Dr.Ir. Soemarno. MS.
Ko-Promotor : Dr. Ir.Bagyo Yanuwadi.MS.
Ko-Promotor : Dr. Ir. Bambang Joko Priatmadi, M.P

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji 1 : Prof.Dr.Ir.Zaenal Kusuma.,SU.
Dosen Penguji 2 : Dr.Sasangka Prasetyawan.,MS
Dosen Penguji 3 : Prof.Dr.Ir.Yudi Firmanul Arifin.,MSc.
Dosen Penguji 4 : Prof. Ir.H. Fadly Yusron, M.Sc.,Ph.D
Dosen Penguji 5 : Prof.Dr.Ir.Moch.Sasmito Djati,MS.

Tanggal Ujian : 15 Juli 2014
SK Penguji : 888/UN10.14/AK/2014

PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Nama Mahasiswa : Herniwanti
NIM : 117150103111002 / PRODI: PDIP
Judul Disertasi : PENGELOLAAN AIR ASAM TAMBANG DENGAN METODE
FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN TANAMAN AIR LOKAL

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia naskah Disertasi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Republik Indonesia No.12 Tahun 2012, pasal 28 ayat 5 yang berbunyi "Gelar akademik, gelar vokasi, atau gelar profesi dinyatakan tidak sah dan dicabut oleh Perguruan Tinggi apabila karya ilmiah yang digunakan untuk memperoleh gelar akademik, gelar vokasi, atau gelar profesi terbukti merupakan hasil jiplakan atau plagiat". dan pasal 42 ayat 3 yang berbunyi "Lulusan Pendidikan Tinggi yang menggunakan karya ilmiah untuk memperoleh ijazah dan gelar, yang terbukti merupakan hasil jiplakan atau plagiat, ijazahnya dinyatakan tidak sah dan gelarnya dicabut oleh Perguruan Tinggi.

Malang,
Mahasiswa,



Herniwanti
NIM. 117150103111002

RINGKASAN

PENGOLAHAN PASIF AIR ASAM TAMBANG DENGAN METODE FITOREMEDIASI LAHAN BASAH MEMANFAATKAN TANAMAN AIR LOKAL

Herniwanti, Soemarno, Bagyo Yanuwadi, Bambang Joko Priatmadi.

Program Doktor Kajian Lingkungan dan Pembangunan, Pascasarjana -
Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Email: herniwanti_h@yahoo.com

Permasalahan air asam tambang merupakan salah satu dari efek samping dari penambangan terbuka terutama di daerah Kalimantan Selatan. Air asam tambang menyebabkan pencemaran lingkungan karena kadar asam yang rendah dan kandungan logam berat yang dihasilkannya dan apabila dialirkan ke lingkungan air lokal maka harus memenuhi Baku mutu air limbah penambangan batubara menurut peraturan perundangan yang berlaku dari Departemen Lingkungan Hidup Kep. Men LH No. 113 Tahun 2003 dan Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 Lampiran 132: Baku mutu air limbah kegiatan penambangan, pengolahan/ pencucian batubara yang dituangkan pada Lampiran 8. Baku mutu kualitas air dalam Tabel 1 ditampilkan sesuai dengan dengan parameter yang dilaksanakan dalam penelitian yaitu : pH (6 -9), Fe (<7 mg/l), Mn (<4 mg/l).

