

## **EVALUASI MATERIAL PEMBENTUK ASAM TAMBANG PADA PENGELOLAAN LAHAN REVEGETASI DI AREA BEKAS PENAMBANGAN BATUBARA**

Herniwanti, Udiansyah, Bambang Joko Priatmadi, Emmi Winarni.

*Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan  
Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru*

*Keywords: acid mine drainage, animal population, water quality, revegetation*

### **Abstract**

The purposes of the research were to find out: 1) The acid mine drainage contents, and their relationship with the growth of plants on the revegetation land; 2) the success level of revegetation of ex-mining land by estimating the parameters of plant growth, runoff water and animal population. The result indicated that the parameter of plant growth on the vegetation land increased according to the planting year and 60% growing comparison with *Acacia mangium* species in Forest Plantation Industry the low growings influenced by the acid mine drainage contents result variance of PAF LC 1- PAF Category and the water quality still below by goverment regulation as PerGub Kalsel No.36 year 2008 for specification for mining waste water. Animal population have positife growing in the area by step depend on revegetation growing . There was relationship between plant growth, acid mine drainage and water quality, but in 2006 the plant growth was disturbed because it contained high acid mine drainage and water quality exceeding threshold.

### **Pendahuluan**

#### *Latar Belakang*

Pengelolaan lingkungan lahan bekas tambang merupakan kewajiban dari semua perusahaan tambang kepada lingkungan berdasarkan Undang – Undang No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Pengelolaan material pembentuk asam tambang bagian dari rehabilitasi lahan bekas tambang dilaksanakan dengan pemisahan material atas lahan penutup berdasarkan jenis tanah pucuk yang berpotensi atau tidak berpotensi mengandung senyawa asam tambang yang berasal dari sulfida (kandungan sulfur batubara) diistilahkan dengan: PAF (Potencial Acid Forming) dimana pH <4,5 atau jenis lahan yang berpotensi mengandung asam serta NAF (Non- potential Acid Forming) dimana pH >4,5 atau jenis lahan yang tidak berpotensi

menyebabkan tanah masam. Parameter ini diukur dalam bentuk satuan Kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ ton.

Material pembentuk asam tambang adalah air asam yang berasal dari aktivitas penambangan terbuka atau penambangan bawah permukaan akibat reaksi organik dan inorganik dari mineral *pyrite* dengan air dan oksigen (Bates and Jackson, 1987).

#### *Tujuan penelitian*

1. Mengukur pertumbuhan tanaman dan kandungan material pembentuk asam tambang di lahan revegetasi untuk mengetahui hubungannya dengan keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang.
2. Mengukur kualitas air permukaan dan populasi satwa di lahan revegetasi untuk mengetahui hubungannya keberhasilan revegetasi di lahan bekas tambang.

## Metode Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada Lahan Revegetasi di Perusahaan Pertambangan Batubara PT. Jorong Barutama Greston tahun 2005 – 2010 yang berlokasi di Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan – Indonesia pada bulan Februari sampai Mai 2011.

Sampel diambil secara purposive sampling. Titik-titik sampel ditentukan berdasarkan tahun

penanaman dengan luas petak contoh 400 m<sup>2</sup>, berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 20 m x 20 m. Dalam setiap petak contoh diukur parameter dibawah ini:

1. Data Pertumbuhan Tanaman.
2. Kandungan Material pembentuk Asam Tambang.
3. Data Kualitas Air Permukaan
4. Data Populasi Satwa (Mamalia, Reptilia dan Burung)

Kualitas tanaman Dalam setiap petak contoh dihitung: tinggi pohon, diameter pohon dan porsentase hidup, kualitas pohon dan cabang.

Kandungan material pembentuk asam tambang pada setiap petak contoh yang telah dibuat diambil sampel sebanyak 3 variasi. Sampel di test untuk material pembentuk asam dengan metode Kinetik Test: NAG – Multi Test) juga untuk Kandungan Total Sulphur.

Tabel 1. Klasifikasi kandungan material pembentuk asam tambang.

