

# HUBUNGAN ANTARA TINGKAT CEMARAN MERKURI DENGAN PERKEMBANGAN VEGETASI (SUKSESI ALAMI) DI TAILING BEKAS TAMBANG EMAS RAKYAT

## *Relationship Between Levels of Mercury Contamination to The Development of Vegetation (Natural Succession) on Tailing of Ex-Traditional Gold Mining*

Wiwik Ekyastuti<sup>1)</sup>, Eny Faridah<sup>2)</sup>, Sumardi<sup>2)</sup> dan Yadi Setiadi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak, <sup>2)</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, <sup>3)</sup>Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor

### ABSTRACT

*Traditional gold mining activities in Mandor Natural Preservation, leaving the problem of mercury contamination in the tailings. Meanwhile, one year after abandoned, the succession process began. The purpose of this research is to study the relationship between the level of mercury contamination to the development of vegetation on it (natural succession). Activities carried out by analyzing the natural succession on 3 levels of vegetation cover, i.e : 0-30%, 31-60% and > 61%. In the closed vegetation, the lower of mercury concentration was found, by contrast, the number of species and individuals vegetation found higher. Thus, the relationship between the process of succession to the level of mercury contamination are interrelated.*

**Keywords :** *Tailing ex-Gold mining, Mercury, succession*

### PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan emas rakyat, banyak dilakukan oleh masyarakat Kalimantan Barat baik di daratan maupun di perairan (sungai). Data terakhir menunjukkan bahwa luas areal yang rusak di daratan akibat penambangan emas rakyat sampai tahun 2008 di Kalbar mencapai 6.613 hektar yang tersebar pada 267 titik kegiatan penambangan emas rakyat (Distamben Kalbar, 2009). Penambangan emas rakyat biasanya dilakukan secara sporadik di daratan dan di sungai tanpa sistematis penambangan yang benar, tanpa analisis dampak lingkungan, tanpa pengolahan limbah dan menggunakan mesin yang disebut 'dongpeng'. Penelitian ini dilaksanakan di tambang emas rakyat Mandor, Kabupaten Landak Kalbar. Penambangan emas rakyat di wilayah tersebut hanya dilakukan di daratan.

Setelah satu tahun ditinggalkan penambang, di areal bekas penambangan emas rakyat mulai ditemukan vegetasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses suksesi secara alami dimulai. Belum ditemukan data pasti daftar vegetasi hasil suksesi alami di lokasi bekas

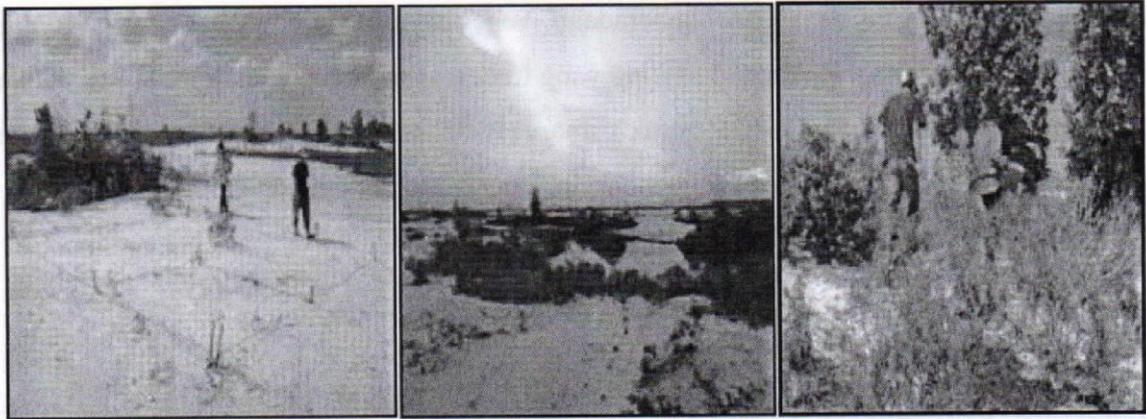
penambangan emas rakyat Cagar Alam Mandor. Di sisi lain, informasi tentang jenis-jenis vegetasi yang mampu tumbuh di areal bekas penambangan emas sangat diperlukan untuk melihat kemungkinan dilakukannya revegetasi.

