

## KOMPOSISI JENIS TUMBUHAN BAWAH DI LAHAN REVEGETASI PASCA TAMBANG BATUBARA

Krisna Adib Setiawan, Sutedjo\*, Paulus Matius

Laboratorium Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman  
Kampus Gunung Kelua, Jl. Panajam, Samarinda 75119  
E-Mail: paktedjo@gmail.com

### ABSTRACT

One component of the tropical rainforest ecosystem is the understorey plants. The plants are not only found at the naturally forest floor, but also on disturbed land such as post-coalmine land. The presence of understorey plants in post-coal mines will accelerate restoring disturbed forest land. This research aims to determine the condition of both understorey and natural pioneer species at the post-coalmine land, in terms of species richness and its diversity. The data was collected by using the plotted-line method, mainly over revegetated land. The result of inventory of understorey species at revegetated land is 43 species, while from its surrounding is even 71 species respectively. The data showed that the number of understorey species at revegetated land is lower than its surrounding. The condition is probably close related to the prior status of mining land as plantation and limited production forest. However, in compare with baseline data at the early time of revegetation activity, the number of understorey species was more diverse at the time of study. During inventory at the revegetation land was also found four species of pioneer plants namely *Homalanthus populneus* (Geiseler) Pax., *Macaranga gigantea* (Rchb.f. & Zoll.) Muell.Arg., *Macaranga tanarius* (L.) Muell.Arg., and *Trema orientalis* L. (Blume). Post-coalmining land is looking as severe degraded land following intensively managed, those consequently bring through a limited number of understorey species.

*Keywords: Post mining; understorey; pioneer species*

### ABSTRAK

Salah satu komponen dari ekosistem hutan hujan tropis adalah tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah tidak hanya dijumpai di lantai hutan, tapi juga di lahan terganggu seperti lahan pasca tambang batubara. Tumbuhnya secara alami tumbuhan bawah di lahan pasca tambang batubara akan membantu dalam proses memulihkan lahan hutan yang terganggu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tumbuhan bawah dan jenis pionir alami di lahan pasca tambang batubara dalam hal kekayaan jenis, keragaman jenis. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode garis berpetak di lahan revegetasi. Hasil inventarisasi diluar lahan revegetasi dijumpai 71 jenis tumbuhan bawah, sedangkan di lahan revegetasi dijumpai 43 jenis tumbuhan bawah. Dari kedua lokasi penelitian, jenis tumbuhan bawah di lahan sekeliling lokasi penelitian dijumpai lebih banyak. Jika dibandingkan dengan data rona awal, jenis tumbuhan bawah lebih beragam pada saat penelitian dilakukan. Kondisi tersebut diduga karena tempat penelitian sebelum dilakukan penambangan merupakan hutan sekunder bekas hutan produksi yaitu Hutan Produksi Terbatas (HPT) dan Hutan Tanaman Industri (HTI), sehingga memungkinkan jika memiliki keragaman jenis yang rendah. Di lahan revegetasi terdapat 4 jenis tumbuhan pionir yaitu *Homalanthus populneus* (Geiseler) Pax., *Macaranga gigantea* (Rchb.f. & Zoll.) Muell.Arg., *Macaranga tanarius* (L.) Muell.Arg., dan *Trema orientalis* L. (Blume). Lahan pasca tambang batubara merupakan lahan yang mengalami gangguan berat, serta merupakan komunitas yang terkendali oleh manusia, sehingga memiliki keragaman jenis yang rendah.

*Kata kunci: Pasca tambang; tumbuhan bawah; tumbuhan pionir*

### PENDAHULUAN

Komunitas tumbuhan bawah tidak hanya dijumpai di lantai hutan, tapi juga terdapat di lahan terbuka seperti tepi jalan, tebing sungai, lahan pertanian, perkebunan dan di lahan terganggu ringan maupun lahan terganggu berat seperti lahan pasca tambang batubara. Pada proses pertambangan batubara, akan menimbulkan kerusakan terhadap bentang alam hutan, sehingga menghilangkan ekosistem secara permanen. Tumbuhnya secara alami tumbuhan bawah di lahan pasca tambang, diduga bahwa komunitas vegetasi tersebut bersifat hipertoleran dan

hiperkumulator, yaitu dapat mentolerir logam dengan konsentrasi tinggi dan dapat mengakumulasi logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada jaringannya (Widyati, 2011). Tumbuhan bawah juga merupakan jenis-jenis yang toleran terhadap berbagai lingkungan termasuk lingkungan yang kering, tandus, dan miskin unsur hara. Oleh karena itu, tumbuhan bawah banyak digunakan sebagai tanaman pionir guna merehabilitasi lahan-lahan marjinal dan terganggu seperti lahan pasca tambang batubara, sehingga tumbuhnya secara alami tumbuhan bawah di lahan pasca tambang batubara akan

membantu dalam proses memulihkan kondisi lahan hutan terganggu akibat penambangan.

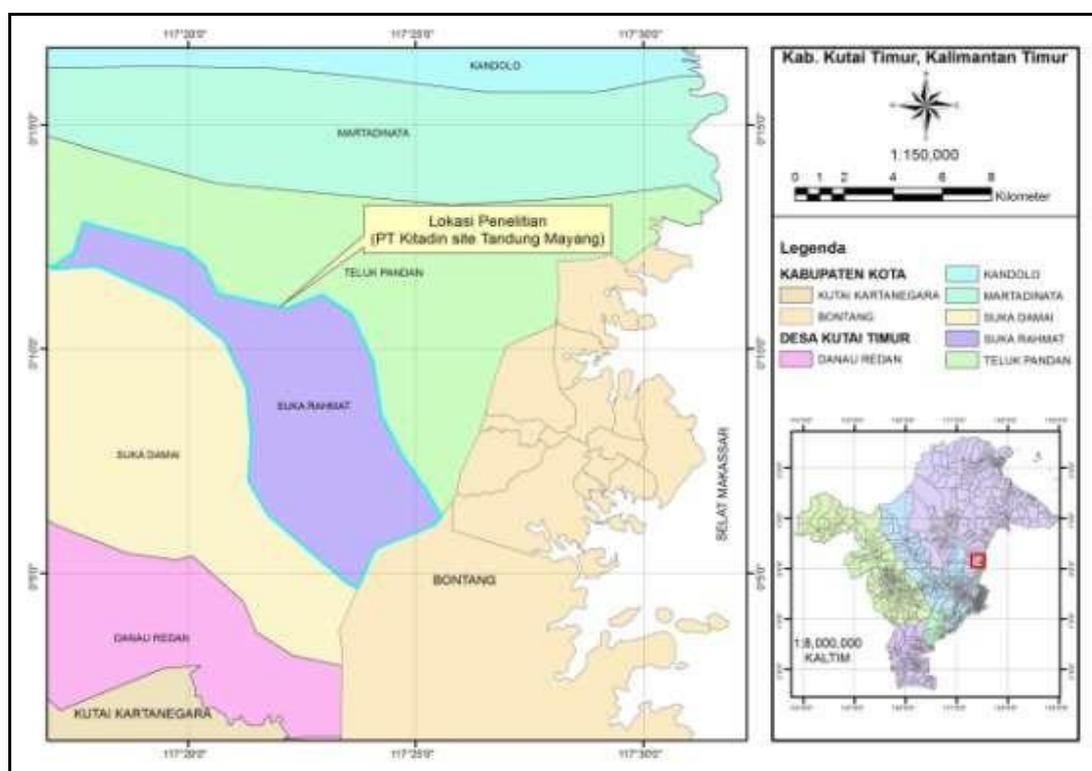
Studi mengenai tumbuhan bawah khususnya di lahan pasca tambang batubara maupun pada lahan terganggu lainnya masih sedikit dilakukan. Selain itu, pemahaman oleh pelaku tambang mengenai revegetasi di lahan pasca tambang juga masih kurang, sehingga informasi mengenai tumbuhan bawah di lahan pasca tambang sangatlah terbatas. Dalam penelitian ini, objek penelitian adalah tumbuhan bawah yang tumbuh secara alami, akan tetapi jenis-jenis pionir alami yang tumbuh di lokasi penelitian juga akan diinventarisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tumbuhan bawah dan jenis-jenis pionir alami di lahan pasca tambang batubara dalam hal kekayaan jenis; keragaman