Geochemical Classification	NAG pH Overnight	NAG 4.5
		Kg.H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /Tonne
NAF (Not-Acid Forming)	≥4,5	0
PAF (Potentially Acid Forming)	< 4,5	>5
PAF Low Capacity (PAFLC)	<4,5	≤5
PAFLC1	<4,5	0,0 - 2.5
PAFLC2	<4,5	2.5 - 5.0

Air permukaan diukur untuk pH, Fe, Mn sesuai kriteria yang ditetapkan Gubernur Kepala Daerah Kalimantan Selatan No.36 tahun 2008 dalam untuk Baku mutu air limbah kegiatan penambangan.

Tabel 2. Baku mutu air limbah kegiatan penambangan.

No	Parameter	NAB	Peraturan
1	Keasaman (pH)	6-9	Peraturan Gubernur
2	Mangan (Mn)	< 4 mg/L	Kalimantan Selatan No.36
3	Besi (Fe)	< 7 mg/L	Tahun 2008

Metode yang digunakan adalah sebagai berikut: 1). Pengamatan 2). Wawancara dengan petugas lapangan dan masyarakat sekitar; 3). Study Literatur (data sekunder) untuk mengetahui rona awal dari populasi satwa di daerah revegetasi tersebut.

Analisa data adalah dengan membandingkan pertumbuhan tanaman *Acacia mangium* dengan lahan HTI (Hutan Tanaman Industri) karena akhirnya lahan ini akan dikembalikan pada fungsi aslinya sebagai pinjam pakai kawasan hutan industri. Material pembentuk asam tambang akan dianalisa berdasarkan kategori potential pembentuk asamnya. Kualitas air dianalisa dengan membandingkan dengan kriteria dari pemerintah serta satwa akan dibandingkan dengan populasi awalnya.

**Hasil Penelitian**

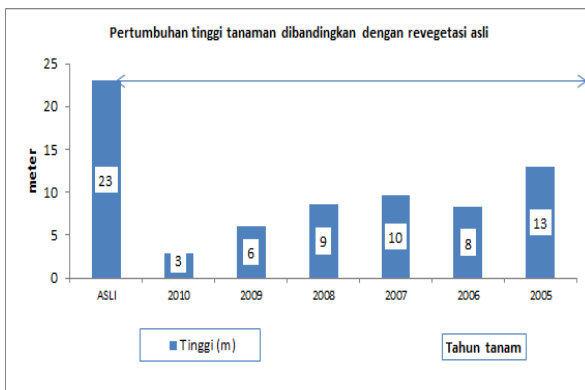
*Hasil pengukuran Pertumbuhan Tanaman*

Hasil penelitian untuk tanaman di 7 lokasi dengan parameter tinggi tanaman (m), diameter (cm).

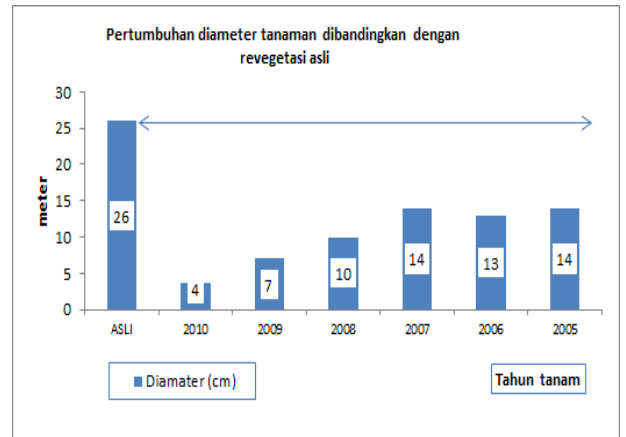
Tabel 3. Hasil pengukuran pertumbuhan tanaman.

No	Tahun Rehab				
		Tinggi (m)	Diameter (cm)	% Hidup	Top Soil
1	ASLI	23	26	80%	topsoil-original
2	2010	3	4	96%	topsoil
3	2009	6	7	96%	top soil
4	2008	9	10	76%	topsoil
5	2007	10	14	88%	no topsoil
6	2006	8	13	96%	no topsoil
7	2005	13	14	100%	topsoil

Pemberian top soil tidak merata pada tiap tahunnya dimana tahun 2006 dan 2007 tidak mendapatkan top soil sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang berada pada lokasi tersebut.



Gambar 1a. Pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman di lahan revegetasi.



Gambar 1b. Pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman di lahan revegetasi.