Keanekaragaman jenis vegetasi pionir yang ada, juga dapat memberikan informasi tentang kemungkinan jenis-jenis vegetasi lokal tersebut memiliki kemampuan untuk meremediasi logam merkuri yang menjadi bahan pencemar di sebagian besar areal *tailing* bekas penambangan emas rakyat. Selanjutnya data tentang jenis-jenis vegetasi yang bersifat fitoremediator merkuri, dapat digunakan untuk mendorong terjadinya percepatan suksesi di lokasi yang bersangkutan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang menggali sebanyak-banyaknya data dan informasi tentang jenis-jenis vegetasi di areal bekas penambangan emas rakyat. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari hubungan antara tingkat cemaran merkuri dengan perkembangan vegetasi di atasnya (suksesi alami). Kegiatan dilakukan dengan melakukan analisis vegetasi hasil suksesi alami.

#### BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah vegetasi lokal yang tumbuh di lokasi penelitian dan contoh *tailing* bekas penambangan emas rakyat. Penelitian ini adalah tentang ekologi kuantitatif, melalui analisis vegetasi. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah petak ganda, dengan ukuran petak 20 m x 20 m. Ukuran petak tersebut didasarkan pada tingkat pertumbuhan (Soerianegara dan Indrawan, 1988). Petak contoh diletakkan pada lokasi bekas penambangan emas rakyat di Cagar Alam Mandor dengan kategori : terbuka (tutupan vegetasi 0-30 %), tertutup sedang (tutupan vegetasi 31-60 %) dan tertutup vegetasi > 61%. Kondisi tutupan vegetasi tersebut disajikan pada Gambar 1. Dalam satu petak contoh semua vegetasi yang ditemukan diamati dari tingkat semai dan tumbuhan bawah sampai dengan pohon (kalau ada). Sebelum petak contoh pengamatan diletakkan, terlebih dahulu dilakukan orientasi lapangan untuk menentukan lokasi yang paling baik dan dapat mewakili tujuan penelitian.

Analisis vegetasi dibedakan atas tingkat pertumbuhan tanaman yaitu : (a) tumbuhan bawah dan tingkat semai setinggi  $\leq 1,5$  m (b) tingkat pancang setinggi  $\geq 1,5$  m, dengan diameter < 10 cm (c) tingkat tiang berdiameter 10 - < 20 cm dan (d) tingkat pohon berdiameter  $\geq 20$  cm. Penempatan petak pengamatan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penempatan petak di areal bekas penambangan emas rakyat dengan tutupan vegetasi (a) 0-30%, (b) 31-60% dan (c) > 61%.

Data vegetasi yang diambil dan diamati dalam penelitian ini meliputi jenis dan jumlah vegetasi pada setiap petak pengamatan dan setiap tingkat pertumbuhan dari tumbuhan bawah, semai, pancang, tiang dan pohon. Untuk investigasi lebih dalam, selanjutnya dihitung nilai-nilai : INP/Indeks Nilai Penting (*Importance Value Indeks*), Keanekaragaman\_Jenis menggunakan rumus Simpson, dan Koefisien Kesamaan Komunitas (*Coefficient of Community*).

Analisis juga dilakukan terhadap contoh tailing bekas penambangan emas, untuk mengetahui kandungan merkuri totalnya. Analisis merkuri total dilakukan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS Shimadzu AA-7000) dan dilakukan di Laboratorium Kimia Baristanindag Pontianak.

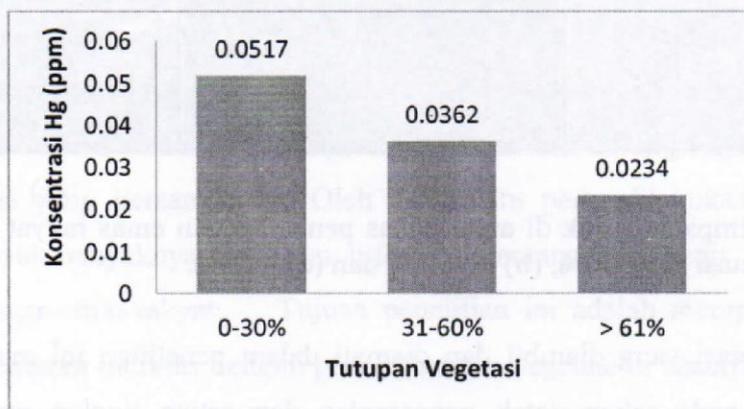
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Konsentrasi Merkuri di Tailing

Hasil analisis merkuri total di tailing bekas penambangan emas rakyat menunjukkan bahwa dengan semakin rapat/tertutupnya lahan oleh vegetasi hasil suksesi alami, konsentrasi merkuri semakin rendah/turun (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa suksesi alami sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi merkuri di tanah/tailing.