jenis; dan mengetahui manfaat ekonomis maupun ekologis.

## METODE

### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai komposisi jenis tumbuhan bawah di lahan revegetasi pasca tambang batubara, dilaksanakan di lahan revegetasi tahun 2013 perusahaan tambang batubara PT Kitadin site Tandung Mayang, Kutai Timur, Kalimantan Timur untuk pengambilan data. Sedangkan pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Dendrologi dan Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan Unmul. Waktu yang digunakan untuk penelitian ini kurang lebih 6 bulan mulai bulan Juli 2015 sampai dengan bulan Desember 2015.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### B. Alat dan Bahan Penelitian

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain meteran, *Global Positioning System* (GPS), *luxmeter*, *clinometer*, parang, pita survey, meteran, kamera, kompas, gunting stek dan buku panduan identifikasi jenis liana. Sedangkan bahan yang digunakan adalah

alkohol, kertas specimen, semua jenis tumbuhan bawah di plot sampel.



Gambar 2. Lahan revegetasi tahun 2013 PT Kitadin Site Tandung Mayang

**C. Prosedur Penelitian**

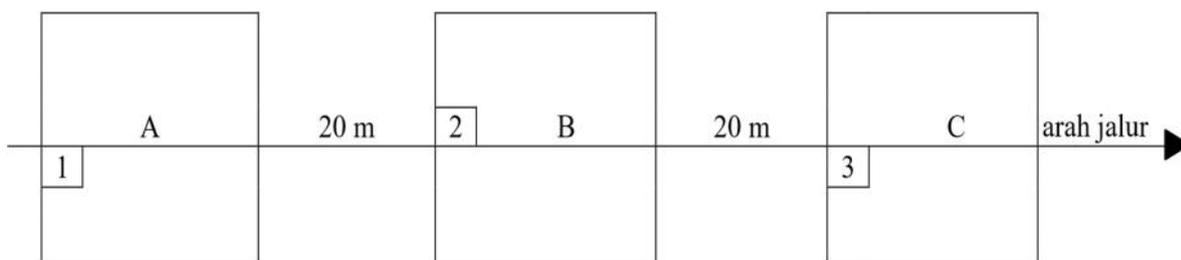
**1. Orientasi lapangan**

Kegiatan orientasi lapangan merupakan bagian dari penelitian yang dilaksanakan sebelum pengambilan data di lapangan. Tahapan ini dilaksanakan dengan mempelajari situasi dan kondisi lapangan secara menyeluruh. Tujuan pada tahapan ini adalah untuk menetapkan lokasi yang akan digunakan sebagai tempat penelitian yaitu berupa petak penelitian, sehingga mempermudah kegiatankegiatan pada tahapan selanjutnya.

**2. Teknik pembuatan plot**

Pengumpulan data primer dilakukan di lokasi penelitian dengan mengadakan inventarisasi lapangan. Dimana data yang dikumpulkan adalah

tumbuhan bawah dan jenis-jenis pionir yang tumbuh dari proses regenerasi alami. Adapun pengumpulan data primer, dilakukan dengan pembuatan petak penelitian dan eksplorasi deskriptif. Pembuatan petak, dilaksanakan sesuai dengan rencana dan tujuan penelitian, yaitu menggunakan metode garis berpetak (Kusmana, 1997). Metode ini merupakan modifikasi dari metode petak ganda atau metode jalur, yaitu dengan cara melompati satu atau lebih petak dalam jalur, sehingga sepanjang garis rintis terdapat petak-petak pada jarak tertentu yang sama. Semua parameter kuantitatif dapat dihitung sama dengan cara pada petak ganda maupun pada cara jalur.



Keterangan :  
 1, 2, 3 : petak contoh pengamatan 2x2 m untuk tumbuhan bawah  
 A, B, C : petak pengamatan 20x20 m

Gambar 3. Desain plot di lapangan dengan metode garis berpetak (Kusmana, 1997)

Pada penelitian ini, petak contoh dibuat pada 10 jalur sepanjang 200 m, dengan arah memotong kontur. Masing-masing petak berukuran 20 × 20

m dengan jarak tiap petak 20 m, kemudian dalam petak ini dibuat petak contoh pengamatan berukuran 2 × 2 m sebanyak 1 petak contoh

pengamatan. Sehingga total petak contoh pengamatan yang dibuat sebanyak 50 petak.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian survey eksploratif yaitu memperoleh informasi atau data-data dengan cara melakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, di mana objek penelitian adalah tumbuhan Liana atau tumbuhan pemanjat. Untuk lokasi pengambilan sampel menggunakan metode transek dengan lebar 20 meter yaitu menetapkan garis transek dengan arah memotong garis kontur dengan batasan 3 paparan cahaya yang berbeda yaitu terbuka, sedang dan tertutup serta mempertimbangkan keterwakilan tipe komunitas yang diamati. Informasi jenis Liana di lokasi dikumpulkan dari 3 transek pengamatan,

yang dimulai dengan penentuan titik awal kemudian mencatat intensitas cahaya. Setiap Liana yang ditemukan di sekitar jalur diambil dan dicatat jenisnya baik yang sudah diketahui maupun yang belum diketahui nama jenisnya diambil spesimennya untuk pembuatan herbarium dan untuk proses identifikasi.

