

Asosiasi Jenis Pada Komunitas Vegetasi Suksesi di Kawasan Pengendapan Tailing Tanggul Ganda di Pertambangan PTFI Papua

Associations of Species in The Succession of Vegetation Communities in The Area Tailings Deposition of Double Levee of PTFI Mine Papua

Yuanita Windusari^{1*}, Robyanto H. Susanto², Zulkifli Dahlan³, dan Wisnu Susetyo⁴

¹Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya
Jln. Padang Selasa No.524 Bukit Besar Palembang 30139

²Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

³Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya

⁴Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia Jakarta

E-mail: ywindusari@yahoo.com *Penulis untuk korespondensi

Abstract

The study was conducted to determine association of species in vegetation communities in the tailings. Tailings are the residue after the end of the natural rock mineralization processes and shaped mud and sand. Freeport manage and precipitate tailings in a lowland area that is specifically engineered ModADA. Contained in separate area ModADA that is not influenced active tailings flowed and relatively stable, soil structure began to evolve and be used as a natural succession and reclamation called Double Levee. Research methodology used is the method of transects, and consisting of several square plots. Parameters of observation are the structure and composition of vegetation for all levels of growth (trees, pole, sapling and seedling) and the presence of species in each plots. Performed calculating the index value of important species and value of the association of two species plants using the Chi Square test and Jacard Index formula. Results show pioneer species *Phragmites karka* are dominant at Double Levee area, and species diversity was higher in relatively dry than flooded areas. Value for the association found between the level of the tree *Camposperma brevipetiolata* and *Ficus benjamina*, while for the saplings were found between *Neprolephis cardifolia* and *Phylodendron sp.* The changing biophysical characteristics of tailings associated with increased soil quality, which would affect the association of the type and diversity on forest succession.

Key words: Associations of species, tailings, deposition area of the double levee

Abstrak

Penelitian dilakukan untuk mengetahui asosiasi jenis pada komunitas vegetasi di lahan tailing. Tailing adalah residu akhir batuan alami setelah mengalami proses mineralisasi dan berbentuk lumpur pasir. PT Freeport mengelola dan menempatkan tailing pada suatu kawasan lahan basah yang direkayasa khusus yaitu *Modified Ajkwa Deposition Area* (ModADA). Terdapat kawasan terpisah dalam ModADA yang tidak dipengaruhi tailing secara aktif dan relatif stabil, struktur tanah mulai berkembang dan dimanfaatkan sebagai area suksesi alami atau reklamasi disebut Tanggul Ganda. Metodologi yang digunakan adalah metode transek terdiri dari beberapa plot bujur sangkar. Parameter pengamatan adalah struktur dan komposisi vegetasi pada semua tingkat pertumbuhan (pohon, tiang, pancang, dan semai), serta kehadiran jenis pada setiap plot. Penghitungan Indeks Nilai Penting (INP) jenis dan nilai asosiasi dua jenis tumbuhan menggunakan uji Chi Square dan rumus Indeks Jacard. Hasil memperlihatkan jenis pionir *Phragmites karka* dominan pada kawasan Tanggul Ganda, dan keanekaragaman jenis lebih tinggi pada area relatif kering. Nilai asosiasi untuk tingkat pohon tergolong tinggi ditemukan antara *Camposperma brevipetiolata* dan *Ficus benjamina*, tingkat pancang ditemukan antara *Neprolephis cardifolia* dan *Phylodendron sp.* Berubahnya karakteristik biofisik lahan tailing berkaitan dengan meningkatnya kualitas tanah yang akan mempengaruhi asosiasi jenis dan keanekaragaman pada hutan suksesi.

Kata kunci: Asosiasi jenis, tailing, kawasan pengendapan Tanggul Ganda

Diterima: 11 April 2011, disetujui: 31 Mei 2011

Pendahuluan

PT Freeport Indonesia merupakan perusahaan tambang tembaga, emas, dan perak terbesar di Indonesia di kawasan dataran tinggi Grassberg, Papua. Proses mineralisasi batuan bijih tambang (ore) memisahkan mineral-mineral berharga melalui suatu kegiatan mekanis dengan cara penghancuran batuan alami. Akhir dari proses ini akan dihasilkan residu/produk buangan berupa lumpur pasir tambang disebut "tailing", sebanyak ± 230.000 ton/hari. Total produksi tailing tersebut akan dialirkan dari dataran tinggi 2.800 m dpl dan diendapkan pada kawasan dataran rendah lahan basah yang direkayasa secara khusus untuk menampung tailing disebut *Modified Ajkwa Deposition Area* (ModADA). Luas ModADA adalah 45.000 Ha terdiri dari 23.000 Ha bagian daratan dan 22.000 Ha bagian estuari. Pertimbangan topografi tambang menyebabkan tailing dialirkan melalui sistem sungai Aghawagon-Otomona-Ajkwa. Menghindari dampak tailing ke lingkungan di luar konsensi tambang, maka area ModADA dibatasi tanggul di kanan kiri membentang dari utara hingga selatan (PTFI, 2008).

Kegiatan penambangan dan produksi tailing memberi dampak terhadap berubahnya lingkungan. Jumlah buangan tailing yang mencapai 96–97% dari total produksi tambang berdampak terhadap ekosistem. Penutupan lahan oleh tailing menyebabkan berubahnya kondisi biofisik lahan, dan mengurangi tingkat kesuburan lahan. Berubahnya biofisik lahan menurunkan kemampuan tumbuh tanaman dan menyebabkan hilang atau bergantinya satu komunitas ke bentuk komunitas lain.

ModADA terdapat suatu kawasan endapan terpisah berumur sekitar 8–25 tahun dengan luas ± 15.000 Ha dan berada diantara dua sistem tanggul di bagian barat, sehingga disebut area Tanggul Ganda. Akibat terpisah dari ModADA menyebabkan tailing tidak lagi masuk secara langsung di area tersebut. Tidak adanya pengaruh aktif tailing menjadikan kawasan tersebut relatif stabil dan mulai berkembang dalam hal struktur tanah meskipun belum maksimal. Saat ini Tanggul Ganda dijadikan sebagai area suksesi alami dan reklamasi, serta merupakan area pemantauan

perkembangan lahan tailing. Taberima (2008) menyatakan lingkungan Tanggul Ganda berbeda dalam hal kedalaman air tanah dan perkembangan tanahnya. Area suksesi alami memiliki kedalaman air tanah dangkal (<50 cm), sedangkan area reklamasi memiliki kedalaman air tanah dalam (≥ 100 cm) dan telah direklamasi dengan berbagai vegetasi pertanian dan kehutanan tertata. Geofisik kawasan pengendapan menyebabkan partikel tailing menyebar secara gradual dari bagian hulu (utara) ke bagian hilir (selatan) yaitu kasar, medium, dan halus. PTFI (1998) membagi ukuran partikel tailing menjadi 4 kelompok yaitu kasar ($>175\mu$), medium (175–150 μ), halus (38–75 μ), dan sangat halus ($<38\mu$).

Pengaruh aliran sungai menyebabkan aliran air mempengaruhi kawasan pengendapan tailing, dan beberapa area dalam kawasan Tanggul Ganda bersifat tergenang atau kering. Perkembangan lahan endapan tailing di Tanggul Ganda ditunjukkan terbentuknya struktur tanah, meskipun perkembangan yang terjadi belum maksimal. Tanah berkembang hanya pada horison permukaan dan belum adanya horison bawah penciri. Variasi horison permukaan terjadi di beberapa tempat, dan penambahan bahan organik pada kawasan reklamasi menyebabkan tebal horison permukaan meningkat (Taberima, 2009).

Kesuburan tanah adalah faktor ekologi yang penting untuk suksesi karena mempengaruhi laju pertumbuhan (Finegan, 1992; Tucker *et al.*, 1998). Tanah yang terbentuk dari tailing memiliki karakteristik yang spesifik dan berbeda dari tanah mineral secara alami. Fenomena suksesi di kawasan Tanggul Ganda menunjukkan bahwa proses kolonisasi jenis-jenis vegetasi terjadi pada kondisi tanah kurang subur. Berkembangnya lahan endapan tailing menjadi tanah terjadi dengan bertambahnya waktu. Uhl *et al.*, (1988) menyatakan bahwa tidak terjadi degradasi tanah, maka pada tanah sangat miskin hara sekalipun proses kolonisasi jenis-jenis pionir awal dapat terjadi meskipun membutuhkan waktu puluhan bahkan ratusan tahun.

Kondisi fisik tanah mempengaruhi komposisi jenis tumbuhan yang berasosiasi karena iklim mikro (cahaya, radiasi, angin, temperatur dan kelembaban) berpengaruh pada

kondisi permudaan (Sykora *et al.*, 2004). Faktor tanah yang berbeda atau variasi topografi serta perubahan substansional menyebabkan perbedaan struktur dan komposisi vegetasi yang tumbuh. Hal ini terkait dengan penyebaran benih (Whitmore, 1998; Frouz *et al.*, 2008). Terdapat tiga tipe vegetasi suksesi yang menutupi kawasan Tanggul Ganda yaitu vegetasi padang rumput *Phragminthes karka* yang menempati hampir di seluruh kawasan baik yang memiliki aliran air buruk ataupun kering, meskipun dominansinya lebih tinggi pada kawasan cenderung tergenang dengan ukuran partikel tailing halus. Tipe berikutnya adalah tipe vegetasi pohon dan tiang, serta umumnya tumbuh pada kawasan dengan aliran air yang baik dan ukuran partikel tailing kasar hingga medium. Tipe ketiga adalah tipe vegetasi peralihan dari padang rumput *Phragminthes karka* menuju hutan sekunder. Kawasan dengan tipe ini ditandai dengan kehadiran vegetasi pohon dan tiang yang tinggi, tetapi masih diikuti hadirnya *Phragminthes karka*. Partikel tailing berukuran medium sampai halus menempati kawasan tersebut, dan kelebihan air mudah hilang saat cuaca panas (Windusari *et al.*, 2009).

Hutan adalah suatu asosiasi atau kumpulan pepohonan yang mempunyai kerapatan tertentu dan menutupi suatu area sehingga membentuk iklim mikro (Arief, 2001). Asosiasi digunakan untuk mengetahui keberadaan dan hubungan hadir tidaknya jenis dalam komunitas tumbuhan. Asosiasi penting dalam implikasi ekologi karena beberapa proses ekologi berlandaskan pada asosiasi positif atau negatif diantara dua jenis atau lebih (Ludwig dan Reynold, 1988). Titik berat analisis tumbuhan adalah pada komposisi dan jumlah jenis (Bratawinata, 2001). Menurut Whitmore (1998), variasi dalam masyarakat hutan disebabkan ketersediaan flora, serta perbedaan biofisik antara pembentukan dan gangguan.

Berdasarkan kondisi lingkungan di Tanggul Ganda dan perkembangan vegetasi yang terjadi serta memahami keberlanjutan suksesi dalam area pengendapan tailing, maka penelitian mengenai asosiasi jenis pada komunitas vegetasi di kawasan suksesi Tanggul Ganda dilakukan.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada kawasan pengendapan tailing tidak aktif Tanggul Ganda yang berada di dalam area pengendapan tailing MoDADA PT Freeport Indonesia di Kabupaten Mimika Papua. Fokus penelitian berada di bagian selatan Tanggul Ganda yaitu Mile Post (MP) 19. Tekstur tanah pada kawasan selatan Tanggul Ganda adalah berpartikel kasar hingga halus, komposisi pasir (84,66–87,93%), pasir berdebu (1,37–5,69%) dan fraksi liat (6,38–13,97%). Aliran air mempengaruhi kawasan endapan sehingga area menjadi cenderung tergenang atau kering. Pengambilan data dilakukan pada bulan Februari–Mei 2010. Bahan penelitian adalah vegetasi penyusun hutan pada berbagai tingkat pertumbuhan yaitu pohon, tiang, pancang, dan semai.

Cara Kerja Penelitian

Lokasi penelitian ditandai menggunakan *Global Position System* (GPS) dan metode yang digunakan adalah metode jalur atau transek (Soerianegara dan Indrawan, 2002). Garis transek dibuat memanjang dari barat ke timur mengikuti kondisi kawasan pengendapan. Setiap area dibuat 7 transek, panjang 200 m dan setiap transek ditempatkan plot-plot bujur sangkar yang saling bersambungan. Plot dibuat berukuran 20 m x 20 m untuk tingkat pohon, 10 m x 10 m untuk tingkat tiang, 5 m x 5 m untuk tingkat pancang dan 2 m x 2 m untuk tingkat semai (Wanggai, 2007). Jenis tumbuhan tingkat pohon dan pancang yang terdapat dalam setiap plot dicatat keliling batangnya untuk dikonversikan menjadi diameter batang untuk mencari nilai dominansi. Tumbuhan tingkat semai diperkirakan berdasarkan persentase penutupan tajuk (Soerianegara dan Indrawan, 2002).

Analisis Data

Uji asosiasi jenis untuk setiap tingkat pertumbuhan berdasarkan $INP \geq 10\%$, yang menunjukkan jenis-jenis penyusun utama (Kurniawan *et al.*, 2008). Uji asosiasi dua jenis tumbuhan didasarkan pada kehadiran (*presence*) dan ketidakhadiran (*absence*) jenis dalam suatu plot sampling. Kehadiran (*presence*) suatu jenis diindikasikan dengan

nilai 1 dan ketidakhadiran (*absence*) jenis dengan nilai 0. Jika ada expected frekuensi yang nilainya <1, maka digunakan *Yate's correction*. Analisis asosiasi menggunakan tabel kontingensi (Tabel 1).

Nilai asosiasi antara dua jenis tumbuhan dihitung menggunakan uji Chi Square dan rumus Indeks Jacard berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP). Indeks Nilai Penting diperoleh dengan formula sebagai berikut:

$$INP = KR + FR + DR$$

Formula Chi-square yang digunakan adalah:

$$\text{Chi-square } (\chi^2) = \sum \frac{(\text{observasi} - \text{expected})^2}{\text{expected}}$$

$$= \frac{N(ad-bc)^2}{mnr}$$

Keterangan: Df >3,84

- a = Jumlah plot jenis A dan B ada
- b = Jumlah plot jenis A ada, jenis B tidak ada
- c = Jumlah plot Jenis B ada, jenis A tidak ada
- d = Jumlah plot kedua jenis tidak hadir
- m = Jumlah jenis a dan b
- r = Jumlah jenis a dan c
- n = Jumlah jenis c dan d
- s = Jumlah jenis b dan d
- N = Total plot

Expected frekuensi yang nilainya <1, maka menggunakan Yate's correction dengan rumus:

$$X^2 = \frac{N[|(ad-bc)| - (N/2)]^2}{mnr}$$

Ukuran asosiasi yang diperoleh dihitung dengan rumus Indeks Jaccard (Ludwig dan Reynolds, 1988).

$$\text{Indeks Jaccard (JI)} = \frac{a}{a+b+c}$$

Keterangan:

- a = Jumlah plot ditemukannya kedua jenis jenis a dan b
- b = jumlah plot ditemukannya jenis a tetapi jenis b tidak
- c = jumlah plot ditemukannya jenis b tetapi tidak jenis a

Selang nilai Indeks Jaccard adalah 0–1. Nilai 0 merupakan nilai minimum, yang menunjukkan tidak ada bentuk asosiasi, sedangkan 1 merupakan nilai maksimum yang

menunjukkan tingkat asosiasi tinggi. Kategori Nilai Indeks Asosiasi sangat tinggi (ST) 0,75–1,00; tinggi (T) 0,49–0,74; rendah (R) 0,23–0,48 dan sangat rendah (SR) <0,22 (Kurniawan et al., 2008).

Hasil dan Pembahasan

Kondisi lahan yang stabil mendukung terbentuknya kembali satu atau lebih jenis vegetasi yang menempati suatu wilayah atau kolonisasi vegetasi. Kolonisasi jenis-jenis vegetasi yang ditemukan pada kawasan Tanggul Ganda menunjukkan bahwa penutupan tailing yang tidak lagi terjadi dan menjadikan lahan relatif stabil, akan mendukung rekolonisasi. Pada tanah miskin unsur hara seperti tailing, suksesi berjalan jauh lebih lambat dibandingkan pada tanah kaya unsur hara. Suksesi juga berlangsung tidak teratur. Menurut Uhl et al., (1988), setelah degradasi tanah tidak lagi terjadi, maka pada tanah kurang subur sekalipun berpotensi untuk rekolonisasi.

Berdasarkan pengamatan terhadap perkembangan vegetasi di lahan endapan tailing Tanggul Ganda, maka diketahui bahwa perkembangan suksesi terlihat jelas di habitat tergenang dan kering. Perkembangan suksesi ditunjukkan dengan peningkatan komposisi dan asosiasi jenis vegetasi.

Indeks Nilai Penting (INP) Pada Kawasan Tergenang

Pada area lahan tergenang ditemukan 48 jenis tumbuhan dari 30 suku. Pada kawasan tergenang, peningkatan jumlah jenis tidak berkaitan dengan umur endapan dan perkembangan tanah. Menurut Jones et al., (2001), pertumbuhan vegetasi pada kawasan tergenang berusaha mempertahankan kondisi yang menguntungkan bagi keberlangsungan koloni sehingga asosiasi saling mempengaruhi untuk menjaga kondisi tetap tergenang dan menghindari terbukanya kawasan.

Phragminthes karka dari suku Poaceae merupakan jenis dominan pada kawasan tergenang dengan INP 154,3%. Vegetasi ini tergolong rumput dan merupakan tegakan yang dapat tumbuh hingga mencapai 2 m. Meskipun

akarinya berupa rizhome atau stolon tetapi tanaman ini tumbuh sebagai individu yang berdiri sendiri. Menurut Sinaga dan Puradyatmika (2006), *Phragmites karka* merupakan jenis vegetasi pionir dominan yang tumbuh di dalam kawasan pengendapan tailing PTFI. Griscom *et al.*, (2006) menyatakan bahwa jenis ini memiliki kemampuan menyebar dengan cepat karena biji yang ringan dan mudah terbawa angin. Selain itu, sistem perakaran rizome (dalam tanah) atau stolon (di atas tanah) menyebabkan kemampuan ekspansinya tinggi dan dapat mencapai kawasan yang jauh serta mampu tumbuh tegak di dalam air. Perannya sebagai tumbuhan pionir membantu proses peningkatan bahan organik dan hara sehingga memungkinkan jenis tumbuhan intoleran untuk datang dan berkembang. Sykora *et al.*, (2004) menyatakan pemantapan karakter *P karka* sebagai vegetasi pionir dikaitkan dengan kemampuannya mengintervensi kawasan yang sangat tidak menguntungkan atau ekstrim untuk memulai proses suksesi. Di area pengendapan tailing, tanaman ini tumbuh baik secara alami atau melalui penyebaran oleh manusia untuk menciptakan kawasan revegetasi di lahan tailing.

Tingkat tiang, INP tertinggi ditemukan pada *Glochidion macrocarpa* nilai sebesar 107,35%. Jenis ini merupakan salah satu dari sekitar 300 jenis dari suku Phyllanthaceae yang penyebarannya mulai dari Madagaskar hingga ke Kepulauan Pasifik (www.ask.com/Wikipedia the free Encyclopedia). Jenis ini

menyebar luas di kawasan Tanggul Ganda. Pada tingkatan semai digolongkan sebagai jenis perintis karena mengawali proses suksesi seperti halnya *P. karka*, dan pada tingkatan dewasa berubah menjadi tanaman produktif karena dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar. Akibat sebarannya yang luas dengan berbagai tingkat pertumbuhan, jenis ini sering ditemukan di area Tanggul Ganda. Distribusinya yang luas dibantu hewan liar karena bunga dan biji *Glochidion macrocarpa* disukai burung dan kelelawar (Puradyatmika *et al.*, 2006). Keberadaan jenis ini di kawasan hutan primer sekitar pertambangan seperti pada hutan Kuala Kencana di kawasan perkantoran dan perumahan PTFI di Timika meningkatkan jumlah *Glochidion macrocarpa* pada area pengendapan tailing.

Tingkat pancang dengan INP sebesar 51,67% ditemukan pada *Homalanthus* sp. Jenis ini termasuk dalam suku Euphorbiaceae dan banyak ditemukan menyebar di daerah tropis Asia dan Australia. Kehadiran jenis ini di kawasan Tanggul Ganda karena kedekatan lokasi pengendapan tailing dengan hutan primer Papua yang ada disekitar tambang.

Pandanus lauterbachii adalah jenis tingkat pohon dengan nilai INP 156,74%. Jenis ini tumbuh di hutan rawa, bantaran sungai, dan pesisir hingga ketinggian 100 m dpl. Memiliki kemampuan tumbuh baik pada berbagai tipe tanah dan pada tanah miskin hara serta tumbuh mencapai 10 m dengan memiliki cabang ataupun tidak (<http://www.botanicgardens.ie>).

Tabel 1. Asosiasi jenis kontigensi 2 x 2 (Ludwig dan Reynolds, 1988).

		Jenis B		Jumlah
		Ada	Tidak ada	
Jenis A	Ada	a	B	m=a+b
	Tidak ada	c	D	n=c+d
		r=a+c	s=b+d	

Keterangan:

a = pengamatan jumlah titik pengukuran yang mengandung jenis A dan jenis B

b = pengamatan jumlah titik pengukuran yang mengandung jenis A saja

c = pengamatan jumlah titik pengukuran yang mengandung jenis B saja

d = jumlah titik pengukuran yang tidak mengandung jenis A dan B

N = jumlah titik pengamatan.

Indeks Nilai Penting (INP) pada Kawasan Kering

Tingkat keanekaragaman jenis pada kawasan kering Tanggul Ganda tergolong tinggi. Hal ini merupakan indikasi proses suksesi di kawasan Tanggul Ganda berlangsung dengan sangat baik. Keberadaan hutan primer di sekitar area pertambangan berperan sebagai sumber benih (*bank seeds*) bagi tumbuhannya vegetasi di area Tanggul Ganda. Proses penyebaran benih di bantu oleh berbagai faktor alam seperti terbawa oleh satwa liar, angin, gravitasi, dan air (Klimasskosu, 2003). Variasi dalam komunitas vegetasi juga berkaitan dengan makin baiknya kualitas tanah, menyebabkan peningkatan keanekaragaman jenis. Sykora *et al.*, (2004) menyatakan selama suksesi terjadi akumulasi bahan organik dan peningkatan jumlah jenis.

Hasil penelitian menemukan 88 jenis tumbuhan dari 44 suku. Suku dengan keanekaragaman tertinggi ditemukan pada suku Moraceae dan Marga Ficus. Vegetasi ini memiliki kemampuan adaptasi yang baik dan wilayah penyebaran luas. Ficus menyebar secara alami di hutan tropis Papua pada ketinggian 0 sampai dapat mencapai 1500 m dpl. Jenis ini dapat dijumpai tumbuh pada hutan primer dan sekunder dengan keadaan habitat yaitu tanah berbatu, tanah liat, berpasir, daerah lembab maupun tergenang air. Buah yang dihasilkan merupakan cara penyebaran yang baik dari suku Moraceae (Lekitoo *et al.*, 2008). Pada tingkat pohon, jenis *Pandanus lauterbachii* sangat banyak ditemukan. Kehadiran jenis tersebut ditunjukkan dengan INP tertinggi sebesar 56,45%. Jenis ini memiliki kerapatan tinggi dan distribusi luas pada area penelitian.

Pada tingkat pancang, jenis dominan di kawasan kering Tanggul Barat yaitu *Timonius timon* (INP 78,66%), diikuti dengan *Glochidion macrocarpa* (INP 40,35%) dan *Premna corymbosa* (INP 24,78%). *Endospermum mulucanum*, *Ficus* sp., *Glochidion acerhua*, *Octomeles sumatrana*, dan *Pandanus lauterbachii* kehadirannya jarang ditemukan pada area penelitian ditunjukkan dengan INP < 2%.

Pada tingkat semai *Phragmites karka* masih berperan sebagai jenis tumbuhan bawah yang paling dominan (INP 55,54%) untuk kawasan kering Tanggul Ganda. Sinaga dan Puradyatmika *et al.*, (2006) menyatakan *Phragmites karka* merupakan jenis dominan di seluruh kawasan pengendapan tailing. Faktor pendorong terjadinya penyebaran yang luas dari jenis ini adalah biji rumput ini yang ringan sehingga mudah diterbangkan angin atau mudah menempel pada benda-benda apapun sehingga mudah berpindah mengikuti agen pembawanya.

Asosiasi Jenis Pada Komunitas Tumbuhan

Asosiasi jenis menghasilkan hubungan spasial terhadap pasangan asosiasi. Jika satu pasangan ditemukan pada plot pengamatan, maka kemungkinan besar jenis pasangannya akan ditemukan pada area yang berdekatan. Asosiasi adalah suatu tipe komunitas yang khas, ditemukan pada kondisi yang sama dan berulang di beberapa lokasi. Asosiasi dicirikan dengan adanya komposisi floristik yang mirip, memiliki fisiognomi yang seragam dan sebarannya memiliki habitat yang khas (Muller-Dumbois dan Ellenberg, 1974; Barbour *et al.*, 1999). Asosiasi terbagi menjadi asosiasi positif dan asosiasi negatif. Asosiasi positif terjadi apabila suatu jenis tumbuhan hadir secara bersamaan dengan jenis tumbuhan lainnya dan tidak terbentuk tanpa adanya jenis tumbuhan lainnya tersebut. Asosiasi negatif terjadi apabila suatu jenis tumbuhan tidak hadir secara bersamaan (McNaughton dan Wolf, 1992). Umur vegetasi dan proses asosiasi dari biomassa mempengaruhi suksesi (Sykora *et al.*, 2004) karena asosiasi meningkatkan keragaman jenis pada hutan suksesi. Vegetasi yang beragam mempengaruhi pertukaran unsur-unsur penting dalam tanah dan mempengaruhi penyerapan. Keragaman jenis juga akan meningkatkan jumlah biomassa (Gomez-Pompa dan Vasquez-Yanes, 1981).

Asosiasi jenis pada kawasan Tanggul Ganda diujikan untuk jenis-jenis yang memiliki INP $\geq 10\%$. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui asosiasi jenis untuk setiap tingkat pertumbuhan sebagai berikut:

Tingkat Pohon

Hasil perhitungan pasangan jenis tingkat pohon menunjukkan ada 1 pasangan jenis yang berasosiasi yaitu jenis *Camposperma brevipetiolata* dan *Ficus benjamina*. Pasangan jenis ini memiliki nilai χ^2 sebesar 34,49. Nilai indeks asosiasi kedua jenis ini tergolong tinggi (0,5). Kedua jenis tersebut ditemukan hadir secara bersamaan dalam satu plot. Kehadiran *Ficus benjamina* dipengaruhi hadirnya *Camposperma brevipetiolata*, namun sebaliknya kehadiran *C. brevipetiolata* tidak dipengaruhi *F. benjamina*. *Ficus benjamina* merupakan tanaman yang memiliki kemampuan hidup dan beradaptasi sangat baik dengan berbagai kondisi lingkungan. Keberadaan vegetasi ini pada kawasan hutan menjadi indikator berlangsungnya suksesi pada kawasan tersebut (Ulum, 2010).

Secara umum, jenis pohon dominan pada kawasan tergenang memperlihatkan tidak adanya toleransi untuk hidup pada area yang sama dan tidak ada hubungan timbal balik yang saling menguntungkan khususnya pada pembagian ruang hidup. Hasil penghitungan nilai INP menunjukkan *Pandanus lauterbachii* mendominasi kawasan dengan INP tertinggi 63,65%. *Pandanus Lauterbachii* umumnya tumbuh berkoloni dan dijumpai pada kawasan kering maupun tergenang. Jenis ini juga memiliki kemampuan adaptasi yang baik dan bersifat dominan pada semua tingkat pertumbuhan.

Berdasarkan asosiasi antar pasangan jenis, ditemukan 2 pasangan jenis berasosiasi yaitu antara *Camposperma brevipetiolata* dan *Ficus armitii king*, serta *Pandanus lauterbachii* dengan *Ficus damaropsis*. *C. brevipetiolata* ditemukan hadir bersamaan dengan *F. armitii king* dalam 1 plot. Jenis *C. brevipetiolata* ditemukan hadir pada 4 plot, jenis *F. armitii king* hanya ditemukan pada 1 plot. Nilai χ^2 untuk asosiasi tersebut adalah 5,70. *Pandanus lauterbachii* dan *Ficus damaropsis* hadir bersamaan dalam 1 plot, hanya *Pandanus lauterbachii* yang hadir adalah 5 plot, sedangkan *F. damaropsis* hanya ditemukan hadir pada 1 plot. Hasil ini menunjukkan bahwa asosiasi diantara kedua pasangan jenis bersifat satu arah. Kehadiran *Pandanus*

lauterbachii tidak dipengaruhi oleh kehadiran *F. damaropsis* karena kelompok *Pandanaceae* mampu tumbuh baik pada lahan dengan kandungan unsur hara rendah (Rahayu *et al.*, 2008). Berdasarkan Indeks Jaccard diketahui tingkat asosiasi kedua pasangan jenis ini tergolong sangat rendah dengan nilai 0,17 dan 0,14 (Kurniawan *et al.*, 2008).

Tingkat Tiang

Hasil perhitungan INP pada lahan tergenang didapat 5 jenis tingkat tiang dengan INP $\geq 10\%$. Dominansi sangat tinggi pada kawasan oleh *Glochidion macrocarpa* (INP 107,35%), diikuti *Timonius timon* sebagai vegetasi kodominan (INP 68,74%), dan jenis dengan dominansi sangat rendah adalah *Terminalia complandii* (INP 48,61%) dan *Camposperma brevipetiolata* serta *Adina multifolia* masing-masing dengan INP 37,65%.

Hasil perhitungan asosiasi pada jenis tingkat tiang pada lahan tergenang didapat pasangan berasosiasi yaitu *Glochidion macrocarpa* dan *Terminalia complandii* dengan nilai χ^2 34,49. Nilai χ^2 berdasarkan pada tingkat kehadiran jenis secara bersamaan dalam satu plot. *Glochidion macrocarpa* hadir hanya pada 1 plot pengamatan, dan dominansi jenis tergolong rendah. Asosiasi kedua jenis ini menunjukkan bahwa asosiasi jenis bisa terjadi pada vegetasi dengan dominansi rendah atau sangat rendah. Pasangan *Glochidion macrocarpa* dan *Terminalia complandii* memiliki nilai Indeks Jaccard sebesar 0,5 dan asosiasi tergolong tinggi atau positif.

Pada tingkat tiang di lahan kering ditemukan tiga pasangan jenis dengan INP $\geq 10\%$ yang berasosiasi yaitu *Casuarina equisetifolia* dan *Timonius timon*, *Pandanus lauterbachii* dan *Ficus armitii King*, serta *Glochidion macrocarpa* dan *Macaranga aleurotoides*. Asosiasi jenis *Glochidion macrocarpa* dan *Macaranga aleurotoides* menunjukkan bahwa asosiasi terjadi pada jenis dominansi tertinggi yaitu INP 107,82% *Macaranga aleurotoides* dan jenis dominansi rendah INP 30,06% *Glochidion macrocarpa*, meskipun tingkat asosiasi yang dibentuk rendah ($<0,2$). Asosiasi diukur berdasarkan kehadiran kedua jenis dalam satu plot pengamatan yang sama (Kurniawan 2008).

Pada kawasan terbuka, intensitas sinar matahari sangat tinggi, aliran air bervariasi dan tekstur tailing kasar hingga medium, serta pada kondisi lahan berpasir, tanah liat berpasir, tanah berkapur, dan agak alkali, asosiasi jenis bisa saja terjadi (Prosea dan Yayasan Kehati, 2010). Hal tersebut ditunjukkan oleh asosiasi antara *Casuarina equisetifolia* dan *Timonius timon*. Nilai x^2 sebagai gambaran untuk melihat hadir atau tidaknya kedua jenis tersebut adalah 5,41 sedangkan tingkat asosiasi ditunjukkan dari nilai indeks Jaccard 0,15 memperlihatkan asosiasi yang terbentuk tergolong sangat rendah.

Tingkat Pancang

Indeks Nilai Penting $\geq 10\%$ untuk pertumbuhan tingkat pancang ditemukan pada 12 jenis. Nilai INP tertinggi sebesar 51,67% dimiliki *Homalanthus* sp yang menunjukkan penguasaan jenis dalam habitat, sedangkan *Premna corymbosa* (INP 43,30%), *Macaranga aleurotoides* (INP 37,01%), dan *Griwiya paniculata* (INP 42,31%) termasuk jenis kodominan. *Glochidion macrocarpa* dominansi sedang (INP 34,51%), *Chisocheton ceramicum*, *Ficus adenosperma*, *Ficus armitii* King, *Ficus benjamina*, *Nauclea papuana*. *Saoropus* sp, dan *Schefflera* sp adalah vegetasi dominansi sangat rendah dengan INP $< 20\%$.

Berdasarkan nilai Indeks Jaccard pasangan asosiasi sedang (0,33) dimiliki *Ficus benjamina* dan *Premna corymbosa*. *Ficus benjamina* membutuhkan vegetasi berkayu sebagai tempat merambat. Pasangan jenis *Chisocheton ceramicum* dan *Griwiya paniculata*, serta *Chisocheton ceramicum* dan *Macaranga aleurotoides*, *Ficus benjamina* dan *Premna corymbosa*, *Glochidion macrocarpa* dan *Griwiya paniculata*, *Griwiya paniculata* dan *Macaranga aleurotoides*, dan *Homalanthus* sp dan *Macaranga aleurotoides* mempunyai nilai Indeks Jaccard relatif sama yaitu berkisar antar 0,20–0,30 dengan tingkat asosiasi tergolong rendah hingga sangat rendah.

Indeks Nilai Penting $\geq 10\%$ yang ditemukan pada lahan kering MP 19 ditemukan 10 jenis tingkat pancang. Jenis *Timonius timon* mempunyai INP tertinggi 78,65%, diikuti *Glochidion macrocarpa* dengan INP 40,35%. Pasangan *Glochidion macrocarpa* dan *Timonius*

timon hadir bersamaan pada 8 plot pengamatan, *Glochidion macrocarpa* ditemukan hadir di kedelapan plot, sedangkan *Timonius timon* ditemukan hadir pada 11 plot pengamatan. Nilai x^2 yang diperoleh adalah 5,8. Pasangan *Glochidion macrocarpa* dan *Premna corymbosa* ditemukan hadir bersamaan pada 6 plot, *G. macrocarpa* hadir pada 10 plot pengamatan, sedangkan *P. corymbosa* hadir pada 8 plot. Nilai x^2 yang didapat adalah 3,97. Nilai Indeks Jaccard 0,30 menunjukkan tingkat asosiasi kedua jenis tersebut tergolong rendah.

Tingkat Semai

Jenis *Phragmites karka* mendominasi kawasan tergenang dengan INP sangat tinggi sebesar 154,33%. *Phragmites karka* menjadi salah satu jenis paling dominan di semua area pengendapan tailing karena kemampuannya untuk menyebar dengan cepat melalui akar rimpang (rhizome). Kawasan penelitian merupakan area pengendapan tailing bertekstur halus hingga medium, sehingga kawasan kadang tergenang dan mengandung nutrisi rendah. Berdasarkan hasil penelitian Departemen Lingkungan PTFI tahun 2007, area pengendapan tailing ini sangat didominasi *Phragmites karka* yang merupakan tumbuhan pionir pada tahapan awal suksesi di area tailing. Jenis tersebut sangat penting dalam menunjang invasi jenis lain ke suatu area karena kemampuannya untuk memperbaiki iklim mikro dalam tanah sehingga terdapat kandungan unsur hara.

Asosiasi jenis *Neprolepis cardifolia* dan *Phylodendron* sp dengan nilai x^2 sebesar 8,89 dan indeks asosiasi sebesar 0,63 menunjukkan asosiasi kedua jenis tersebut tergolong tinggi. Hal ini menyebabkan lingkungan fisik dan kimia yang dibutuhkan untuk tumbuhnya kedua jenis tersebut adalah sama. Hasil analisis terhadap kandungan fraksi liat di area Tanggul Ganda berkisar antara 0,4–13,2% (Windusari et al., 2009). Kisaran persentase liat dalam tanah berpengaruh terhadap kapasitas tukar kation (KTK). Semakin rendah persentase liat maka semakin kecil KTK. Rendahnya KTK menyebabkan kemampuan tanah memegang unsur hara rendah, sehingga unsur hara dalam tanah mudah hilang karena aliran permukaan (*run off*) dan pencucian (*leaching*). Kondisi

tersebut terkait pada tingkat kesuburan kawasan pengendapan tailing.

Pada lahan kering, hasil perhitungan INP $\geq 10\%$ ditemukan pada tiga jenis tingkat semai. Indeks Nilai Penting tertinggi ditemukan pada *Phragmites karka* (55,54%) dan *Equisetum debile* (44,87%), diikuti *Deriopteris arida* (INP 34,04%) sebagai jenis kodominan di area pengamatan. Penghitungan terhadap nilai asosiasi memperlihatkan nilai χ^2 tertinggi ditemukan untuk asosiasi antara jenis *Equisetum debile* dengan *Imperata cylindrica* sebesar 13,55 diikuti nilai χ^2 untuk asosiasi *Deriopteris arida* dengan *Equisetum debile* dan *Deriopteris arida* dan *Imperata cylindrica* dengan nilai yang sama 10,83 serta asosiasi *Deriopteris arida* dan *Phragmites karka* sebesar 7,17. Pasangan *Equisetum debile* dan *Imperata cylindrica* ditemukan pada 16 plot, dan 9 plot yang diamati hanya ditemukan *E debile* serta 9 plot hanya ditemukan *Imperata cylindrica*.

Asosiasi antara *E. debile* dan *Imperata cylindrica* terjadi karena kedua jenis tersebut menyukai tempat yang cenderung basah dengan intensitas sinar matahari tinggi hingga agak teduh. Berdasarkan Indeks Jaccard, asosiasi jenis pada tingkat semai dapat digolongkan sebagai asosiasi tingkat rendah yaitu berkisar antara 0,30–0,47.

Stratifikasi vegetasi penyusun hutan terjadi karena adanya kompetisi antara sejumlah jenis yang hidup bersamaan dalam suatu komunitas dalam hal perolehan ruang hidup, mendapatkan cahaya matahari dan air, serta akibat perbedaan bentuk hidup dan proses regenerasi.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa *Phragmites karka* adalah jenis pionir dominan di seluruh kawasan pengendapan tailing Tunggul Ganda, asosiasi jenis tergolong tinggi *Camposperma brevipetiolata* dan *Ficus benjamina* untuk pertumbuhan tingkat pohon (Indeks Jaccard 0,5) dan antara jenis *Neprolephis cardifolia* dan *Phylo dendron sp* untuk tingkat pancang (Indeks Jaccard 0,63).

Rekolonisasi berpotensi terjadi pada tanah miskin hara seperti tailing terutama setelah terhentinya proses pengendapan dan kawasan bersifat stabil. Keanekaragaman jenis yang tinggi menunjukkan perubahan karakteristik biofisik lahan dan perbaikan kualitas tanah tailing di Tunggul Ganda. Variasi di dalam komunitas vegetasi dan asosiasi jenis mempengaruhi keanekaragaman jenis pada hutan suksesi.

Saran

Melihat perkembangan suksesi di kawasan pengendapan tailing Tunggul Ganda perlu dilakukan penelitian mencakup seluruh kawasan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada manajemen Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia di Timika Papua yang telah memberi kesempatan dan fasilitas selama penelitian.

Daftar Pustaka

- Arief. 2001. *Hutan dan Kehutanan*. Kanisius. Bandung.
- Barbour, B.M., Burk, J.K. dan Pitss, W.D. 1999. *Terrestrial Plant Ecology*. New York : The Benjamin/Cummings.
- Bratawinata, A.A. 2001. *Ekologi Hutan Hujan Tropis dan Metode Analisis Hutan*. Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Timur. Makassar.
- Frouz, J., Parch, K., Pizl, V., Hanel, L., Stary, J., Tajovsky, K., Materna, J., Balik, V., Kalcik, J. dan Rehoukova, K. 2008. Interactions Between Soil Development, Vegetation And Soil Fauna During Spontaneous Succession In Post Mining. *European J. of Soil Biol.*, 44 (1): 109–121.
- Gomez-Pompa, A. dan Vasquez-Yanes, C. 1981. *Successional Studies of A Rain Forest In Mexico. In Forest Succession, Concepts And Application*. Eds. D.C.West, H., H.Shugart, and D.B.Botkir. NewYork. Springles-Verlag.
- Griscom, H.P., Griscom, B.W. dan Ashton, M.S. 2006. *Pattern and Process of Forest Succession within Experimental Treatment of A Pasture In A Dry Tropical Region, Azuero Peninsula, Panama*. Yale University New Haven CT.

- Jones, M., Laurence, M., Sowerby, A. dan Rhind, P.M. 2010. Factors Affecting Vegetation Establishment and Development In A Sand Dune Chronosequence At New Borough Warren, North Wales. *J. of Coastal Conservation*, 14 (2): 127–137.
- Kilmaskossu, M.St.E. 2003. *Plant Invasion and Succession on Mine Tailings in a Tropical Rain Forest Area of Papua Indonesia*. Draft Disertation, PhD Candidate at Hawaii University. Unpublished.
- Kurniawan, A., Undaharta, N.K.E. dan Pendit, I.M.R. 2008. Asosiasi Jenis-jenis Pohon Dominan di Hutan Dataran Rendah Cagar Alam Tangkoko, Bitung, Sulawesi Utara. *Biodiversitas*, 9 (3): 199–203.
- Lekitoo, K., Matani, O.P.M., Remetwa, H. dan Heatubun, C.D. 2008. *Keanekaragaman Flora Taman Wisata Alam Gunung Meja Papua Barat (Jenis-Jenis Pohon-Bagian-1)*. Cetakan I. Balai Penelitian Kehutanan Manokwari. Manokwari.
- Ludwig, J.A. dan Reynold, J.F. 1988. *Statistical Ecology, A Premier on Methods and Computing*. John Wiley and Sons. New York.
- McNaughton, S.J. dan Wolf, L.L. 1992. *Ekologi Umum*. Edisi ke-2 (diterjemahkan oleh Sunaryo Pringgo Saputro). Yogyakarta: UGM Press.
- Mueller-Dumbois dan Ellenberg, D.H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecol*. New York.
- PT Freeport Indonesia. 2008. *Laporan Pelaksanaan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan 2007*. Departemen Lingkungan PT Freeport Indonesia. Jakarta.
- Puradyatmika, P., Husin, Y., Sarwom, R., Hermono, A. dan Isomartana, K. 2006. *Reklamasi dan Suksesi Alami pada Area Pengendapan Pasir Sisa Tambang (SIRSAT) PT Freeport Indonesia*. Makalah PT Freeport Indonesia. Jakarta. Tidak Dipublikasikan.
- Rahayu, M., Sunarti, S. dan Keim, A.P. 2008. Kajian Etnobotani Pandan Samak (*Pandanus odoratissimus* L.f.) : Pemanfaatan dan Perannya dalam Usaha Menunjang Penghasilan Keluarga di Ujung Kulon, Banten. *Biodiversitas*, 9 (4): 310–313.
- Sinaga, N.I. dan Puradyatmika, P. 2006. *Keragaman Flora di Area Pengendapan Pasir Sisa Tambang Tanggul Ganda*. Laporan PT Freeport Indonesia (tidak dipublikasikan).
- Soerianegara, I. dan Indrawan, A. 2002. *Ekologi Hutan Indonesia*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sutisna, U. dan Soeyatman, C. 1988. *Komposisi jenis pohon Hutan Bekas Tebangan di malili Sulawesi selatan*. Lembaga Penelitian Hutan, Bogor.
- Sykora, K.V., van den Bogert, J.C. dan Berendse, F. 2004. Changes In Soil And Vegetation During Dune Slack Succession. *J. Veget. Science*, 15: 209–218.
- Taberima, S., Mulyanto, B., Sudarsono, Sumawinata, B. dan Husin, Y.A. 2008. Ukuran Partikel dan Karakteristik Tanah yang Berkembang dari Tailing di Area Pengendapan Tailing ModADA. *J. Ilmu Pertanian Agrivita*, 30: 399–415.
- Taberima, S. 2009. *Perkembangan Tanah dari Tailing di ModADA PTFI : Aspek reklamasi dan suksesi alami*. Abstrak Disertasi Jurusan Tanah Institut Pertanian Bogor. Program Studi Ilmu Tanah. Bogor.
- Tucker, J.M., Brondizio, E.S. dan Moran, E.F. 1998. Rates of Forest Regrowth In Eastern Amazonian : A Comparison of Altamira and Bragentina regions, Para State, Brazil. *Interciencia*, 23 (2): 64–73.
- Ulum, S. 2010. *Manfaat Beringin dalam Pembangunan Kawasan Hutan*. Written by Samsul Ulum. PDF Print E-mail.
- Uhl, C., Buschbacher, R. dan Serrão. 1988. Abandoned Pastures In Eastern Amazonia: Pattern of Plant Succession. *J. of Ecol.*, 76: 663–681.
- Wanggai, F. 2007. *Perencanaan Hutan (Pengelolaan Hutan Berkelanjutan: Seri I)*. Universitas Negeri Papua. Manokwari.
- Whitmore, T.C. 1998. Potential Impact of Climatic Change In Tropical Rain Forest Seedlings and Forest Regeneration. *Earth and Environ. Sci.*, 13 (2–3): 429–438.
- Windusari, Y., Eddy, S., Sari, Suci, P., Haryanti, D., Mubarak, N., Efendi, Z. dan Nofiah. 2009. *Pengamatan Terhadap Karakteristik Kawasan Suksesi Alami dan Reklamasi di Tanggul Barat Lama dan Tanggul Barat Baru*. Laporan Penelitian Untuk PTFI. Tidak dipublikasi.