Fenomena ini juga menunjukkan bahwa vegetasi pionir yang tumbuh di areal bekas penambangan emas adalah vegetasi yang memiliki kemampuan meremediasi merkuri. Meskipun proses remediasi merkuri oleh vegetasi tersebut berbeda-beda, ada yang bersifat *phytoextraction*, *phytostabilization*, *phytovolatilization* maupun *rhizofiltration* (Pivetz, 2001; Ward and Singh, 2004; Prabha, 2007; Fulekar *et al.*, 2009; Sarma, 2011), namun pengaruhnya terhadap konsentrasi merkuri di *tailing* adalah sama yaitu terjadi

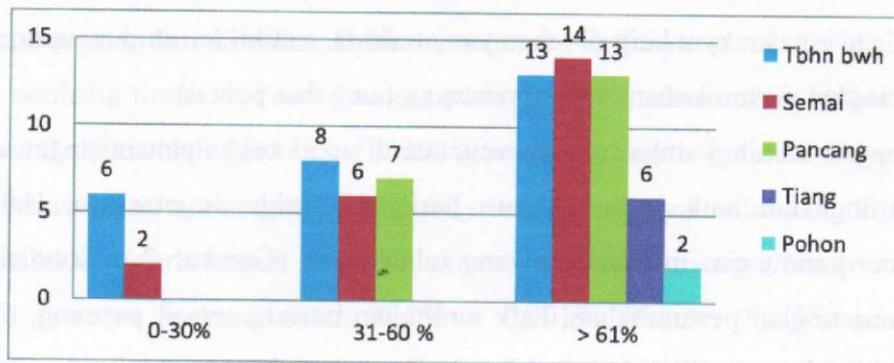
pengurangan. Dengan demikian, keberadaan vegetasi menjadi sangat penting dalam menurunkan konsentrasi merkuri di *tailing* yang tercemar merkuri. Oleh karena itu, potensi ini selanjutnya menjadi perhatian untuk dimanfaatkan sebesar-besarnya guna mengatasi permasalahan pencemaran merkuri di *tailing* melalui fitoremediasi.



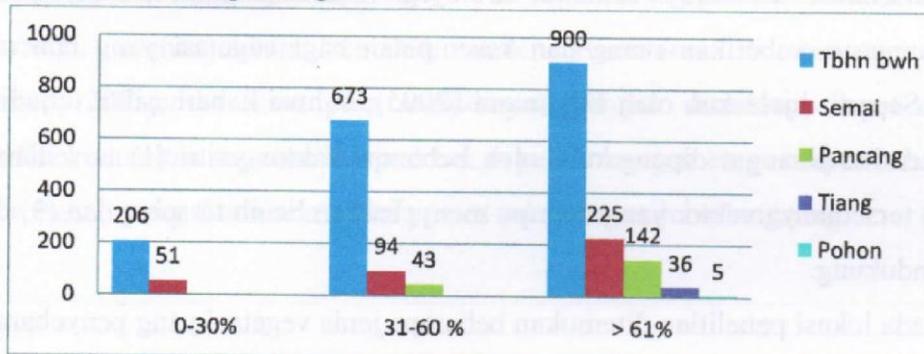
Gambar 2. Konsentrasi merkuri total di *tailing* bekas penambangan emas rakyat berdasarkan perbedaan tingkat tutupan vegetasi