### 3. Teknik pengambilan data

Dalam inventarisasi tumbuhan bawah, penghitungan jumlah individu dihitung berdasarkan perawakan (*habitus*) masing-masing jenis tumbuhan bawah. Dalam plot pengamatan, tumbuhan bawah yang berperawakan herba, terna ataupun perdu, dihitung berdasarkan batangnya, sedangkan tandan rumput-rumputan dan teki-tekiian dihitung sebagai satu individu.



Gambar 4. Pengambilan data tumbuhan bawah

Proses pengumpulan data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Pada tahapan ini, pengambilan data dilakukan dengan penjelajahan di lahan revegetasi dan di lahan luar tambang. Penelitian ini kemudian diinterpretasikan dalam bentuk penulisan deskriptif menggunakan pendekatan kualitatif. Metode deskriptif memusatkan perhatian terhadap masalah-masalah atau fenomena-fenomena yang ada pada saat penelitian dilakukan atau masalah yang bersifat aktual, kemudian menggambarkan fakta tentang masalah yang diselidiki sebagaimana adanya diiringi dengan interpretasi (Nawawi, 1990).

Sehingga hasil dari tahapan ini berupa gambaran fakta-fakta dan penjelasan mengenai objek penelitian sesuai dengan kenyataan sebagaimana adanya, serta menganalisa untuk memberikan kebenarannya berdasarkan data yang diperoleh.

### 4. Analisis data

Untuk mengetahui gambaran kehadiran tumbuhan bawah di lahan revegetasi pasca tambang batubara, maka dari data yang dikumpulkan dilakukan pengolahan data dengan menganalisa keragaman menggunakan indeks keragaman jenis, kemerataan jenis, dan dominansi jenis.

#### a. Indeks Keragaman Jenis

Keragaman jenis merupakan ciri tingkatan komunitas dan struktur komunitas. Keragaman juga dapat digunakan untuk mengukur stabilitas komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil meskipun ada gangguan terhadap komponen-komponennya (Soegianto, 1994). Keragaman yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi karena interaksi spesies yang terjadi dalam komunitas itu sangat tinggi. Indeks keragaman jenis menunjukkan nilai keseimbangan keragaman dalam suatu pembagian jumlah individu tiap jenis.

Sedikit atau banyaknya keragaman jenis dapat dilihat dengan menggunakan indeks keragaman. Keragaman mempunyai nilai terbesar jika semua individu berasal dari genus atau jenis yang berbeda-beda. Sedangkan nilai terkecil didapat satu genus atau satu jenis saja (Odum, 1993). Analisis keragaman jenis ditentukan dengan menggunakan rumus indeks keragaman jenis Shannon ( $H'$ ) menurut Magurran (1988).

$$H' = - \{ (ni/N) \cdot \ln (ni/N) \}$$

#### b. Indeks Kemerataan Jenis

Indeks kemerataan jenis (E) menurut Odum (1993), semakin besar nilai E menunjukkan kelimpahan yang hampir seragam dan merata antar jenis. Nilai indeks kemerataan jenis (E) berkisar antara 0-1, di mana 0 menunjukkan kelimpahan yang tidak merata, sedangkan angka maksimal yaitu 1 menunjukkan kelimpahan yang merata.

$$E = \frac{H'}{\ln(s)}$$

#### c. Indeks Dominansi Jenis (C)

Indeks dominansi jenis (*Index of Dominance*) adalah parameter yang menyatakan tingkat terpusatnya dominansi (penguasaan) spesies dalam suatu komunitas. Penguasaan atau dominansi spesies dalam komunitas bisa terpusat pada satu spesies, beberapa spesies, atau pada banyak spesies (Indriyanto, 2012). Indeks dominansi dihitung dengan menggunakan rumus indeks dominansi jenis yang dikemukakan oleh Simpson (C) menurut Margalef (1958):

$$C = (ni/N)^2$$

Nilai indeks dominansi jenis yang tertinggi adalah 1, yang menunjukkan bahwa komunitas tersebut dikuasi oleh satu jenis atau terpusatnya

pada satu jenis. Jika beberapa jenis mendominasi secara bersama-sama maka indeks dominansi akan mendekati nol.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai komposisi jenis tumbuhan bawah ini dilaksanakan di lahan revegetasi pasca tambang batubara tahun 2013 PT Kitadin, site Tandung Mayang. Secara administrasi areal eksploitasi PT Kitadin site Tandung Mayang terletak di wilayah Desa Suka Rahmat, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan peta paduserasi rencana tata ruang wilayah Provinsi Kalimantan Timur dan tata guna lahan kesepakatan, PT Kitadin site Tandung Mayang berada dalam kawasan budidaya kehutanan (KBK). Lahan tersebut merupakan kawasan HPT seluas 1.487 Ha dan HTI PT Surya Hutani Jaya seluas 851 Ha (Anonim, 2014). Sedangkan secara geografis terletak pada koordinat 00°11'00" LU dan 117°21'11" BT. Dalam proses penambangan, PT Kitadin site Tandung Mayang menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit mining*) atau juga disebut tambang permukaan. Kegiatan rehabilitasi lahan PT Kitadin site Tandung Mayang dimulai sejak tahun 2007 yang meliputi reklamasi dan revegetasi. PT Kitadin site Tandung Mayang mengelola areal eksploitasi seluas 2.338 Ha yang dibagi menjadi empat blok. Sedangkan untuk lahan revegetasi tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang seluas 50,78 Ha. Sebagian lahan revegetasi tahun 2013 pernah dipakai lokasi penimbunan *top soil* (*top soil stockpile*) dari lahan revegetasi tahun 2014. Sebagian lahan revegetasi tersebut juga digunakan sebagai jalan akses menuju lahan revegetasi tahun 2012 dan 2013. Dalam penelitian ini, untuk menginventarisasi tumbuhan bawah menggunakan metode garis berpetak (Kusmana, 1997) sebanyak 50 plot contoh. Total luas areal penelitian sekitar ± 80.000 m<sup>2</sup>.

Berdasarkan rencana reklamasi tahun 2010-2014 PT Kitadin site Tandung Mayang, untuk menjaga kestabilan lereng, lahan reklamasi dibentuk teras berjenjang atau teras bangku dengan sudut kemiringan tiap teras (*single slope*) sekitar 35°, sedangkan sudut kemiringan seluruh teras (*overall slope*) sekitar 18°. Lebar tiap teras (bidang olahan) seluas 20-30 m dan tinggi 20 m. Pengaturan bentuk teras bangku tersebut telah sesuai dengan pedoman reklamasi lahan pada

Peraturan Menteri Kehutanan nomor P.4/Menhut-II/2011. Berdasarkan hasil pengamatan di lahan revegetasi tahun 2013, jenis *cover crop* yang masih bertahan di lokasi penelitian adalah

*Calopogonium* sp. dan *C. pubescens* Benth. Tanaman penutup tanah jenis *C. pubescens* Benth., paling banyak dijumpai pada saat pengamatan.