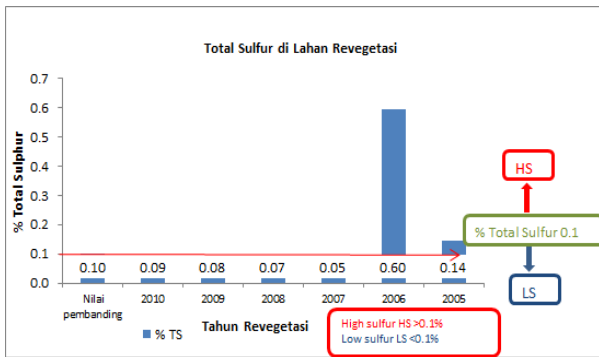
Pertumbuhan tinggi tanaman dan diameter berdasarkan tahun meningkat secara rata-rata pertahun kecuali untuk tahun 2006 ada pertumbuhan yang lambat sehingga tingginya lebih rendah dari tahun 2007.

*Hasil Kandungan Material pembentuk Asam Tambang*

Tiga parameter yang diukur adalah % Sulfur, pH NAG overnight, NAG Capacity 4.5 (KgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/Ton).

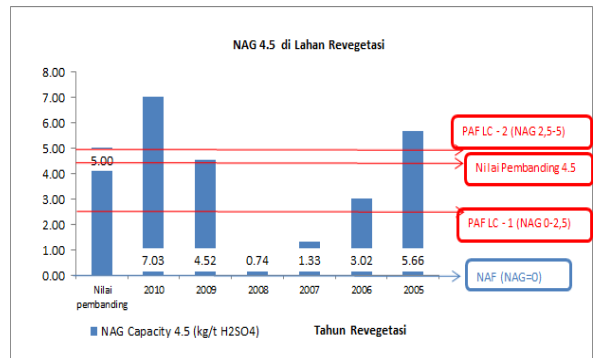
Tabel 4. Hasil pengukuran rata-rata kandungan mineral asam tambang.

No	Tahun Rehab	Lokasi	% TS	NAG pH	NAG Capacity 4.5 (kg/t H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Klasifikasi Material
Nilai pembanding			0.10	4.50	5.00	
1	2010	UC	0.09	3.30	7.03	PAF
2	2009	M45C	0.08	4.63	4.52	PAF-LC2
3	2008	M4ENhy	0.07	4.11	0.74	PAF LC-1
4	2007	M23nHY	0.05	4.00	1.33	PAF LC-1
5	2006	M23 NhY	0.60	4.62	3.02	PAF-LC2
6	2005	M-23	0.14	3.41	5.66	PAF
Rata-rata			0.17	4.01	3.72	PAF-LC2



Gambar 2. Kandungan material pembentuk asam – total sulphur.

Ada dua lahan berkategori Sulfur Tinggi yaitu 2005 dan 2006 sedangkan untuk enam lokasi lainnya yaitu: asli, disposal, 2010, 2009, 2008, 2007 kategori Sulfur Rendah. Khusus untuk lahan revegetasi tahun 2006 kandungan Total Sulfurnya sangat tinggi 0.6 %.



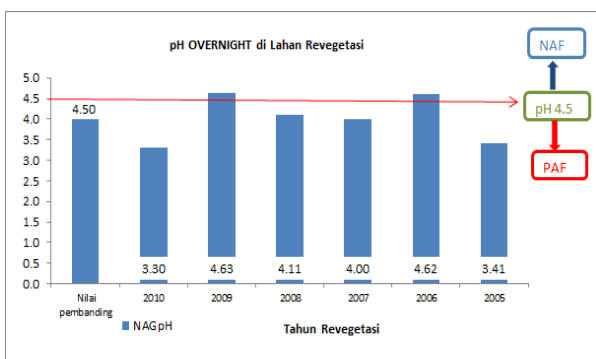
Gambar 4. Kandungan material pembentuk asam- NAG 4.5.

Tidak ada lokasi revegetasi yang material nya bebas dari pembentuk asam tambang atau NAF.

*Hasil pengukuran Kualitas Air Permukaan.*

Tabel 5. Hasil pengukuran kualitas air permukaan.