## 2. Sebaran Vegetasi Hasil Sukseksi Alami di Lahan Tailing

Berbanding terbalik dengan kandungan merkuri di *tailing*, perkembangan vegetasi hasil suksesi alam yang tumbuh di atasnya meningkat dengan menurunnya konsentrasi merkuri di lahan *tailing*. Hal ini terlihat jelas pada Gambar 3 dan Gambar 4. Setelah dilakukan analisis pada masing-masing tutupan vegetasi di areal bekas penambangan emas rakyat, ditemukan tingkat permudaan dan tumbuhan bawah yang bervariasi, baik dalam jumlah jenis maupun jumlahnya. Tidak semua tingkat permudaan ditemukan pada semua kondisi tutupan vegetasi. Tumbuhan bawah dan permudaan tingkat semai ditemukan di semua areal bekas penambangan emas rakyat baik yang tertutup vegetasi 0-30%, 31-60% dan > 61%. Permudaan tingkat pancang hanya ditemukan pada areal yang telah tertutup sedang dan rapat (31-60% dan > 61%). Sedangkan permudaan tingkat tiang dan pohon hanya ditemukan pada areal yang telah tertutup vegetasi > 61%. Berdasarkan hasil wawancara dengan petugas Cagar Alam dan penduduk setempat, hal ini terjadi karena areal yang telah tertutup vegetasi > 61% adalah areal yang telah ditinggalkan penambang emas selama lebih dari 10 tahun. Sementara untuk areal dengan tutupan vegetasi 0-60%, adalah areal bekas tambang yang telah ditinggalkan kurang dari 6 tahun.



Gambar 3. Jumlah jenis vegetasi yang ditemukan di lokasi penelitian berdasarkan persentase tutupan vegetasi



Gambar 4. Jumlah individu vegetasi yang ditemukan di lokasi penelitian berdasarkan persentase tutupan vegetasi

Selain faktor perbedaan lamanya ditinggalkan penambang (umur areal), faktor sumber benih menjadi kunci utama mulai terjadinya proses suksesi (Nurtjahya, 2008). Apabila diperhatikan dari data komposisi jenis vegetasi, ada 2 jenis vegetasi yang selalu muncul di semua tingkat pertumbuhan dan relatif selalu dominan. Dua jenis vegetasi tersebut adalah simpur dan akasia. Untuk jenis simpur, adalah jenis lokal (endemik) yang memang paling mudah tumbuh di semua kondisi lahan termasuk lahan kritis, sehingga keberadaannya di lokasi tersebut tidak mengherankan. Namun demikian untuk jenis akasia, merupakan jenis yang berasal dari luar lokasi (eksotik). Hal ini disebabkan karena lokasi Cagar Alam Mandor bersebelahan dengan PT. Inhutani II dan tidak jauh dari juga dari lokasi pusat penghijauan pemda Kabupaten Landak, yang didalamnya terdapat tanaman akasia (*Acacia mangium*). Akasia merupakan jenis tanaman yang memiliki biji sangat kecil, ringan dan mudah terbang, sehingga penyebarannya sangat mudah dengan jangkauan yang luas. Apalagi jenis tanaman ini tidak memerlukan persyaratan tumbuh yang sulit (tidak memerlukan kesuburan tanah baik), artinya sangat mudah tumbuh dimana saja sekalipun di lahan kritis. Oleh karena itu, jenis akasia ditemukan di areal bekas

penambangan emas rakyat baik di lahan yang terbuka, sedikit tertutup maupun tertutup, dan di semua tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang dan pohon).

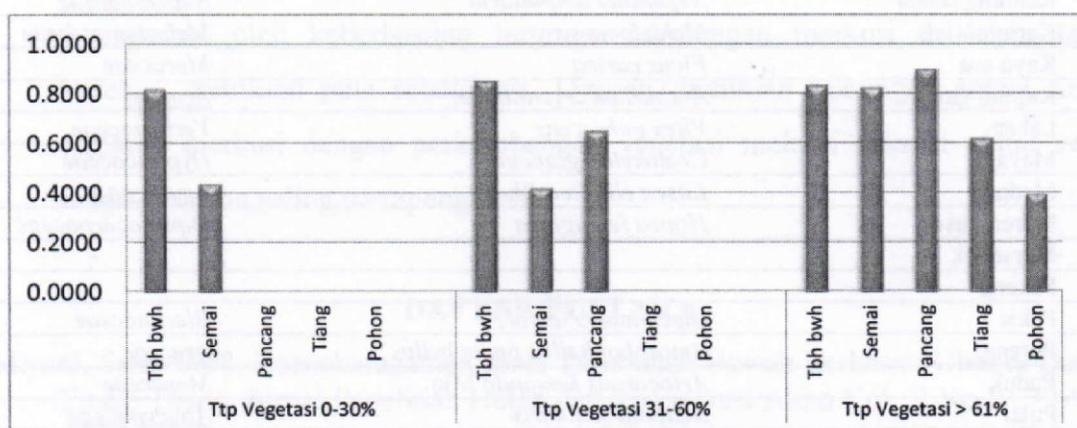
Dengan meningkatnya tutupan vegetasi di areal bekas penambangan emas rakyat, terjadi peningkatan baik jenis maupun jumlah individu vegetasinya. Hal ini diduga disebabkan kandungan merkurnya yang telah turun (Gambar 2.). Kondisi ini berlaku untuk semua tingkat pertumbuhan, baik tumbuhan bawah, semai, pancang, tiang maupun pohon. Hal ini jelas terlihat dari Gambar 3. Fenomena ini memberikan gambaran bahwa dengan semakin tertutupnya areal bekas penambangan emas oleh vegetasi secara alami, selain konsentrasi merkurnya semakin turun juga memberikan iklim mikro yang semakin baik sehingga memberikan ruang dan kesempatan bagi vegetasi yang lain untuk dapat tumbuh. Seperti dijelaskan oleh Densmore (2005), bahwa keberhasilan terjadinya proses suksesi terutama sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu (1) tersedianya sumber benih (2) tersedianya vektor yang mampu menyebarkan benih tersebut dan (3) iklim mikro yang mendukung.