Gambar 5. Tanaman penutup tanah (*Cover crop*) *Calopogonium* sp. (kiri) dan *Centrosema pubescens* Benth. (kanan)

Sedangkan untuk jenis-jenis cepat tumbuh (tanaman pokok) yang ditanam berjumlah 31.750 bibit dengan jarak tanam  $4 \times 4$  meter (Anonim, 2014). Berdasarkan data awal penanaman, sengon (*Falcataria moluccana* Miq. Barneby & J.W.Grimes) merupakan jenis yang paling banyak ditanam yaitu sebanyak 11.645 bibit. Sedangkan jenis lain seperti sengon buto (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.) ditanam sebanyak

5.076 bibit; trembesi (*Albizia saman* Jacq. Merr.) sebanyak 7.421 bibit; johar (*Senna siamea* Lam. H.S.Irwin & Barneby) sebanyak 7.608 bibit; dan gamal (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp.) sebagai tanaman sela. Berdasarkan hasil pengamatan saat penelitian (umur 3 tahun), secara deskriptif jenis tanaman cepat tumbuh yang mendominasi adalah jenis sengon.



Gambar 6. Tanaman cepat tumbuh di lahan revegetasi pasca tambang batubara

## B. Kehadiran Tumbuhan Bawah di Lahan Revegetasi

Berdasarkan hasil inventarisasi dalam petak pengamatan, terdapat 43 jenis dari 22 famili tumbuhan bawah. Dari hasil inventarisasi tersebut, selain tumbuhan bawah, terdapat beberapa jenis pionir alami dalam tingkat semai dan tanaman penutup tanah (*cover crop*) yang masih bertahan sampai pada saat penelitian dilakukan yaitu *Calopogonium* sp. dan *Centrosema pubescens* Benth. Tanaman penutup tanah jenis *C. pubescens* Benth paling banyak dijumpai pada saat pengamatan. Pada beberapa titik di lahan revegetasi tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang, jenis tersebut justru menjadi pengganggu

pertumbuhan tanaman cepat tumbuh (tanaman pokok).

Menurut Yasir dkk. (2015), jenis-jenis tanaman penutup tanah (*cover crop*) tidak selamanya memberikan dampak positif terhadap keberhasilan kegiatan rehabilitasi lahan (reklamasi dan revegetasi). Jenis tanaman penutup tanah *Calopogonium* sp. dan *C. pubescens* Benth. merupakan jenis yang cepat tumbuh, menjalar dan melilit sehingga jika ditanam dengan strategi yang tidak tepat akan berdampak terhadap biaya pemeliharaan tanaman yang sangat tinggi. Selain itu, kedua jenis tersebut juga berpotensi menjadi pesaing dan pengganggu tanaman pokok yang menyebabkan tanaman pokok hidup merana dan mati, bahkan terkadang menjadi inang dari bakteri, virus dan jamur.

Tabel 1. Jenis tumbuhan bawah yang dijumpai di lahan revegetasi pasca tambang batubara

No.	Nama	Famili	Habitus	Jumlah
1	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	Perdu	134
2	<i>Cyperus rontudus</i> L.	Cyperaceae	Herba	140
3	<i>Desmodium heterophyllum</i> (Wild.) DC.	Leguminosae	Herba	158
4	<i>Imperata cylindrica</i> (L.)Raeush	Poaceae	Herba	168
5	<i>Lygodium microphyllum</i> (Cav.) R. Br.	Lygodiaceae	Herba	26
6	<i>Melastoma malabathricum</i> L.	Melastomataceae	Perdu	33
7	<i>Merremia peltata</i> (L.) Merr.	Convolvulaceae	Liana	40
8	<i>Mikania micrantha</i> Kunth.	Asteraceae	Liana	323
9	<i>Ottochloa nodosa</i> (Kuth) Dandy	Poaceae	Herba	48
10	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	Poaceae	Herba	1.519

Dari hasil inventarisasi, jenis-jenis yang dijumpai tidak hanya tumbuhan bawah, tapi juga terdapat beberapa jenis pionir alami dalam tingkat semai. Dalam petak penelitian juga terdapat 12

jenis tumbuhan bawah serta semai dari beberapa tumbuhan pionir yang jarang dijumpai dan hadir dengan jumlah individu 1 (satu) individu disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis tumbuhan bawah yang jarang dijumpai di lahan revegetasi pasca tambang batubara

No.	Jenis	Famili	Habitus	Jumlah
1	<i>Acrostichum aureum</i> L.	Pteridaceae	Herba	1
2	<i>Adenia macrophylla</i> (Blume) Koord.	Passifloraceae	Liana	1
3	<i>Blechnum serrulatum</i> Rich	Blechnaceae	Herba	1
4	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Melastomataceae	Perdu	1
5	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	Gleicheniaceae	Herba	1
6	<i>Homalanthus populneus</i> (Geiseler) Pax	Euphorbiaceae	Semai	1
7	<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	Lamiaceae	Herba	1
8	<i>Macaranga tanarius</i> (L.) Mull.Arg.	Euphorbiaceae	Semai	1

No.	Jenis	Famili	Habitus	Jumlah
9	<i>Mimosa pigra</i> L.	Leguminosae	Perdu	1
10	<i>Schefflera elliptica</i> (Blume) Harms	Araliaceae	Perdu	1
11	<i>Solanum jamaicense</i> Mill.	Solanaceae	Perdu	1
12	<i>Urena lobata</i> L.	Malvaceae	Perdu	1

### C. Keragaman Jenis Tumbuhan Bawah

Dalam analisa keragaman, apabila distribusi kelimpahan jenis sama pada beberapa komunitas, keragamannya berbanding lurus dengan populasi di dalamnya. Akan tetapi karena kadar kesamaan merupakan ukuran dari keragaman, dua komunitas bisa tidak sama walaupun nilai kekayaan jenisnya sama, apabila kelimpahan

relatif jenis pada komunitas yang satu hampir sama (*equitable*) dengan yang lainnya (Wirakusumah, 2003). Hasil analisa data tumbuhan bawah di lahan revegetasi pasca tambang batubara umur 3 tahun tertera pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Nilai Indeks Keragaman Jenis, Kemerataan Jenis dan Dominansi Jenis

No.	Indeks	Jumlah Jenis (S)	Jumlah Individu Seluruh Jenis (N)	Nilai
1	Indeks Keragaman Jenis ( $H'$ )			1,82
2	Indeks Kemerataan Jenis (E)	43	2.782	0,48
3	Indeks Dominansi Jenis (C)			0,32

Kekayaan jenis akan berbanding lurus dengan nilai keragaman jenis. Dalam menganalisis keragaman menggunakan indeks keragaman jenis, kemerataan jenis, dan dominansi jenis, akan menunjukkan keseimbangan dalam sebaran jumlah individu setiap jenis serta menunjukkan kekayaan jenis (Odum, 1983). Indeks keragaman jenis ( $H'$ ) Shannon di lahan revegetasi pasca tambang batubara tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang sebesar 1,82 dimana keragaman jenis dalam suatu komunitas cenderung akan rendah apabila secara fisik terkendali oleh manusia. Dalam proses penambangan akan merubah bentang alam dan tutupan tanah secara total, sehingga dalam merehabilitasi lahan pasca tambang harus dikendalikan oleh manusia. Lahan pasca tambang diatur sedemikian rupa untuk mengembalikan lahan seperti rona awal. Tegakan yang ada di lahan revegetasi pun merupakan tanaman homogen hasil budidaya manusia. Kondisi demikian yang menyebabkan jenis yang dijumpai di lahan revegetasi hanya sedikit, sehingga memungkinkan jika di lahan revegetasi memiliki keragaman jenis yang rendah.