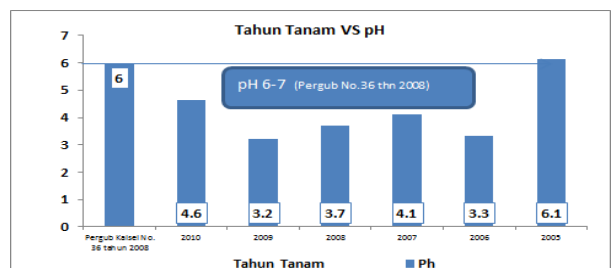
No	Tahun Rehab	Lokasi	Ph	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Keterangan
	Pergub Kassel No. 36 tahun 2008		6	7	4	Pembanding
1	2010	UC	4.6	12.9	8.0	topsoil
2	2009	M45C	3.2	0.9	6.9	top soil
3	2008	M4E Nhy	3.7	0.13	16.2	topsoil
4	2007	M23 Nhy	4.1	0.03	0.6	no top soil
5	2006	M23 Nhy	3.3	161.0	234.0	no top soil
6	2005	M-23	6.1	58.0	8.0	topsoil
Rata-rata Revegetasi			4.2	38.8	45.6	



Gambar 3. Kandungan material pembentuk asam- pH Overnight.

Ada 2 lokasi revegetasi yang lahannya masuk kategori NAF yaitu tahun 2006 dan 2009 dan 4 lainnya masuk kategori PAF.

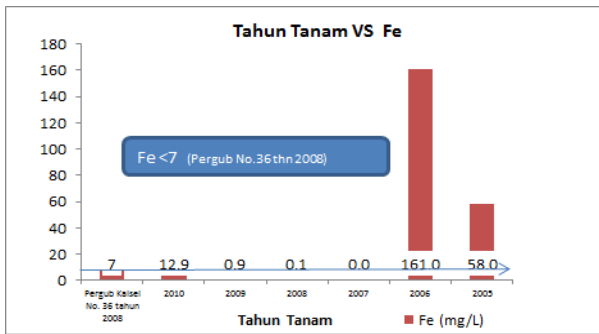
Hasil rata-rata dari tiga parameter yaitu: pH, Fe dan Mn masih berada diatas baku mutu yang ditetapkan, maka masih diperlukan pengelolaan air di lahan revegetasi tersebut.



Gambar 5. Hasil pengukuran pH pada air permukaan

Menunjukkan bahwa untuk tahun 2005 pH nya sudah memenuhi baku mutu

pH >6 dan untuk tahun lainnya belum memenuhi baku mutu pH<6 .



Gambar 6. Kandungan Fe pada air permukaan

Menunjukkan bahwa untuk tahun 2007, 2008 dan 2009 sudah memenuhi baku mutu Fe< 7 dan untuk tahun 2005, 2006 dan 2010 kandungan Fe nya melebihi mutu Fe>7.

No	Lahan Revegetasi	Jumlah Jenis Mamalia
MAMALIA		
1	RONA AWAL	10
2	Vegetasi Asli	7
3	2005	6
4	2006	5
5	2007	4
6	2008	3
7	2009	2
8	2010	2
9	Disposal	0



Gambar 7. Kandungan Mn pada air permukaan

Hasil analisis Mn menunjukkan bahwa untuk tahun 2007 sudah memenuhi baku mutu Mn<4 dan lahan yang lainnya kandungan Mn nya melebihi mutu Mn>4.

*Hasil pengukuran Populasi Satwa.*

Hasil pengumpulan data populasi satwa di area revegetasi yang didapatkan dari hasil pengamatan, wawancara dengan petugas lapangan dan juga studi literatur didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil pengukuran populasi satwa.