Pada lokasi penelitian ditemukan beberapa jenis vegetasi yang penyebarannya tidak merata. Artinya jenis tersebut tidak ditemukan di awal suksesi (kondisi masih terbuka-tertutup sedang dengan tutupan vegetasi < 60%) kemudian ditemukan di areal yang telah tertutup > 61%. Demikian sebaliknya, ada beberapa jenis vegetasi yang ditemukan di areal yang masih terbuka, tetapi tidak ditemukan lagi di lokasi yang telah tertutup vegetasi > 61%. Jenis-jenis tersebut adalah jelutung, gerunggang dan karimunting yang ditemukan di areal bekas penambangan emas rakyat dengan tutupan vegetasi sedang (31-60%) pada tingkat pertumbuhan semai dan pancang. Namun pada areal dengan tutupan vegetasi > 61%, jenis-jenis tersebut tidak ditemukan lagi baik pada tingkat semai, pancang, tiang maupun pohon. Hal ini secara jelas memberikan gambaran bahwa meskipun benih yang telah disebarkan baik oleh angin, aliran air atau binatang seperti burung mampu berkecambah di lokasi tersebut, tetapi untuk pertumbuhan ke tingkat selanjutnya diperlukan kemampuan dari vegetasi tersebut untuk mengatasi permasalahan cemaran merkuri. Oleh karena itu benar adanya bahwa hanya vegetasi yang memiliki sifat remediator merkuri yang mampu bertahan hidup dan berkembangbiak di lahan yang tercemar merkuri (Hidayati, 2005; Moenir, 2010). Jadi, dari penelitian ini diketahui bahwa jelutung, gerunggang dan karimunting adalah jenis-jenis yang bukan remediator merkuri. Sedangkan simpur dan akasia terindikasi sebagai tanaman remediator merkuri.

Waktu yang diperlukan oleh setiap komunitas mencapai klimaks, bervariasi. Untuk areal bekas penambangan emas, dalam kurun waktu > 10 tahun yang telah ada di lokasi

penelitian, masih jauh dari klimaks. Bahkan menurut Nurtjahya *et. al.* (2009) suksesi di lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka pada umur 38 tahun masih belum terbentuk klimaks. Ditambahkan oleh Limbong (2005) dibutuhkan waktu puluhan sampai ratusan tahun untuk lahan bekas tambang emas kembali menjadi hutan sekunder yang klimaks.

Berdasarkan perhitungan indeks keanekaragaman jenis Simpson, secara keseluruhan nilainya berkisar antara 0,400 – 0,9019 (Gambar 5). Kisaran nilai ini menggambarkan keanekaragaman jenis yang rendah karena nilainya  $< 1$  (Abdiyani, 2008). Selanjutnya juga dijelaskan bahwa keanekaragaman dikatakan sedang apabila nilainya berkisar antara 1-3 dan tinggi apabila nilainya  $> 3$ . Semakin tinggi nilai keanekaragaman di suatu kawasan, menunjukkan semakin stabil komunitas di kawasan tersebut (Wirakusumah, 2003), demikian pula sebaliknya. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kondisi komunitas vegetasi di areal bekas penambangan emas rakyat belum stabil. Artinya, perubahan yang ditandai melalui proses suksesi masih berlangsung.