Indeks kemerataan jenis (E) tumbuhan bawah di lahan revegetasi pasca tambang batubara tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang sebesar

0,48. Dalam analisa kemerataan jenis, apabila nilai dari indeks kemerataan jenis mendekati 1 (nilai maksimum), maka jumlah individu setiap jenis hampir sama. Dengan demikian, dalam petak penelitian terdapat beberapa jenis yang dominan. Di mana jenis-jenis dominan tersebut diduga mampu memanfaatkan sumberdaya abiotik yang tersedia dengan lebih baik sehingga mampu menekan pertumbuhan jenis-jenis lain.

Indeks dominansi jenis (C) tumbuhan bawah di lahan revegetasi pasca tambang batubara tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang sebesar 0,32. Menurut Kusmana dan Istomo (1997), jika nilai indeks dominansi jenis mendekati 1, maka dominansi terpusat pada satu atau beberapa jenis, sedangkan apabila nilai indeks dominansi mendekati 0, maka dominansi jenis dipusatkan pada banyak jenis. Dari hasil analisa indeks dominansi jenis menunjukkan bahwa lahan revegetasi tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang dominansi jenis dipusatkan oleh banyak jenis. Dominansi suatu jenis terjadi apabila suatu jenis dapat menyesuaikan diri pada habitat sekitarnya dengan baik, dalam hal ini persaingan dengan jenis lain untuk mendapat sumber nutrisi dan ruang tumbuh (Alikodra, 1988). Oleh karena itu, pada petak penelitian diduga banyak jenis

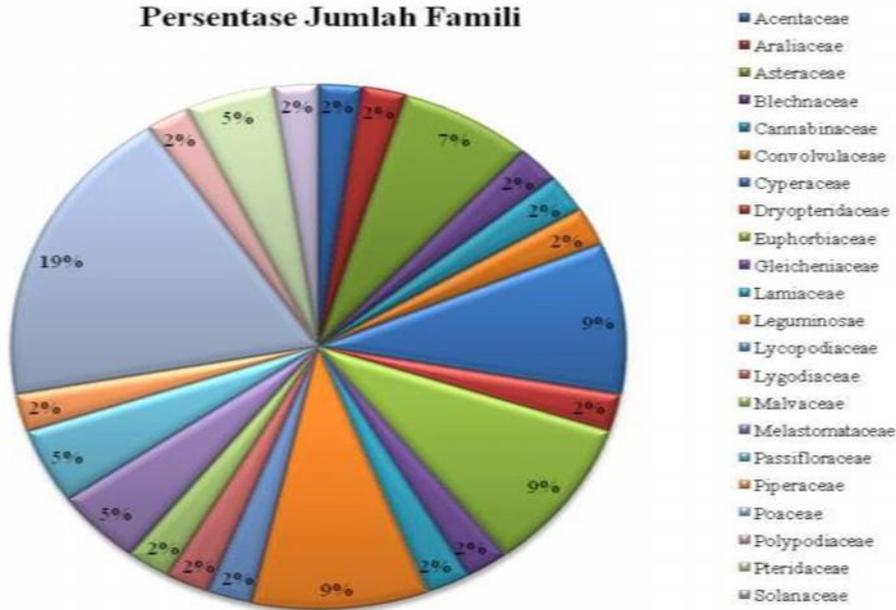
yang mampu beradaptasi di habitat sekitarnya dengan baik.

**D. Proporsi Famili dan Habitus Tumbuhan Bawah di Lahan Revegetasi**

Berdasarkan hasil inventarisasi tumbuhan bawah di lahan revegetasi tahun 2013 PT Kitadin site Tandung Mayang, dijumpai 43 jenis dari 22

famili, dengan habitus (perawakan) herba, liana, perdu dan pohon pada tingkat semai. Total seluruh tumbuhan bawah yang dijumpai berjumlah 2.782 individu. Dari 22 famili tumbuhan bawah, yang memiliki proporsi jenis paling banyak dalam petak penelitian adalah famili Poaceae, yaitu terdapat 8 jenis.

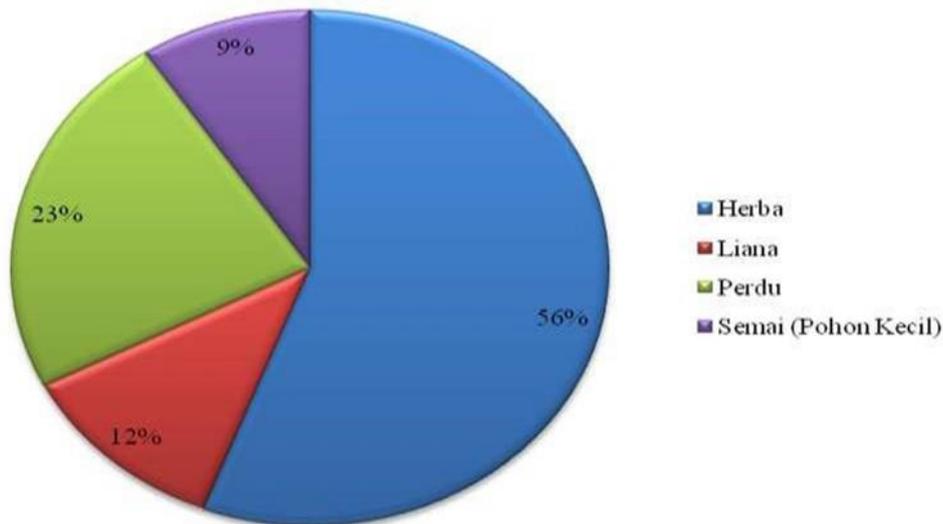
**Persentase Jumlah Famili**



Gambar 7. Proporsi famili tumbuhan bawah

Dari 4 perawakan (habitus) tumbuhan bawah yang berupa herba, liana, perdu, dan pohon pada tingkat semai, yang memiliki proporsi jenis paling banyak dalam petak penelitian adalah jenis yang

berhabitus herba. Lebih dari setengah jumlah jenis yang dijumpai berhabitus herba, yaitu terdapat 24 jenis.