No	Lahan Revegetasi	Jumlah Jenis Reptilia	No	Lahan Revegetasi	Jumlah Jenis Burung
REPTILIA			BURUNG		
1	Rona Awal - ANDAL	4	1	Rona Awal - ANDAL	6
2	Vegetasi Asli	3	2	Vegetasi Asli	5
3	2005	3	3	2005	4
4	2006	3	4	2006	4
5	2007	3	5	2007	4
6	2008	2	6	2008	3
7	2009	2	7	2009	2
8	2010	1	8	2010	1
9	Disposal	0	9	Disposal	1

**Pembahasan**

*Pertumbuhan Tanaman.*

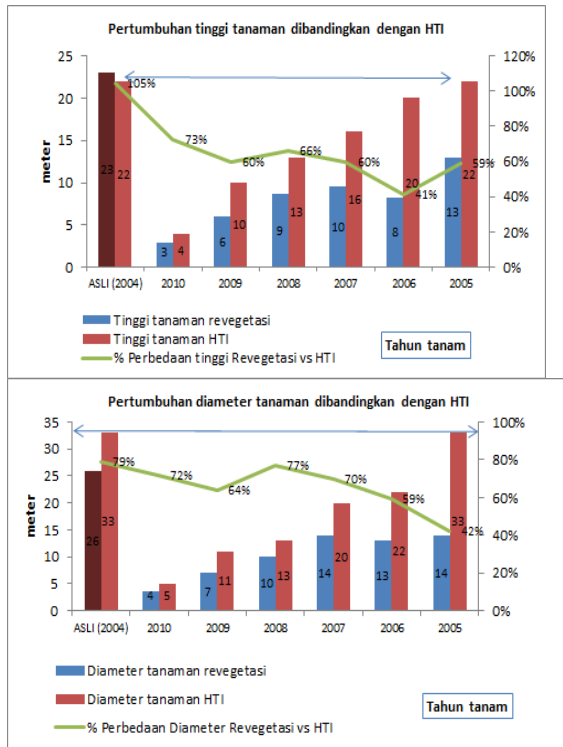
Pembahasan pertumbuhan tanaman membandingkan pertumbuhan tanaman di lahan revegetasi dibandingkan dengan HTI (Hutan Tanaman Industri)

Tabel 7. Perbandingan hasil pertumbuhan tanaman revegetasi dengan HTI.

No	Tahun Revegetasi	Umur tanaman (thn)	Revegetasi		Tanaman HTI		% Perbedaan tinggi Revegetasi vs HTI	% Perbedaan Diameter Revegetasi vs HTI	Top Soil
			Tinggi (m)	Diameter (cm)	Tinggi (m)	Diameter (cm)			
	ASLI (2004)	7	23	26	22	33	105%	79%	Nilai Pembeding
1	2010	1	3	4	4	5	73%	72%	topsoil
2	2009	2	6	7	10	11	60%	64%	top soil
3	2008	3	9	10	13	13	66%	77%	topsoil
4	2007	4	10	14	16	20	60%	70%	no topsoil
5	2006	5	8	13	20	22	41%	59%	no topsoil
6	2005	6	13	14	22	33	59%	42%	topsoil
Rata - rata % Revegetasi vs HTI							60%	64%	

Hasil pertumbuhan sesuai tahun tanam cukup baik tapi apabila dibandingkan HTI masih jauh pencapaiannya. Vegetasi asli yang berusia 7 tahun dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman yang sama di lahan HTI maka pertumbuhannya 104.55% menunjukkan bahwa lahan revegetasi asli di daerah penambangan batubara sangat baik untuk pertumbuhan tanaman.

Pencapaian pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman dibandingkan dengan tanaman sejenis di lahan HTI secara rata-rata adalah 60% untuk tinggi dan 64% untuk diameter.



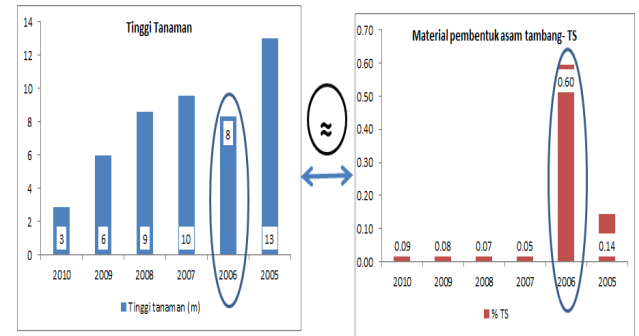
Gambar 8. Pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman dibandingkan dengan HTI

Gambar dibawah ini menunjukkan bahwa kandungan Total Sulphur yang tinggi >0.1% di tahun 2006 = 0.60% menunjukkan pertumbuhan yang lambat di tahun 2006 = 8 meter dibandingkan dengan tahun lainnya.

Hara mikro dibutuhkan oleh semua tanaman, berupa kation logam (Cu, Fe, Mn, Zn) dan anion (B, Cl, Mo). Meskipun kebutuhan tanaman sedikit tetapi kekahatan unsur ini dapat menghambat pertumbuhan

atau mengurangi hasil sebagaimana hara makro (ingat konsep faktor pembatas). Keracunan unsur mikro lebih sering terjadi karena kisaran antara aras kecukupan dan keracunan pada tanaman sangatlah sempit. Kadar hara mikro dalam tanaman umumnya dinyatakan dalam ppm (mg/kg) (Purwadi,E, 2011).

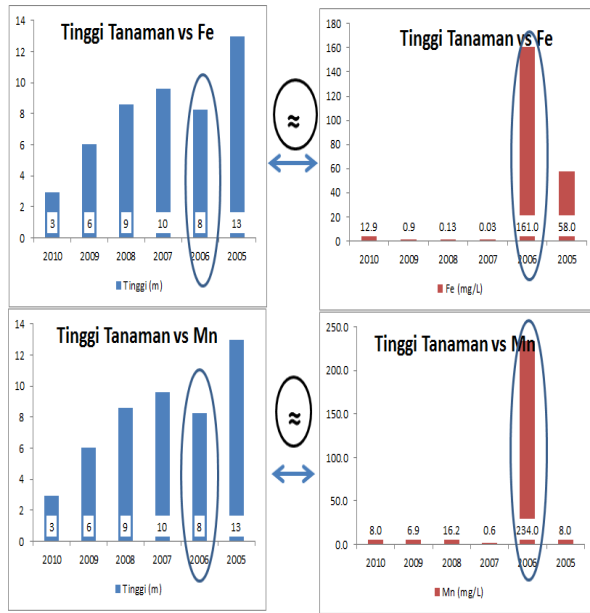
Tanaman menyerap Sulfur melewati akar dalam bentuk ion SO<sub>4</sub><sup>=</sup> dan dapat diserap melalui daun dalam bentuk ion SO<sub>2</sub><sup>-</sup>, tetapi pada kadar yang terlalu tinggi dapat meracuni tanaman (Sugianto E, 2008). Konsentrasi unsur essensial mikro sulfur dalam tanaman < 1000 ppm/ < 0,1% (Kusuma W, 2011)



Gambar7. Perbandingan pertumbuhan tinggi tanaman dengan kandungan material pembentuk asam (% TS).

Besi dan Mangan adalah logam yang dalam keadaan tereduksi masing-masing berbentuk Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> lebih mudah larut dalam air. Bila Fe dan Mn teroksidasi menjadi sukar larut sehingga sukar diserap oleh tanaman (Hardjowigeno, 1986). Bila pH tanah mineral rendah, sejumlah Al, Fe dan Mn menjadi larut sehingga merupakan racun bagi tanaman tertentu (Soepardi, 1983).

Dalam jumlah tertentu besi menjadi racun bagi tanaman. Besi tersedia dalam tanah berkisar 2-150 ppm. Dan kebutuhan normal tanaman berkisar 40-250 ppm (Purwadi,E, 2011).

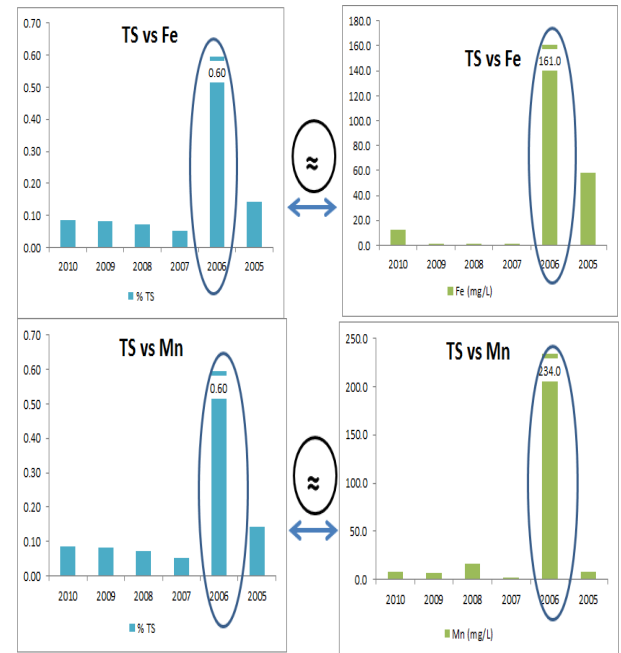


Gambar 17. Perbandingan pertumbuhan tinggi tanaman dengan kualitas air Fe dan Mn

Konsentrasi yang dapat membahayakan terletak pada 10 sampai beberapa puluh miligram perliternya. Bila terlalu banyak Mn juga akan menyebabkan terjadinya klorose seperti kekurangan Fe, serta susunan akar akan mati dan berwarna merah coklat (Purwadi,E, 2011).

Hubungan antara pertumbuhan tanaman yang rendah dengan kualitas air yang rendah pada tahun 2006 disebabkan oleh penyerapan berlebihan untuk unsur Fe= 161 mg/L (batas 100 ppm) dan kelebihan Mn= 234 mg/L (batas 50 ppm) (Kusuma W, 2011).

*Kandungan Material Pembentuk Asam.*



Gambar 19. Perbandingan material pembentuk asam dengan lahan asli dan disposal.

Kandungan material pembentuk asam dengan kandungan Total Sulphur yang tinggi di tahun 2006 = 0,6% menunjukkan kualitas air larian yang dibawah mutu yaitu Fe =161 dan Mn = 234, hal ini bersamaan menunjukkan pertumbuhan yang lambat di tahun 2006. Kandungan air asam tambang (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) menyebabkan meningkatnya derajat keasaman pada air buangan asam tambang serta terjadi peningkatan Fe dan Total Metal (Mn) (Fazria N, Munawwarah R, Issani MW, 2010).

Kelarutan Fe dalam tanah dipengaruhi oleh pH. Hubungan pH tanah dengan Fe-terlarut memiliki hubungan negatif nyata, berarti semakin tinggi tingkat kemasaman tanah (pH rendah) ketersediaan Fe-terlarut dalam tanah meningkat (Tisdale dan Nelson 1985). Tingkat oksidasi Mn secara tidak langsung berhubungan dengan pH tanah (Soepardi, 1983).

Adanya hubungan negative material pembentuk asam tambang dengan kualitas air permukaan, yaitu semakin tinggi kandungan material pembentuk asam

tambangnya (Sulfur = 0.6%) maka semakin rendah kualitas air yang ditunjukkan oleh tingginya kandungan parameter (Fe= 161 mg/L) dan (Mn= 234 mg/L). Kelebihan unsur Fe dan Mn menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman.

#### Kualitas Air permukaan.

Perbandingan Kualitas air dengan air hujan, vegetasi asli dan lahan disposal secara rata-rata masih dibawah baku mutu, khusus untuk air hujan sudah menyamai baku mutu.

Tabel 17. Perbandingan kualitas air permukaan dengan air hujan dan vegetasi asli serta disposal.

No	Tahun Rehab	Lokasi	Ph	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Keterangan
	Pergub Kalsel No. 36 tahun 2008		6	7	4	Pembanding
	AIR HUJAN		6.0	0.3	0.4	Pembanding
	ASLI	HRB	5.0	11.5	18.0	Pembanding
	DISPOSAL	UC	2.7	1.2	11.0	disposal
1	2010	UC	4.6	12.9	8.0	topsoil
2	2009	M45C	3.2	0.9	6.9	top soil
3	2008	M4E Nhy	3.7	0.13	16.2	topsoil
4	2007	M23 Nhy	4.1	0.03	0.6	no top soil
5	2006	M23 Nhy	3.3	161.0	234.0	no top soil
6	2005	M-23	6.1	58.0	8.0	topsoil
Rata-rata Revegetasi			4.2	38.8	45.6	

pH air hujan = 6,0 hanya tahun 2009 yang bisa melebihi pH 6,1 untuk asli tidak ada pH revegetasi yang menyamai dan untuk disposal pH= 2,7 maka dibandingkan dengan lahan revegetasi kualitasnya berada diatas rata-rata pH= 4,2.

Fe air hujan = 0,3 dibandingkan dengan tahun 2005 = 58 dan 2006 = 161 menunjukkan hasil yang sangat tinggi.

Mn air hujan = 0,4 lebih baik dibandingkan dari semua lahan revegetasi, kecuali 2006 = 234 menunjukkan hasil yang sangat tinggi dibandingkan tahun revegetasi lainnya.

Kualitas air permukaan yang rendah (Fe dan Mn) dibawah baku mutu di lahan

revegetasi tersebut sehingga populasi satwa masih bertahap menuju pemulihan sesuai dengan tingkat pertumbuhan tanaman di lahan revegetasi

#### Populasi Satwa

Dibandingkan dengan rona awal dan vegetasi asli perlu waktu untuk pengembalian populasi seperti sedia kala karena pertumbuhan tanaman di lahan revegetasi yang merupakan ekosistem mereka untuk berkembang biak juga masih bertahap menuju pemulihan. Jumlah jenis mamalia pada rona awal 10, reptilia 4 dan burung 6, maka di tahun 2005 sudah mulai kembali jenis mamalia sebanyak 7 jenis, reptilia 3 jenis dan burung 5 jenis.

Pemantauan Populasi satwa yang sering terlupakan perlu dilakukan pemantauan sebagai indikasi lahan revegetasi tersebut sudah berhasil mengembalikan habitat asli dan juga sebagai nilai tambah bagi perusahaan dalam menentukan keberhasilan reklamasi di lahan bekas tambang.

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan di lokasi lahan revegetasi tahun penanaman 2005- 2010 di bekas areal penambangan batubara dapat disimpulkan hasilnya sebagai berikut:

1. Keberhasilan revegetasi lahan dilihat dari hasil pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman *Acacia mangium* menunjukkan peningkatan yang positif sesuai tahun tanamnya, dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman yang sama di lahan HTI (Hutan Tanaman Industri) tingkat



- pencapaian 60%. Pencapaian terendah di lahan 2006 = 41%.
2. Kandungan Material pembentuk asam tambang pada lahan revegetasi bervariasi dari kategori PAF LC-1 (0,74 KgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton) – PAF (7,03 KgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton) serta kandungan Sulfur 0,05% – 0,6%. Sulfur tertinggi di lahan revegetasi 2006 = 0,6%.
  3. Kualitas air permukaan secara rata-rata rendah pH=4.2, Fe = 38.8 mg/L, Mn = 45.6 mg/L dibandingkan dengan Baku Mutu PerGub Kalsel No.036 tahun 2008. Tahun 2006 kualitas terendah karena mempunyai kandungan pH= 3,3, Fe (161 mg/L) dan Mn (234 mg/L).
  4. Keragaman hayati populasi satwa mamalia, reptilia, burung menunjukkan perbaikan secara bertingkat walau masih kecil persentasenya menuju rona awal sesuai pertumbuhan tanaman di lahan revegetasi.
- ekonomi, Vol.4. No.1 (2003) pp.47-66
- Kusuma wija ari andi, 2011, Unsur Hara pada Tanaman, Makasar.
- Purwadi Eko, 2011, Identifikasi Gejala Defisiensi dan Kelebihan Unsur Hara Mikro Pada Tanaman.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tisdale, S.L., and W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizer. 4th ed. The Macmillan Co., New York.* 367 p.

#### Daftar Pustaka

- ANDAL 2006, Studi analisis dampak lingkungan (ANDAL) Kegiatan pertambangan batubara PT.Jorong Barutama Greston.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Propinsi Kalsel, 2008, PerGub KalSel Nomor.036, Tahun 2008 Lampiran 132: Baku mutu air limbah penambangan, BLHD Kalsel.
- Bates, R.L. and Jackson, J.A. (Eds.) (1987), *Glossary of Geology*, 3rd Edn American Geological Institute.
- Fazria N, Munawwarah R, Issani MW, 2010, Dampak Air Asam Tambang Terhadap Kualitas Air Tanah Disekitar Area Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan –UNLAM- Banjarbaru.
- Ginoga K, Wulan CY, Lugina M, Djaenudin D, 2003, Peranan Karbon dalam Peningkatan Nilai Ekonomi Hutan Tanaman Acacia Mangium di Sumatera Selatan, Jurnal social