Gambar 5. Nilai indeks keanekaragaman jenis Simpson ( $D_s$ ) dari tingkat pertumbuhan vegetasi pada masing-masing persentase tutupan vegetasi

Nilai kesamaan komunitas hanya dapat dihitung untuk tingkat tumbuhan bawah dan semai, yang berkisar antara 32,37% - 69,54%. Nilai ini menunjukkan bahwa jenis-jenis yang tumbuh di lahan tailing bekas penambangan emas rakyat memiliki kesamaan komunitas rendah-sedang. Hal ini diduga karena suksesi yang terjadi di lahan tailing tersebut masih merupakan tahap awal. Seperti pendapat Soerianegara dan Indrawan (1988), bahwa pada tahap permulaan suksesi, biasanya jenis-jenis yang tumbuh cukup bervariasi yang didominasi jenis rumput-rumputan dan perdu. Pada perkembangan selanjutnya, setelah terbentuk hutan sekunder maka hanya jenis-jenis yang mampu bertahan yang ditemukan. Kondisi tapak juga sangat mempengaruhi. Dalam hal ini, keterbatasan tailing

sebagai media pertumbuhan tanaman menyebabkan keterbatasan jenis yang dapat tumbuh dengan baik di lahan tersebut. Jenis-jenis vegetasi yang ditemukan di tailing bekas penambangan emas rakyat, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar nama lokal, nama ilmiah dan famili vegetasi yang ditemukan di tailing bekas penambangan emas rakyat Cagar Alam Mandor

No	Nama Indonesia/Lokal	Nama Ilmiah	Famili
1.	Akasia	<i>Acasia mangium</i>	<i>Fabaceae</i>
2.	Bakung	<i>Crynum asiaticum</i> L.	<i>Amaryllidaceae</i>
3.	Bingir	<i>Ploiarium alternifolium</i>	<i>Bonnetiaceae</i>
4.	Cengkodok	<i>Melastoma malabathricum</i>	<i>Melastomataceae</i>
5.	Cerunai	<i>Chromolaena odorata</i>	<i>Asteraceae</i>
6.	Gerunggang	<i>Cratoxylon arborescens</i>	<i>Hypericaceae</i>
7.	Ilalang	<i>Imperata cylindrical</i>	<i>Poaceae</i>
8.	Jagu	-	-
9.	Jalinat	-	-
10.	Janang	<i>Adina minutiflora</i>	<i>Rubiaceae</i>
11.	Jelutung	<i>Dyera costulata</i>	<i>Apocynaceae</i>
12.	Jirak	<i>Symplocos cochinchinensis</i>	<i>Symplocaceae</i>
13.	Kamayo	-	-
14.	Kantong semar	<i>Nepenthes ampullaria</i>	<i>Nepenthaceae</i>
15.	Karimunting	<i>Melastoma sp</i>	<i>Melastomataceae</i>
16.	Kayu ara	<i>Ficus carica</i>	<i>Moraceae</i>
17.	Kuping gajah	<i>Anthurium crystallinum</i>	<i>Araceae</i>
18.	Leban	<i>Vitex pubescens</i>	<i>Verbenaceae</i>
19.	Mayam	<i>Cratoxylon glaucum</i>	<i>Hypericaceae</i>
20.	Medang	<i>Litsea elliptica</i> Blume	<i>Lauraceae</i>
21.	Merempeso	<i>Hopea ferruginea</i>	<i>Dipterocarpaceae</i>
22.	Mersenok	-	-
23.	Pakeng	-	-
24.	Pakis	<i>Blechnum orientale</i>	<i>Blechnaceae</i>
25.	Porang	<i>Amorphophallus oncophyllus</i>	<i>Araceae</i>
26.	Puduk	<i>Artocarpus kemando</i> Miq	<i>Moraceae</i>
27.	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	<i>Apocynaceae</i>
28.	Purun	<i>Eleocharis dulcis</i>	
29.	Resam	<i>Gleichenia linearis</i>	<i>Gleicheniaceae</i>
30.	Rigu-rigu	-	-
31.	Riung	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	<i>Fagaceae</i>
32.	Rotan	<i>Calamus caesiis</i>	<i>Arecaceae</i>
33.	Sabarbaru	<i>Gaertnera vaginans</i> (DC.) Merr.	<i>Rubiaceae</i>
34.	Selasih	<i>Passiflora foetida</i>	<i>Passifloraceae</i>
35.	Sempayak	-	-
36.	Simpur	<i>Dillenia excelsa</i>	<i>Dilleniaceae</i>
37.	Ubah	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L.) DC.	<i>Myrtaceae</i>
38.	Ubah besi	<i>Memecylon edule</i>	<i>Melastomaceae</i>

Sumber : Analisis Data 2012

### 3. Hubungan Tingkat Cemaran Merkuri Dengan Suksesi Lahan Tailing

Berdasarkan data kandungan merkuri di tailing dan perkembangan suksesi di atasnya, terlihat jelas bahwa keberhasilan proses suksesi sangat tergantung dari turunnya kandungan merkuri di lahan tailingnya. Demikian juga sebaliknya, turunnya kandungan

merkuri di lahan tailing sangat dipengaruhi oleh keberadaan vegetasi yang tumbuh di atasnya, karena vegetasi tersebut dapat bersifat remediator merkuri. Sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan antara tingkat cemaran merkuri dengan peristiwa suksesi alami di lahan tailing bekas penambangan emas rakyat adalah saling mempengaruhi satu sama lain.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi atau rapat tutupan vegetasi, konsentrasi merkuri di media tailing semakin rendah atau turun.
2. Sebaliknya semakin tinggi atau rapat tutupan vegetasi (> 61%) ditemukan semakin banyak jumlah jenis dan jumlah individu vegetasi.
3. Keberhasilan proses suksesi di lahan tailing bekas penambangan emas rakyat sangat dipengaruhi oleh keberhasilan turunnya kandungan merkuri di lahan tailing tersebut, demikian pula sebaliknya. Dengan demikian hubungan antara tingkat cemaran merkuri dengan perkembangan vegetasi melalui suksesi alami adalah sangat erat dan saling mempengaruhi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdiyani, Susi. 2008. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Bawah Berkasiat Obat di Dataran Tinggi Dieng. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vol. V No.1 : 79-92.
- Densmore, R.V. 2005. Succession on Subalpine Placer Mine Spoil : Effect of Revegetation With *Alnus viridis* Alaska, USA. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* Vol. 37. No. 1. 2005. pp. 297-303.
- Fulekar, M.H., Anamika Singh and Anwasha M. Bhaduri. 2008. Genetic Engineering Strategies for Enhancing Phytoremediation of Heavy Metals. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (4), pp. 529-535.
- Hidayati, Nuril. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Jurnal Hayati* Vol. 12. No. 1 . 2005. Hlm. 35-40.
- Moenir, Misbachul. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri* Vol. 1 No. 2. 2010. Hlm. 115-123.
- Nurtjahya, Eddy. 2008. Revegetasi Lahan Pasca Tambang Timah Dengan Beragam Jenis Pohon Lokal di Pulau Bangka. Disertasi Pada Sekolah Pascasarjana, IPB.

- Nurtjahya, Eddy, D. Setiadi, E. Guhardja, Muhadiono and Y. Setiadi. 2009. Succession on Tin-Mined Land in Bangka Island. *Blumea*-Vol. 54, 2009 : 131-138.
- Pivetz, Bruce E. 2001. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites*. ManTech Environmental Research Services Corporation, Oklahoma. EPA/540/S-01/500.
- Prabha, K., Padmavathiamma and Loretta Y. Li. 2007. *Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants*. *Water Air Soil Pollut* (2007) 184:105–126, Springer Science & Business Media.
- Sarma, Hemen. 2011. Metal Hyperaccumulation in Plant : A Review Focusing on Phytoremediation Technology. *Journal of Environmental Science and Technology* 4 (2) : 118-138, 2011.
- Soerianegara dan Andry Indrawan. 1988. *Ekologi Hutan Indonesia*. Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Ward, O.P., and Singh, A. 2004. Soil bioremediation and phytoremediation-An overview. In: Singh A, Ward OP (eds) Springer, Berlin, *Applied Bioremediation and Phytoremediation*. 1: 1-11
- Wirakusumah, S. 2003. *Dasar-dasar Ekologi Bagi Populasi dan Komunitas*. UI Press. Jakarta.