Gambar 8. Proporsi perawakan (habitus) tumbuhan bawah

**E. Jenis Dominan di Lahan Revegetasi**

Dominansi jenis terutama dari sudut pandang kepadatan individu merupakan keadaan yang

umum terjadi baik pada hutan alam yang sedang atau telah mengalami gangguan menjadi hutan sekunder (Sutedjo, 2011). Untuk menduga kondisi tanah khususnya tingkat kesuburan tanah,

tumbuhan bawah dimanfaatkan sebagai indikator dengan dicirikan oleh jenis tumbuhan yang tumbuh secara dominan (Setiadi *et al.*, 2005). Berdasarkan hasilnya penelitian Puspaningsih (2011), tumbuhan bawah diduga sebagai monitoring tingkat keberhasilan reforestasi, mengacu pada terbentuknya kembali struktur dan fungsi hutan klimaks (rona awal) karena tumbuhan bawah merupakan proses awal suksesi yang dapat menggambarkan reforestasi. Sedangkan pada hutan sekunder, tumbuhan bawah akan tumbuh apabila keadaan lingkungan memungkinkan, seperti keadaan tanah yang tidak tererosi.

Berdasarkan hasil inventarisasi, jenis *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius merupakan jenis yang sering dijumpai di petak penelitian, yaitu muncul pada 45 plot dari total 50 plot. Jenis

*P. conjugatum* P.J. Bergius juga memiliki jumlah individu paling banyak, yaitu 1.519 individu dari total 2.784 individu tumbuhan bawah di lahan revegetasi. Berdasarkan ke dua indikasi tersebut, menunjukkan bahwa *P. conjugatum* P.J. Bergius memiliki toleransi yang tinggi terhadap faktor-faktor lingkungan lahan pasca tambang batubara. Soerianegara dan Indrawan (2008), menyebutkan bahwa *P. conjugatum* P.J. Bergius dapat tumbuh subur pada karakter tanah tambang yang cenderung miskin hara dan kering. Selain itu *P. conjugatum* P.J. Bergius juga dapat tumbuh di lahan yang mengandung merkuri, karena mampu mengakumulasi logam merkuri dalam jumlah yang cukup tinggi yaitu mencapai 47 mg Hg/Kg bobot kering, sehingga jenis ini dapat tumbuh dan mendominasi di lahan pasca tambang batubara (Juhaeti dkk, 2009).



Gambar 9. *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius

#### F. Jenis Pionir Lahan Revegetasi

Jenis pionir atau perintis adalah jenis-jenis pohon yang pertama menguasai daerah yang tidak bervegetasi. Pada petak penelitian juga dijumpai jenis-jenis pionir berupa pohon pada tingkat semai. Jenis pionir yang dijumpai pada petak penelitian adalah *Homalanthus populneus* (Geiseler) Pax., *Macaranga gigantea* (Rchb.f. & Zoll.) Muell.Arg., *Macaranga tanarius* (L.) Muell.Arg., dan *Trema orientalis* L. (Blume). Dari keempat jenis tersebut, terdapat 3 jenis yang merupakan jenis pohon pada rona awal yaitu *M. gigantea* (Rchb.f. & Zoll.) Muell.Arg., *M. tanarius* (L.) Muell.Arg., dan *T. orientalis* L. (Blume). Tumbuhnya jenis-jenis tersebut secara

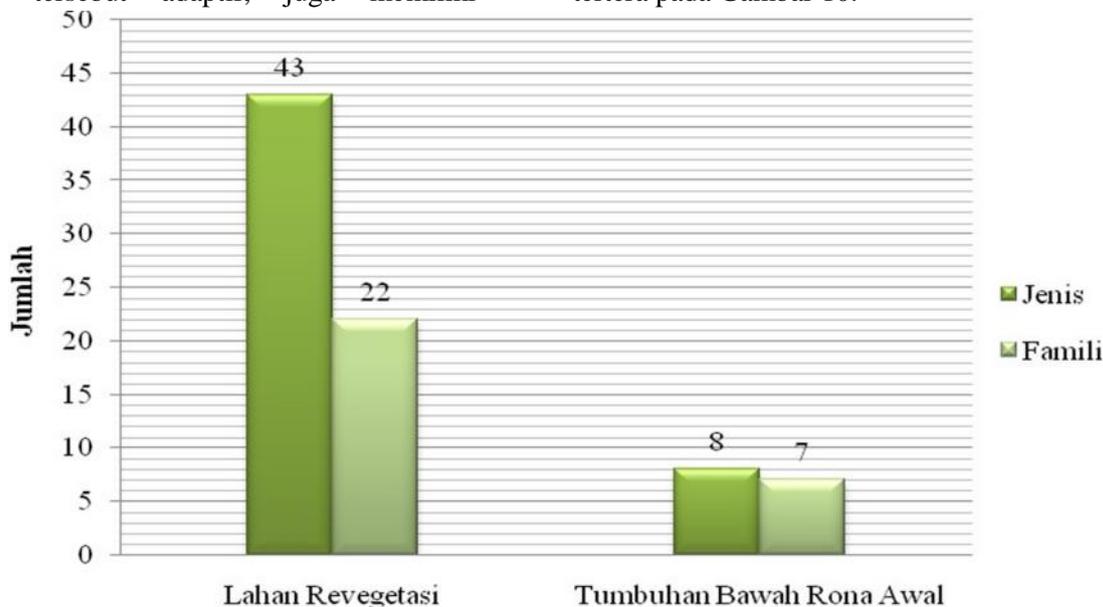
alami di lahan revegetasi pasca tambang batubara yang berumur  $\pm 3$  tahun, mengindikasikan bahwa mulai adanya keterpulihan lahan.

Jenis-jenis pionir yang dijumpai tersebut umumnya memiliki kemampuan cepat tumbuh, menghasilkan serasah yang mudah terdekomposisi, memiliki sistem perakaran yang baik, dan mampu bersimbiosis dengan jenis jamur atau cendawan tertentu. Selain itu, jenis-jenis pionir juga memiliki biji yang sangat kecil, ringan, dan banyak, sehingga mudah diterbangkan oleh angin, burung atau satwa liar lainnya (Yassir dan Sitepu, 2014). Selanjutnya Yassir dan Wilarso (2007), jenis pionir seperti *H. Populneus* (Geiseler) Pax., *M. gigantea* (Rchb.f. & Zoll.)

Muell.Arg., *M. tanarius* (L.) Muell.Arg., dan *T.orientalis* L. (Blume) adalah jenis-jenis potensial yang perlu dikembangkan untuk mendukung kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan yang mengalami kerusakan berat seperti lahan bekas tambang batubara. Pertimbangan pertimbangan tersebut didasarkan karena selain jenis-jenis tersebut adaptif, juga memiliki

kemampuan berasosiasi dengan cendawan mikoriza arbuskula (CMA) ataupun *Rhizobium*.