Pengelolaan air asam tambang dengan metode pasif dengan lahan basah bertingkat yang disesuaikan dengan karakteristik air asam tambang (dasar, tengah, permukaan) menggunakan 3 jenis tanaman air lokal (berakar dalam, melayang dan permukaan) dengan 5 macam kolam bertingkat yang terdiri dari tanaman 2 jenis tanaman berakar dalam yaitu: Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan Rumput Payung (*Cyperus odoratus*), 1 jenis tanaman melayang yaitu: rumput air (*Hydrilla Vercilata*) serta 2 jenis tanaman daun di permukaan yaitu: Kangkung Air (*Ipomea aquatic*), Kayapu (*Pistia Stratatiotes*). Fungsi dari tanaman ini adalah menyerap logam berat mulai dari endapan air asam tambang sampai yang berbentuk koloid (melayang) dan juga yang berada di permukaan jadi mewakili dari tiga karakteristik air asam tambang. Desain yang dibuat disesuaikan dengan hasil dari simulasi aliran air asam tambang yaitu: aliran air (debit) dan kemiringan yang lebih tinggi membantu memperbaiki kualitas air asam tambang dengan desain air mengalir kualitas pH naik sebanyak 54%, dan

menurunkan konsentrasi logam Fe sebanyak 91% dan Mn 45%. Penghematan dari desain ini jika dibandingkan dengan pengelolaan lahan basah secara aktif (penambahan kapur) sebanyak 71% dengan asumsi 1 tahun penggunaan, dari penelitian dinyatakan lahan basah mampu bertahan 20-30 tahun dengan pengawasan secara berkala. Lahan basah bertingkat ini cocok untuk kondisi air asam tambang dengan kadar logam yang rendah tapi mempunyai pH dibawah baku mutu yang biasanya terdapat pada air asam tambang bekas penambangan batubara yang tidak aktif lagi (void) untuk menjaga lingkungan bekas tambang tetap terjaga ekosistimnya walaupun penambangan sudah selesai dengan metoda yang praktis, hasil optimal dan ekonomis serta ramah lingkungan.

Direkomendasikan untuk pengelolaan air asam tambang secara pasif dengan metode fitoremediasi dipilih variasi tanaman berakar dalam, melayang dan permukaan agar bisa mereduksi logam berat dari setiap lapisan air asam tambang. Desain pengelolaan pasif air asam tambang harus disesuaikan dengan karakteristik air asam tambang di setiap lokasi dan berdasarkan riset di lokasi masing-masing site. Hal ini perlu dilakukan riset oleh semua unsur pemerhati lingkungan tambang untuk mendapatkan desain yang terbaik. Perawatan dan pengawasan pengelolaan lahan basah dalam jangka panjang adalah hal yang utama karena fungsinya akan berkurang kalau sistim tidak berjalan dengan baik (pasokan air dan pertumbuhan tanaman). Diperlukan petugas profesional untuk menilai lahan basah tersebut masih layak apa diperlukan recovery untuk memaksimalkan operasional sistem tersebut. Masih terbuka banyak kesempatan untuk penelitian selanjutnya mengenai desain pengelolaan air asam tambang yang mencakup metodologi dan juga kualitas yang bisa dihasilkan.

Kata Kunci: air asam tambang, pengelolaan pasif, fitoremediasi, lahan basah, tanaman air local.

SUMMARY

ACID MINE DRAINAGE PASIVE TREATMENT WITH PHYTOREMEDIATION AEROBIC WETLAND METHOD UTILIZE BY AQUATIC LOCAL PLANTS

Herniwanti, Soemarno, Bagyo Yanuwadi, Bambang Joko Priatmadi.

Doctoral Program on Environment and Development Studies, University of
Brwijaya, Malang, East Java of Indonesia

Email: herniwanti_h@yahoo.com

The problem of acid mine water is one of the side effects of open pit mining, especially in the area of South Kalimantan. Acid mine drainage caused environmental pollution due to the low acidity and heavy metal content it produces and when discharged into the local water environment should menenuhi Raw coal mining effluent quality according to applicable laws and regulations of the Department of Environment Kep. No. Men LH. 113 of 2003 and South Kalimantan Governor Regulation No. 036 of 2008 Appendix 132: Raw wastewater quality mining, processing / coal washing as outlined in Appendix 8. Raw water quality is shown in Table 1 in accordance with the parameters implemented in the study are: pH (6 -9), Fe (<7 mg / l), Mn (<4 mg / l).

*Management of acid mine drainage by passive methods with terraced wetlands that are tailored to the characteristics of acid mine drainage (elementary, middle, surface) using three types of local water plants (emergent, submersed and floating leave) with 5 kinds of terraced pools consisting of 2 types of emergent plants is Purun Rat (*Eleocharis dulcis*) and Umbrella grass (*Cyperus odoratus*), 1 species of submersed plant is: water grass (*Hydrilla Vercilata*) and 2 types of floating leave is water Watercress (*Ipomea aquatic*) and Kayapu (*Pistia Stratatiotes*. The function of this plant is to absorb heavy metals from acid mine water to precipitate in the form of colloidal and also on surfaces that are so representative of the three characteristics of acid mine drainage. Design created customized result of acid mine water flow simulation as water flow (discharge) and higher slope helps improve the quality of acid mine drainage water flowing design with quality pH improved as much as 54 %, Fe*

concentration down as much as 91 % and for Mn as much 45%. The savings from this design when compared to the active wetland management (addition of lime) as much as 71 % assuming 1 year of use, from the study revealed wetlands can last 20-30 years with regular supervision. The terraced wetland suitable for acid mine water conditions with low metal content, but has a pH below the quality standard that is usually found in acid mine drainage mined coal is no longer active (void) to keep the mining environment is maintained ecosystem although mining has been completed with methods that are practical, economical and optimum results and environmentally friendly.

Recommended for the management of acid mine drainage passive phytoremediation method chosen variation in plant roots, floated and the surface in order to reduce heavy metals from acidic water each layer tambang. Desain passive acid mine water management must be tailored to the characteristics of acid mine water at each location and by research on the location of each site. This research needs to be done by all elements of environmentalists mine to get the design and supervision terbaik. Perawatan wetland management in the long term is the main thing because the function will be reduced if the system is not running properly (water supply and plant growth). Required professionals to assess wetland is still worth what it takes to maximize recovery operations tersebut. Masih system opens many opportunities for further research on acid mine water management design that includes methodology and also the quality that can be produced.

Key Word: acid mine drainage, passive treatment, phytoremediation, wetlands, local aquatic plants..

DAFTAR ISI

	Halaman
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1 Air Asam Tambang	7
2.1.1 Proses Pembentukan Air Asam Tambang.....	8
2.1.2 Prediksi dan Identifikasi Air Asam Tambang.....	10
2.2. Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang	11
2.2.1 Pengelolaan Air Limbah Asam Tambang Secara Aktif ..	13
2.2.2 Pengelolaan Air Limbah Asam Tambang Secara Pasif .	14
2.2.3 Rekayasa pengelolaan Air Asam Tambang.....	16
2.3. Studi Pengelolaan Air Asam Tambang	18
2.3.1 Pengelolaan Air Asam Tambang Di Indonesia	18
2.3.2 Pengelolaan Air Asam Tambang Di Luar Negeri	22
2.4. Metode Fitoremediasi Pengolahan Limbah Air Asam Tambang	24
2.4.1 Prinsip –Prinsip Fitoremediasi	24
2.4.2 Tumbuhan lahan basah dan Fisiologinya	25
2.4.3 Tumbuhan lahan basah sebagai pengolah limbah	27
2.4.4 Sistem Lahan Basah Buatan untuk Perbaikan Kualitas Air	28
2.4.5 Pemilihan Tanaman untuk Metode Fitoremediasi.....	29
 BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN	 34
3.1 Landasan Teori Pengelolaan Air Asam tambang	34
3.1.1 Konsep Asam – Basa, pH	34
3.1.2 Reaksi Redoks (Oksidasi – Reduksi)	39
3.1.3 Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Tanah dan Tumbuhan	42
3.1.4 Proses Zat Pencemar dalam Larutan Tanah	45
3.1.5 Peranan Bakteri dalam Proses Fitoremediasi.....	47
3.1.6 Fungsi Bahan Organik pada Tanah dan Tumbuhan	50
3.2 Hipotesis	53
3.3 Kerangka Konsep Penelitian	54
3.4 Definisi Operasional dan Pengukuran Variabel	55
3.5 Kerangka Analisis	57
3.6 Kerangka Operasional dan Pelaksanaan Penelitian.....	59
3.7 Kebaruan Penelitian.....	60
 BAB IV METODE PENELITIAN	 61
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	61

4.2 Pendekatan Desain Penelitian	61
4.3 Variabel dan Sumber Data	62
4.4 Metode dan Prosedur Penelitian	66
4.5 Metode dan Prosedur Analisis Data	72
4.6 Metode Penulisan Hasil Penelitian dan Rencana Publikasi Data	73
4.7 Jadwal Penelitian	75
4.8 Matrik/ Tabel Desain Penelitian.....	76
 BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	 77
5.1 HASIL	77
5.1.1 Hasil Tahap Penelitian 1: Karakteristik Air Asam Tambang.....	77
5.1.1.1 Karakteristik Air Asam Tambang Dari 4 Void.....	77
5.1.1.2 Karakteristik Air Asam Tambang di Pit M2W	78
5.1.2 Hasil Penelitian 2: Jenis Tanaman Yang Cocok Untuk Fitoremediasi Pada Kolam Lahan Basah.	79
5.1.2.1 Karakteristik Tanaman Air Untuk Phytoremediasi Pengelolaan Pasif Air Asam Tambang Dengan Menggunakan Media Yang Berbeda	79
5.1.2.2 Karakteristik Tanaman Air dengan Fitoremediasi 5 hari	81
5.1.3 Hasil Penelitian 3: Semulasi Air Asam Tambang (Hubungan Antara Kemiringan Dan Debit).....	83
5.1.3.1 Simulasi Aliran Air Asam Tambang (AAT)	83
5.1.3.2 Simulasi ATT pada lahan basah bertingkat	84
5.1.4 Hasil Penelitian 4: Disain Kolam Aerobic Wetland Bertingkat Untuk Pengolahan Pasif Air Asam Tambang.....	85
5.1.4.1 Simulasi Model 1 – Pengelolaan dengan Aliran Air Statis (diam) dengan 5 Macam Tanaman Air Lokal.	85
5.1.4.2 Simulasi Model 2 – Pengelolaan dengan Sistim Aliran Air (Detensi 2 hari) dengan 5 Macam Tanaman Air Lokal Pada Lahan Basah Bertingkat.	88
5.1.4.3 Simulasi Model 3 – Pengelolaan dengan Sistem Air Mengalir dengan 5 Macam Tanaman Air Lokal Pada Lahan Basah Bertingkat.	93
 5.2 PEMBAHASAN	 95
5.2.1 Karakteristik Air Asam Tambang	95
5.2.2 Jenis – Jenis Tanaman air lokal yang cocok untuk proses Fitoremediasi Air Asam Tambang	97
5.2.3 Simulasi Aliran Air Asam Tambang	100
5.2.4 Analisa Hasil 3 simulasi pengelolaan air asam tambang	102
5.2.5 Analisis Korelasi Pearson Untuk Simulasi 1 dan 3.....	116
5.2.6 Analisis Korelasi Pearson Simulasi 2 dan Hubungannya dengan air asam tambang, tanah, tanaman, bakteri....	120
5.2.7 Analisa BAF (Bioakumulasi Faktor) untuk Simulasi 2 ...	124

5.2.8 Kesimpulan desain yang dipilih dari 3 hasil simulasi	125
BAB VI Implikasi Penelitian	126
6.1 Implikasi Teoritis	126
6.2 Implikasi Praktis	126
6.3 Implikasi Kebijakan	129
BAB VII Kesimpulan dan Saran	130
7.1 Kesimpulan Penelitian.....	130
7.2 Saran	134
7.3 Kesimpulan Akhir	135
BAB VII DAFTAR PUSTAKA	135
BAB VIII LAMPIRAN	147