Apabila dibandingkan dengan data tumbuhan bawah pada saat rona awal, seperti yang tercantum pada dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Amdal), jenis yang dijumpai saat penelitian lebih banyak seperti tertera pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan jumlah jenis dan famili tumbuhan bawah di lahan revegetasi dan rona awal

Kondisi tersebut diduga karena tempat penelitian sebelum dilakukan penambangan merupakan hutan sekunder bekas hutan produksi yaitu Hutan Produksi Terbatas (HPT) dan Hutan Tanaman Industri (HTI) PT Surya Hutani Jaya, sehingga memungkinkan memiliki kekayaan jenis yang rendah dibandingkan keragaman jenis pada saat penelitian dilaksanakan.

Jenis-jenis tumbuhan bawah maupun pionir yang dijumpai di lahan revegetasi, beberapa diantaranya merupakan jenis vegetasi yang ada pada rona awal. Terdapat 7 jenis tumbuhan bawah yang merupakan tumbuhan bawah pada rona awal yaitu *Acrostichum* sp., *Cyperus* sp., *Imperata cylindrica* (L.) Raeush, *Melastoma* sp., *Merremia peltata* (L.) Merr., *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius dan *Piper aduncum* L. Sedangkan dari jenis pohon yang dijumpai, terdapat 3 jenis pohon yang merupakan pohon pada rona awal yaitu *Macaranga gigantea* (Rchb.f. & Zoll.) Muell.Arg., *Macaranga tanarius* (L.) Muell.Arg., dan *Trema orientalis* L. (Blume). Tumbuhnya jenis-jenis tersebut di lahan revegetasi pasca tambang yang berumur  $\pm 3$ , mengindikasikan bahwa mulai adanya keterpulihan lahan.

### G. Jenis Invasif yang Ditemukan di Lahan Revegetasi

Gangguan terhadap suatu komunitas tidak hanya disebabkan oleh eksploitasi yang berlebihan, alih fungsi lahan, atau perubahan iklim, namun juga disebabkan oleh adanya jenis invasif yang memiliki kemampuan tumbuh dan menyebar secara cepat, mengalahkan jenis lainnya. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.94/Menlhk/Setjen/Kum.1/12/2016, jenis invasif adalah spesies, baik spesies asli maupun bukan, yang mengkolonisasi suatu habitat secara masif yang dapat menimbulkan kerugian terhadap ekologi, ekonomi dan sosial. Sedangkan jenis asing invasif diartikan sebagai tumbuhan, hewan, mikroorganisme, dan organisme lain yang bukan merupakan bagian dari suatu ekosistem yang dapat menimbulkan kerusakan ekosistem, lingkungan, kerugian ekonomi, dan berdampak negatif terhadap keragaman hayati dan kesehatan manusia. Adapun jenis-jenis tersebut disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Jenis invasif yang ditemukan di lahan revegetasi

No.	Jenis	Famili
1	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T.anderson	Acentaceae
2	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
3	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Melastomataceae
4	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	Gleicheniaceae
5	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeush	Poaceae
6	<i>Merremia peltata</i> (L.) Merr.	Convolvulaceae
7	<i>Mikania micrantha</i> Kunth.	Asteraceae
8	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae
9	<i>Mimosa pudica</i> (L.)	Fabaceae
10	<i>Panicum repens</i> L.	Poaceae
11	<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae
12	<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae
13	<i>Sphagneticola triloba</i> (L.) Pruski	Asteraceae
14	<i>Urena lobata</i> L.	Malvaceae

Meskipun terdapat 14 jenis tergolong invasif, namun 6 jenis yang bermanfaat terhadap lingkungan dimana jenis tersebut berpotensi sebagai tanaman penutup tanah yang berguna untuk mengendalikan erosi di lahan pasca tambang batubara. Jenis tersebut adalah *C. hirta* (L.) D. Don, *C. odorata* (L.) R.M.King & H.Rob., *I. cylindrica* (L.) Raeush, *M. micrantha* Kunth., *M. pigra* L., dan *M. pudica* L. sehingga dengan tumbuhnya jenis tersebut secara alami di lahan pasca tambang justru akan membantu proses rehabilitasi lahan terganggu. Di lahan yang memiliki kestabilan tanah yang rendah, lereng yang curam, serta lahan reklamasi maupun revegetasi, jenis-jenis tersebut sangat dibutuhkan (Yassir, 2015).

Introduksi suatu jenis tumbuhan yang melewati batas geografi, baik disengaja maupun tidak, dapat menyebabkan perubahan struktur tumbuhan di ekosistem yang baru, sehingga menyebabkan kerugian karena dapat mengancam ekosistem dan keragaman hayati. Meskipun demikian, jenis invasif tidak selalu menjadi jenis pengganggu apabila di habitat yang berbeda terdapat musuh alami yang berfungsi sebagai pengendali alami dari jenis invasif tersebut. Oleh

karena itu untuk mengetahui potensi jenis-jenis tersebut menjadi invasif, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai jenis-jenis invasif di lahan revegetasi pasca tambang batubara.

#### H. Manfaat Jenis Tumbuhan Bawah yang Ditemukan di Lahan Revegetasi

Berdasarkan literatur tentang tumbuhan berguna, tumbuhan bawah yang dijumpai di lahan revegetasi pasca tambang batubara memiliki manfaat baik secara ekonomis maupun ekologis. Dari 43 jenis tumbuhan bawah, terdapat 37 jenis yang bermanfaat. Manfaat atau kegunaan tumbuhan bawah digolongkan menjadi 12 kelompok kegunaan yaitu pemanfaatan sebagai tumbuhan obat; tumbuhan pangan; tumbuhan pakan ternak; tumbuhan pakan satwa liar; tumbuhan kerajinan dan perkakas; tumbuhan penghasil kayu bakar; tumbuhan penghasil bahan industri; tumbuhan ritual; tumbuhan hias; tumbuhan penghasil minyak atsiri dan aromatik; tumbuhan bahan pewarna; serta tumbuhan yang bermanfaat terhadap lingkungan. Jumlah jenis maupun famili tumbuhan bawah yang berguna disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Manfaat tumbuhan yang ditemukan di lahan revegetasi

No.	Kelompok Kegunaan	Jumlah Jenis	Jumlah Famili
1	Tumbuhan obat	32	19
2	Tumbuhan pangan	10	9

No.	Kelompok Kegunaan	Jumlah Jenis	Jumlah Famili
3	Tumbuhan pakan ternak	11	5
4	Tumbuhan pakan satwa liar	3	3
5	Tumbuhan kerajinan dan perkakas	5	5
6	Tumbuhan penghasil kayu bakar	2	1
7	Tumbuhan penghasil bahan industri	1	1
8	Tumbuhan ritual	3	3
9	Tumbuhan hias	3	3
10	Tumbuhan penghasil minyak atsiri dan aromatik	3	3
11	Tumbuhan bahan pewarna	1	1
12	Tumbuhan yang bermanfaat terhadap lingkungan	14	7

### KESIMPULAN

Lahan pasca tambang batubara merupakan lahan yang mengalami gangguan berat, serta merupakan komunitas yang terkendali oleh manusia, sehingga memiliki keragaman jenis yang rendah. Pada lahan revegetasi pasca tambang ini jenis-jenis pionir yang tumbuh alami beberapa diantaranya merupakan tumbuhan berkayu umur panjang. Beberapa tumbuhan bawah berpotensi mendukung rehabilitasi lahan pasca tambang serta punya potensi kegunaan/manfaat tertentu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection From the Global Invasive Species Database. Auckland: ISSG/SSC /IUCN.
- Anonim. 2013. Laporan Pelaksanaan Kegiatan Reklamasi Periode 2013. Kutai Timur: PT Kitadin site Tandung Mayang Kutai Timur.
- Anonim. 2017. A New Subfamily Classification of the Leguminosae Based on A Taxonomically Comprehensive Phylogeny. Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich. *Taxon*, 66 (1): 44-77.
- Alikodra, H.S. 1988. Dasar Pembinaan Margasatwa. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Alpert, P., E. Bone, and C. Holzappel. 2000. Invasive, Invasibility, and the Role of Environmental Stress in the Spread of Non-Native Plants. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematic* 3: 52-66.
- Arief, Arifin. 1994. Hutan Hakikat Hutan dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Aththorick, T.A. 2005. Kemiripan Komunitas Tumbuhan Bawah pada Beberapa Tipe Ekosistem Perkebunan di Kabupaten Labuhan Batu. *Jurnal Komunikasi Penelitian*. 17 (5): 42-48.
- Barbour, G.M., J.K. Burke, and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. Los Angeles: The Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc.
- Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton, and S.H. Spurr. 1997. *Forest Ecology*. Fourth Edition. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Brockhoff, Eckehard G., Hervé Jacte, John A. Parrotta, Christopher Quine, and Jeffrey Ayer. 2008. Plantation Forests and Biodiversity: Oxymoron or Opportunity? *Biodiversity and Conservation* 17(5): 925-951.
- Djufri. 2010. Komposisi dan Keanekaragaman Tumbuhan Bawah pada Tegakan Akasia di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Jurnal Biologi Edukasi*, Vol. 2 No. 2 <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JBE/article/view/436>. (Diakses pada tanggal 09 September 2016, 0:54 Wita).
- Indriyanto. 2012. *Ekologi Hutan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Irwan, Z.D. 1992. *Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem Komunitas dan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Bumi Aksara.
- Islami, T dan W.H., Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Istomo, Kusmana C. 1997. *Penuntun Praktikum Ekologi Hutan*. Laboratorium Ekologi Hutan. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.

- Juhaeti, Titi, N. Hidayati, F. Syarif dan S. Hidayat. 2009. Uji Potensi Tumbuhan Akumulator Merkuri untuk Fitoremediasi Lingkungan Tercemar Akibat Kegiatan Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Kampung Leuwi Bolang, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Bogor. *Jurnal Biologi Indonesia* 6 (1):1-11.
- Kusmana, C. 1997. *Metode Survei Vegetasi*. Bogor: ITB Press.
- Leksono, Amin S. 2011. *Keanekaragaman Hayati: Teori dan Aplikasi*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and It's Measurement*. Chapman and Hall: USA.
- Mukhtar, A.S. 2012. Keadaan Suksesi Tumbuhan pada Kawasan Bekas Tambang Batubara di Kalimantan Timur (Plant Succession at Ex Coal Mine area in East Kalimantan). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. 9 No. 4: 341-350, 2012. <http://ejournal.fordamof.org/latihan/index.php/JPHKA/article/view/1102>. (Diakses pada tanggal 25 September 2016, 14:54 Wita).
- Notohadiprawito, T. 1999. *Tanah dan Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Odum, E.HLM. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. Terjemah oleh Tjahjono Samingan dari buku *Fundamental of Ecology*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Orr SP, Rudgers JA, Clay K. 2005. Invasive Plants Can Inhibit Native Tree Seedling: Testing Potential Allelopathic Mechanism. *PI Ecol* 181: 153-165.
- Sastroutomo, S. 1990. *Ekologi Gulma*. Jakarta: Gramedia.
- Segupta M. 1993. *Environmental Impact of Mining: Monitoring, Restoration, and Control*. Boca Raton: Lewi Publisher.
- Setiadi, D. 2005. Keanekaragaman Spesies Tingkat Pohon di Taman Wisata Alam Ruteng, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Biodiversitas* Vol.8 (2): 118122.
- Soegianto, A. 1994. *Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas*. Jakarta: Penerbit Usaha Nasional.
- Soerianegara, I., dan A. Indrawan. 2008. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sutedjo. 2011. *Succession at Secondary Stands in Bukit Soeharto Research and Education Forest*. *Ecology and Conservation Journal for Tropical Studies*. *Ecositrop* Vol. 1 No. 1 2011.
- Valkenburg, J.L.C.H. van, and N. Bunyapraphatsara. 2003. *Plant Resources of South-East Asia 12 (2) Medical and Poisonous Plants*. Bogor: Prosea Foundation.
- Widyati, Enny. 2011. Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. *Pusat Penelitian Produktivitas Hutan*. *Jurnal mitra Hutan Tanaman*. Vol. 6 (2): 37-55.
- Wirakusumah, Sambas. 2003. *Dasar-Dasar Ekologi bagi Populasi dan Kamunitas*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI – Press).
- Yassir, Ishak, dan Wilarso S. 2007. Keanekaragaman Tumbuhan Bawah pada Lahan Kritis di Samboja, Kalimantan Timur (Understory Diversity in Marginal Land in Samboja, East Kalimantan). *Jurnal Info Hutan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam Bogor. Vol. IV No. 3.
- Yassir, Ishak, dan Wilarso S. 2007. Potensi dan Status Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) pada Lahan Kritis di Samboja Kalimantan Timur (Potency and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Status in Marginal Land in Samboja East Kalimantan). *Jurnal Info Hutan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam Bogor. Vol. IV No. 2.
- Yassir, Ishak, dan Arbainsyah. 2011. Diversity of Plant Communities Upon Secondary Succession in Imperata Grassland of East Kalimantan, Indonesia. Disampaikan dalam International Meeting Strengthening forest Science and Technology for Better Forestry Development.
- Yassir, Ishak dan Bina Swasta Sitepu. 2014. Jenis-Jenis Tumbuhan Bawah dari Proses Regenerasi Alami di Lahan Bekas Tambang Batubara. Balikpapan: Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam.
- Yassir, Ishak, dkk. 2015. Tanaman Penutup Tanah (Cover Crop) untuk Reklamasi Tambang Batubara. Balikpapan: Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam.