



# Analisis Vegetasi dan Pendugaan Cadangan Karbon Tersimpan pada Tanggul Lumpur Lapindo

## Abstract

*The dike area has been 7 years up to now. During this time, there has been a natural process of succession as marked by the emergence of new vegetation. Mud area has considerable potential to store carbon reserves. This study was conducted to assess levee vegetation in the area through the analysis of vegetation carbon stocks and savings on necromassa and undergrounds plants. Line transects sampling and carbon reserve deposits with allometric equation are used as the research methods. Results showed succession in the Lapindo hot mud dike beginning class or competition and reaction. 35 different types of plants with 324 as the number of species in a 0,001 acre (324.000 species/ha). The highest diversity index is seen at station 7 (2,58498) and the lowest at station 1 (0,96336). The highest dominance index is emerged at station 2 (0,447488) and the lowest at station 7 (0,090868). The amount of stored carbons in the underground plant reaches 242,597 tons and necromassa plant reaches 193,743 tons.*

Umur areal tanggul hingga sekarang kurang lebih 7 tahun. Selama waktu tersebut telah terjadi proses suksesi secara alami dengan ditandai munculnya vegetasi baru. Areal lumpur memiliki potensi yang cukup besar dalam menyimpan cadangan karbon. Penelitian ini dilakukan untuk mendata tumbuhan di areal tanggul melalui analisis vegetasi dan simpanan cadangan karbon pada tumbuhan bawah dan nekromassa. Metode sampling penelitian menggunakan transek garis dan simpanan cadangan karbon dengan persamaan Allometrik. Hasil menunjukkan proses suksesi di tanggul lumpur panas Lapindo pada tahap awal atau kompetisi dan reaksi. Ditemukan 35 jenis tumbuhan bawah dengan jumlah spesies sebanyak 324 dalam 0,001 hektar (324.000 spesies/ha). Indeks keanekaragaman tertinggi pada stasiun 7 (2,58498) dan terendah pada stasiun 1 (0,96336). Indeks dominansi tertinggi pada stasiun 2 (0,447488) dan terendah pada stasiun 7 (0,090868). Jumlah cadangan karbon tersimpan pada tumbuhan bawah mencapai 242,597 ton dan nekromassa mencapai 193,743 ton.

**Kata kunci:** tanggul lumpur panas Lapindo, analisis vegetasi, cadangan karbon, nekromassa

Oleh

**Bagus Setiawan**

*Kepala Biro Penelitian LKP2M 2013*

*Mahasiswa Jurusan Biologi*

*Bagong\_gus@yahoo.co.id*

## Pendahuluan

Lumpur panas Lapindo merupakan limbah setengah padat bercampur materi minyak mentah yang berasal dari eksplorasi penambangan minyak oleh PT. Lapindo Brantas. Lokasi eksplorasi penambangan dan pengeboran berada di Kecamatan Porong, Sidoarjo Jawa Timur<sup>1</sup>. Lumpur panas Lapindo menyembur mulai 29 Mei 2006 hingga sekarang. Debit semburan lumpur mencapai 120.000 hingga 135.000 m<sup>3</sup>/hari<sup>2</sup>. Terdapat 116 lubang ventilasi lainnya yang muncul kurang lebih 4 tahun terakhir, sehingga air yang terpisah dari endapan lumpur berkisar 35.000-84.000 m<sup>3</sup>/hari<sup>3</sup>.

Alternatif penanganan lumpur panas Lapindo sampai saat ini adalah dengan membuang lumpur ke Sungai Porong dan menampung lumpur di tanggul. Tanggul digunakan untuk menahan lumpur agar tidak meluber ke areal warga. Kondisi tanggul saat ini mencapai luas sebanding dengan ± 8 desa. Lebar tanggul mencapai ± 25 meter sedangkan panjang tanggul ± 17,3 kilometer. Tinggi tanggul lumpur pada bagian barat (Kecamatan Porong) mencapai 3 lantai rumah. Sedangkan tanggul bagian utara, selatan, dan barat mencapai ± 12 meter. Susunan tanah tanggul berasal dari Gunung Perahu dan

Penanggungan.

Tanggul menampung lumpur panas Lapindo kurang lebih tujuh tahun. Adanya tanggul di areal lumpur panas Lapindo menyebabkan perubahan lingkungan yang signifikan. Perubahan seperti ini disebut sebagai suksesi. Suksesi merupakan proses perubahan akibat gangguan yang berat sehingga komunitas awal menjadi hilang atau rusak total. Untuk menuju kondisi lingkungan yang seimbang dalam proses suksesi dibutuhkan waktu yang sangat lama<sup>4</sup>. Terdapat dua sebab utama yang mengakibatkan suksesi yakni perubahan faktor habitat yang tidak bergantung pada komunitas tumbuhan dan perubahan yang disebabkan oleh pengaruh vegetasi itu sendiri<sup>5</sup>.

Proses perubahan habitat vegetasi pada suatu areal dapat menciptakan habitat baru yang sebelumnya tidak ada. Suksesi dapat memberikan kesempatan bagi vegetasi untuk menempati habitat baru<sup>6</sup>. Hal ini telah terjadi di areal tanggul dengan munculnya vegetasi-vegetasi baru. Apabila suksesi di tanggul dibiarkan selama 20 tahun diperkirakan membentuk komunitas tumbuhan yang kompleks. Komunitas kompleks atau klimaks adalah kondisi yang mencapai homeostatis.

Komunitas tumbuhan di suatu areal memiliki fungsi (*environment service*) seperti penyedia oksigen, simpanan cadangan karbon, dan penyerap karbon dioksida

1 Ninik Herawati. Analisis Risiko Lingkungan Aliran Air Lumpur Lapindo Ke Badan Air (Studi Kasus Sungai Porong dan Sungai Aloo - Kabupaten Sidoarjo) (Diponegoro: Universitas Diponegoro, 2007)

2 Rohmat Ilman Salim. dkk. Studi kapasitas bendungan sebagai pengendali semburan Lumpur sidoarjo (Surabaya: Institut Teknologi Surabaya, 2009)

3 Davies, R. Lumpur Lapindo Menyembur Hingga Tahun 2030. (Retrieved Maret 2012, 2011, from <http://www.detiknews..com/>.)

4 Zoer'aini Djamal Irwan. Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi, Ekosistem, Komunitas dan Lingkungan (Jakarta: Bumi Aksara, 2003)

5 Loveless. Prinsip-Prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik 2 (Jakarta: Gramedia, 1998)

6 Indriyanto. Ekologi Hutan (Jakarta: Bumi Aksara, 2006)

(CO<sub>2</sub>)<sup>7</sup>. Fungsi tersebut bekerja melalui fotosintesis di dalam daun. Hasil proses fotosintesis adalah berupa karbohidrat dan diedarkan ke seluruh tubuh. CO<sub>2</sub> yang tinggi di atmosfer diakibatkan oleh kegiatan industri dan kendaraan bermotor. Gambaran kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat diketahui melalui pengukuran kadar karbon yang diserap oleh tanaman. Sedangkan pengukuran cadangan yang tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati (nekromassa) secara tidak langsung menggambarkan CO<sub>2</sub> yang tidak dilepaskan ke udara lewat pembakaran<sup>8</sup>.

Berikut beberapa penelitian tentang pengukuran karbon yang dilakukan pada tingkat tumbuhan bawah dan nekromassa. Cadangan karbon pada hutan primer di areal PT. Sikatan Wana Raya pada tingkat tumbuhan bawah menyumbang sebesar 2,68 ton/ha<sup>9</sup>. Cadangan karbon pada KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten tumbuhan bawah mencapai 1,02-3 ton/ha. Sedangkan simpanan karbon nekromassa mencapai 3,2-8,3 ton/ha<sup>10</sup>. Cadangan karbon di areal HTI kayu serat PT. RAPP Sektor Pelalawan, Propinsi Riau pada tumbuhan bawah 1,1-4,75 ton/ha dan

nekromassa 1,42-8,45 ton/ha<sup>11</sup>.

Penelitian tentang proses suksesi melalui analisis vegetasi dan simpanan cadangan karbon di tanggul lumpur belum pernah dilakukan. Maka penting untuk mengetahui jenis-jenis vegetasi dan simpanan cadangan karbon di areal suksesi tanggul. Selain itu, proses suksesi ini dapat dijadikan sebagai acuan dan pertimbangan untuk pengelolahan dan penanaman pohon dalam upaya memperkuat tanggul.

## Metode Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian ini terbagi dalam tiga tahap yaitu persiapan (observasi), pengambilan sampel, dan analisis data. Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan dan menentukan stasiun. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode transek (*transect sampling*). Metode transek digunakan karena melihat kondisi tanggul yang memanjang. Analisa data dengan memperhatikan frekuensi, kerapatan, indeks nilai penting, Indeks Keanekaragaman, Indeks Dominansi, dan simpanan karbon.

Parameter lingkungan yang dilibatkan dalam penelitian ini antara lain komponen biotik (tumbuhan) dan abiotik (air, tanah, suhu, angin, kelembapan, dan unsur makronutrisi). Tujuan digunakan parameter adalah untuk menggambarkan secara pasti kondisi lingkungan yang mengarah pada proses suksesi dan potensi simpanan

7 Hilda Zulkifli. dkk. Kandungan Cadangan Karbon pada Area Suksesi Industri Pertambangan di Papua: Mitigasi Dampak Perubahan Iklim (Palembang: Universitas Sriwijaya, 2011)

8 Kurniatun Hairiah. dkk. Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi 2. (Malang: University of Brawijaya, 2011)

9 Nanang Hanafi dan R. Biroum Bernardianto. Perdugaan Cadangan Karbon pada Sistem Penggunaan Lahan di Areal PT. Sikatan Wana Raya (Palangka Raya: Universitas PGRI Palangka Raya, 2012)

10 Bambang Hero Saharjodan Hadi Firdaus Prima Wardhana. Pendugaan Potensi Simpanan Karbon Pada Tegakan Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese) di KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten. (Bogor: IPB, 2011)

11 Yuniawati. Pengaruh Pemanenan Kayu Terhadap Potensi Karbon Tumbuhan Bawah dan Serasah di Lahan Gambut (Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat PT. RAPP Sektor Pelalawan, Propinsi Riau). (Bogor: Kementerian Kehutanan, 2013)

karbon di tanggul.

Penelitian ini sudah dilakukan pada bulan Maret hingga Agustus 2013 di lokasi tanggul lumpur panas Lapindo Kecamatan Jabon dan Porong Kabupaten Sidoarjo. Tanggul semburan lumpur panas Lapindo (area terdampak) memiliki luas 43,75 hektar. Sampel penelitian menggunakan 11 stasiun dan setiap stasiun memiliki 5 substasiun. Pemilihan stasiun berdasarkan karakteristik dan dianggap mewakili keadaan vegetasi di tanggul lumpur panas Lapindo.



Gambar Lokasi Stasiun Penelitian  
(Google Maps, 2013)

### Tabel Karakteristik Stasiun pada Analisis Vegetasi

Stasiun	Karakteristik	Koordinat
1	Areal mesin penyedot lumpur 1	S 7.537615 E 112.708917
2	Tanggul paling tengah atau paling dekat dengan pusat semburan	S 7.531701 E 112.708332
3	Gedangan/ Stasiun Porong	S 7.538498 E 112.702966
4	Bekas tanggul jebol	S 7.517901 E 112.708589
5	Areal wisata	S 7.523379 E 112.704839
6	Areal bekas tambak warga	S 7.540104 E 112.710745
7	Areal pantau lumpur	S 7.53385 E 112.717847
8	Areal mesin penyedot lumpur 2	S 7.532744 E 112.717482
9	Besuki	S 7.531808 E 112.721516
10	Areal jarang dikunjungi 1	S 7.520937 E 112.726847
11	Areal jarang dikunjungi 2	S 7.518853 E 112.720710

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: pasak, termohigrometer, anemometer, thermometer, nampan pengering, kamera, meteran 50 meter, meteran jahit 150 cm, pisau, timbangan digital (max. 7 kilogram), cethok, sabit, dan penggaris 30 cm. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: plastik, kertas label, peralatan tulis, *tally sheet*, tali raffia 200 m<sup>2</sup>, kresek, sak (kadhus), dan spidol permanen.

### Prosedur Penelitian

Berikut prosedur penelitian analisis vegetasi di tanggul lumpur panas Lapindo: Ditentukan titik stasiun berdasarkan karakter lingkungan. Ditancapkan pasak utama di tanah sebagai penanda awal stasiun. Dililitkan tali meteran 50 meter di pasak dan ditarik hingga 10 meter. Diberi tanda setiap dua meter sebagai penanda substasiun. Dicatat dalam *tally sheet* setiap vegetasi yang berada dalam substasiun. Diambil

spesimen vegetasi guna kepentingan identifikasi. Diukur parameter lingkungan; suhu dan kelembaban (termohigrometer) dan kecepatan angin (anemometer). Dilakukan pengambilan dokumentasi kegiatan di lapangan. Dianalisis data yang diperoleh dari lapangan.

Berikut prosedur penelitian simpanan cadangan karbon tumbuhan bawah di tanggul lumpur panas Lapindo: Ditempatkan kuadran plot utama ( $5\text{ m} \times 40\text{ m}$ ) berdasar ketentuan karakter stasiun. Dipotong semua tumbuhan bawah (pohon berdiameter  $< 5\text{ cm}$ , herba dan rumput-rumputan) yang terdapat di dalam kuadran, dipisah antara daun dan batang. Dimasukkan ke dalam kantong plastik, beri label sesuai dengan kode substasiun. Diikat semua kantong plastik berisi tumbuhan guna mempermudah pengemasan. Dimasukkan dalam karung besar untuk mempermudah pengangkutan ke laboratorium. Ditimbang berat basah daun cabang, ranting, dicatat beratnya dalam lembar pengamatan. Diambil sub-contoh tanaman dari masing-masing biomassa sekitar 100-300 gram. Bila biomassa contoh yang didapatkan hanya sedikit ( $<100\text{ gram}$ ), maka ditimbang semuanya dan jadikan sebagai sub-contoh. Dikeringkan sub-contoh biomassa di bawah sinar matahari selama 6-7 hari dengan rata-rata suhu  $40^{\circ}\text{C}$ . Ditimbang berat keringnya dan catat dalam lembar pengamatan.

Berikut prosedur penelitian simpanan cadangan karbon nekromassa tidak berkayu di tanggul lumpur panas Lapindo: Diambil semua sisa-sisa bagian tanaman mati, daun-daun dan ranting-ranting gugur yang terdapat dalam tiap-tiap kuadran, dimasukkan ke dalam kantong kresek dan diberi label

sesuai dengan kode sustasiun. Diikat semua kantong plastik berisi nekromassa yang diambil dari satu stasiun. Dimasukkan dalam karung besar untuk mempermudah pengangkutan laboratorium. Dikeringkan semua nekromassa di bawah sinar matahari. Apabila sudah kering, digoyang-goyangkan agar tanah yang menempel dalam seresah rontok dan terpisah dengan nekromassa. Ditimbang contoh nekromassa kering. Diambil sub-contoh seresah sebanyak 100-300 gram untuk dikeringkan di bawah sinar matahari selama 6-7 hari dengan rata-rata suhu  $40^{\circ}\text{C}$ . Bila biomassa contoh yang didapatkan hanya sedikit ( $<100\text{ gram}$ ), maka ditimbang semuanya dan dijadikan sebagai sub-contoh. Ditimbang berat keringnya dan dicatat dalam lembar pengamatan yang telah disediakan.

## Analisis Data

Data vegetasi yang diperoleh dari lapangan dianalisis untuk mendapatkan nilai Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keanekaragaman, Indeks Dominansi<sup>12</sup>:

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah seluruh tumbuhan}}{\text{Jumlah seluruh sampling unit}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{K suatu jenis}}{\text{K total seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah petak contoh ditemukan spesies}}{\text{Jumlah seluruh petak contoh}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{F suatu spesies}}{\text{F seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks nilai penting (INP)} = \text{KR} + \text{FR}$$

$$\text{Indeks keanekaragaman} = H^i = -\sigma \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}$$

## Keterangan :

---

12 Melati Ferianita Fachrul. 2007. Metode Sampling Bioekologi. (Jakarta: Bumi Aksara, 2007)

ni : jumlah individu suatu jenis.

N : jumlah total individu seluruh jenis.

Pi : ratio species dengan total individu seluruh spesies.

$$\text{Indeks dominansi} = C = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

#### Keterangan :

C: dominansi

ni: nilai kepentingan untuk tiap spesies

N: total nilai kepentingan

Karbon tersimpan dianalisis dengan menggunakan rumus allometrik untuk menduga biomassa tumbuhan<sup>13</sup>: Rumus biomassa tumbuhan bawah dan nekromassa

$$\sum BK = \frac{BK_{\text{sub}} - \text{contoh}}{BB_{\text{sub}} - \text{contoh}} \times \sum BB$$

#### Keterangan:

$\sum BK$ : total berat kering

BK: berat kering

$\sum BB$ : total berat basah

BB: berat basah

#### Diskusi

Perjalanan suksesi menuju klimaks di suatu lahan dapat ketahui melalui munculnya vegetasi baru dan perubahan lingkungan. Proses suksesi dapat dipantau melalui perkembangan munculnya vegetasi hingga klimaks. Salah satu cara untuk mengetahui hal tersebut adalah dengan melalui analisis vegetasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di tanggul lumpur panas Lapindo ditemukan 35 jenis tumbuhan bawah. Jumlah individu yang ditemukan mencapai 324 individu/10m<sup>2</sup> (0,001 hektar).

Tumbuhan bawah yang ditemukan di

13 Hairiyah. dkk. op. cit.

areal tanggul adalah sebagian besar berasal dari suku Poaceae (rumput-rumputan). Setiap stasiun suku ini selalu ada dan terlihat mendominasi. Keberadaan suku Poaceae menandakan bahwa suku ini memiliki toleransi pertumbuhan dan persebaran yang tinggi di suatu lingkungan. Suku Poaceae dinilai sebagai tumbuhan kosmopolit dan memiliki pertumbuhan yang sangat cepat walaupun dengan kondisi yang kurang mendukung bagi tumbuhan lain. Selain itu, suku ini memiliki biji yang sangat kecil dan ringan sehingga mudah terbawa oleh angin. Suku kedua yang banyak tumbuh di tanggul adalah dari polong-polongan (Fabaceae). Sebagian besar suku ini menjalar dan memiliki biji yang sangat cepat berkecambah. Tumbuhan yang ditemukan yang akan menjadi pohon masih dikategorikan dalam pancang seperti lamtoro, karena lamtoro memiliki pertumbuhan yang cukup lama untuk menjadi pohon besar.

Komponen dalam melakukan analisis vegetasi diperlukan parameter kuantitatif seperti: Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR), dan Indeks Nilai Penting (INP). Nilai KR dapat menggambarkan bahwa jenis dengan nilai kerapatan tinggi memiliki pola penyesuaian yang besar<sup>14</sup>. Kepadatan populasi sangat penting diukur untuk menghitung produktivitas pertumbuhan<sup>15</sup>. Nilai KR pada semua stasiun yang paling tinggi berada di stasiun 1 (55,68%) dan 2 (64,4%). Sedangkan nilai KR yang sangat rendah pada stasiun 9 dan stasiun 10.

Nilai FR pada semua stasiun berkisar antara 2-32%. Nilai FR tertinggi dimiliki oleh stasiun 1, sedangkan rerata paling

14 Melati Ferianita Fachrul. op. cit.

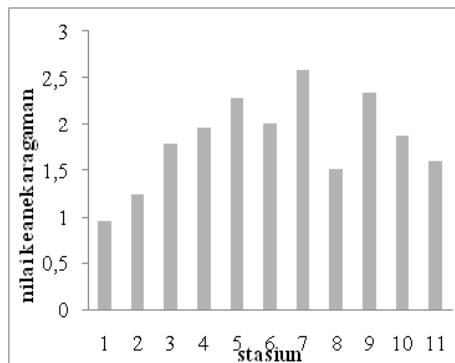
15 Nurdin Muhammad Suin. Ekologi Hewan Tanah (Jakarta: Bumi Aksara, 2003)

rendah pada stasiun 7. Jadi frekuensi relatif tergolong dalam kelas A (0-20%) dan kelas B (21-40%)<sup>16</sup>. Terdapat hubungan antara KR dan FR dari hasil di atas, apabila nilai KR tinggi maka nilai FR juga diperkirakan tinggi pula. Terdapat hubungan antara KR dan FR, apabila FR tinggi umumnya KR tinggi pula<sup>17</sup>.

INP pada semua stasiun berkisar mulai dari 3,02-86,93. Nilai INP pada vegetasi yang tinggi antara lain: *Panicum palmifallium*, *Eleusine indica*, *Mimosa pudica*, *Axonopus compressus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Botriochala pertusa*, dan *Agrostis infirma*. Sedangkan INP terendah antara lain: *Echinochloa crus-galli*, *Paederia foetida*, dan *Portulaca oleracea*.

### Indeks Keanekaragaman

Berikut diagram Indeks Keanekaragaman pada vegetasi di areal tanggul lumpur panas Lapindo dari beberapa stasiun.



Gambar Diagram Indeks  
Keanekaragaman

Berdasarkan diagram Indeks Keanekaragaman dapat digambarkan, bahwa stasiun yang memiliki nilai keanekaragaman

vegetasi tertinggi adalah stasiun 7 (2,585). Pada stasiun ini terdapat 19 jenis tumbuhan, Stasiun 7 berada di areal pemantauan lumpur. Maka memiliki indikasi bahwa persebaran biji dan pertumbuhannya berasal dari tanggul tepi dan terkumpul di areal ini. Selain itu, pertumbuhan setiap jenis lebih merata dalam setiap substasiun dan dinilai tidak ada jenis yang mendominasi di stasiun 7 dan dapat dikatakan sedang melimpah.

Stasiun yang memiliki keanekaragaman paling rendah adalah stasiun 1 (0,963) yang berada di areal mesin penyedot lumpur 1. Terletak di bagian tengah dan berada di depan mesin penyedot lumpur 1. Pada stasiun 1 hanya terdapat 5 jenis tumbuhan. Jenis tumbuhan tersebut sebagian besar berasal dari Poaceae dan Cyperaceae. Rendahnya keanekaragaman di stasiun 1 karena letak tanggul yang berada paling tengah dan dekat dengan pusat semburan. Hal ini juga terjadi pada stasiun 2 yang memiliki tingkat keanekaragaman rendah. Letak kedua stasiun ini dinilai cukup sulit dalam persebaran biji dan membutuhkan waktu relatif lama untuk mencapai keanekaragaman jenis yang tinggi. Faktor angin di stasiun ini berkisar 0,8-1,6 m/s yang kurang berpotensi dalam penyebaran biji. Menurut<sup>18</sup> Apabila nilai keanekaragamannya tinggi maka semakin tua dan stabil keadaan suatu komunitas tersebut.

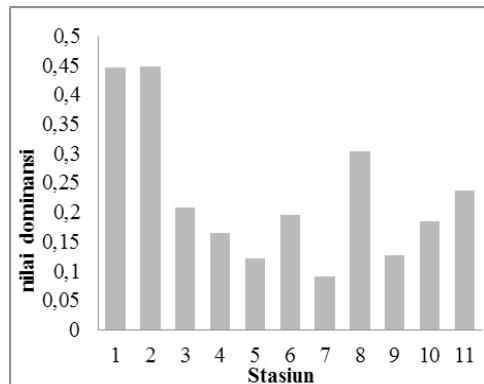
### Indeks Dominansi

Berikut diagram Indeks Dominansi vegetasi di areal tanggul lumpur panas Lapindo dari beberapa stasiun.

16 Melati Ferianita Fachrul. op. cit.

17 Nurdin Muhammad Suin. op. cit.

18 Melati Ferianita Fachrul. op. cit.



Gambar Diagram Indeks Dominansi

Indeks dominansi menunjukkan bahwa stasiun yang memiliki nilai dominansi tertinggi adalah pada stasiun 1 (0,4453) dan 2 (0,4475). Dominansi jenis vegetasi di kedua stasiun ini adalah Poaceae seperti *Panicum sp.*, dan *Eleusine indica*. Kedua jenis ini hampir ditemukan pada semua substasiun dan banyak berada di jalan setapak tanggul. Dominansi vegetasi terendah terjadi pada stasiun 7 yaitu 0,0909. Pada stasiun ini ditumbuhi vegetasi yang lebih beragam dari pada stasiun 1 dan 2. Pada ketiga stasiun ini (1, 2, dan 7) bersifat berbanding terbalik antara nilai keanekaragaman dan dominansi. Pada stasiun 1 dan 2 memiliki nilai dominansi tertinggi dan rendah dalam keanekaragaman. Akan tetapi pada stasiun 7 memiliki nilai keanekaragaman tertinggi dan rendah dalam dominansi. Apabila nilai dominansi tinggi, maka dominansi terpusat pada satu spesies. Tetapi apabila nilai dominansi rendah, maka dominansi terpusat pada beberapa spesies<sup>19</sup>.

Keseragaman jenis vegetasi di tanggul banyak berasal dari suku rerumputan. Hal ini disebabkan tanah yang berasal dari

19 Indrayanto, op. cit.

pegunungan diperkirakan menyisakan propagul, sehingga perkembangan proses juga turut terbantu dari luar tanggul. Namun, dari analisis kesamaan antar stasiun menunjukkan nilai 0, artinya tidak ada kesamaan jenis yang nyata pada setiap stasiun. Hal ini dikarenakan setiap stasiun memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga memunculkan jenis keanekaragaman yang berbeda pula. Selain itu, faktor abiotik juga turut menentukan keanekaragaman jenis dalam masing-masing stasiun.

## Faktor Abiotik

Faktor abiotik merupakan komponen penunjang utama dalam proses suksesi. Faktor abiotik meliputi jenis parameter seperti suhu, pH, kelembaban udara, angin, dan kandungan nutrisi tanah. Faktor abiotik ini sangat menentukan keberadaan suatu vegetasi di suatu habitat sehingga disebut faktor pembatas. Faktor-faktor tersebut sangat mempengaruhi interaksi antara organisme dengan lingkungannya. Pengaruh faktor abiotik terhadap vegetasi lebih pada ke arah fisiologi<sup>20</sup>. Berikut hasil pengukuran faktor abiotik dari areal tanggul lumpur panas Lapindo.

### Hasil Pengukuran Faktor Abiotik

Paremeter	Nilai
Suhu	29-41
Kelembaban	82,2-52
Angin	0-2,2
Nitrogen	0,31
Fosfor	34,3
Kalium	48,7
Magnesium	8,31
Kalsium	0,81
pH	6,5-8

20 Amin Setyop Leksono. Ekologi Pendekatan Deskriptif dan Kuantitatif. (Malang: Bayumedia, 2007)

Penghitungan parameter dimulai pada pukul 07.00-09.00WIB, sehingga diperoleh suhu maksimal 41°C. Vegetasi di suatu lingkungan memiliki daya toleransi tertentu dalam berinteraksi dengan faktor abiotik. Apabila suhu terlalu tinggi atau rendah maka berpengaruh terhadap proses enzimatik. Suhu berpengaruh pada ekosistem karena merupakan syarat yang diperlukan organisme untuk hidup<sup>21</sup>.

Suhu secara langsung sangat mempengaruhi nilai kelembaban. Nilai kelembaban tertinggi 82,2% dan terendah 52% RH. Tingginya nilai kelembapan dapat dipicu oleh rendahnya nilai suhu, begitu pula sebaliknya. Jadi tercatat pada areal tanggul semakin siang (suhu semakin tinggi) maka nilai kelembaban semakin rendah.

Keberadaan angin menentukan nilai kelembaban dan berperan dalam penyebaran biji tumbuhan tertentu<sup>22</sup>. Kecepatan angin tercatat hingga 2,2 m/s mulai pukul 07.30 WIB. Kecepatan angin di tanggul akan bertambah seiring dengan berubahan waktu yang menuju siang dan sore hari. Sebagian angin berasal dari hembusan selat Madura dan jalan raya.

Mengetahui total pH tanah sangat penting guna menentukan keberadaan dan kepadatan vegetasi<sup>23</sup>. Nilai pH tanah dapat digunakan sebagai indikator kesuburan kimiawi tanah. pH mencerminkan ketersediaan hara dalam tanah tersebut. pH optimum untuk ketersediaan unsur hara adalah 7,0 sedangkan pH dibawah 6,5 dan diatas 7,5 dapat menyebabkan defisiensi unsur-unsur nutrisi<sup>24</sup>.

21 Leksono. op. cit.

22 Leksono, op. cit.

23 Suin, op. cit.

24 Kemas Ali Hanifah. Dasar-Dasar Ilmu Tanah.

Total nitrogen pada areal tanggul sangat rendah karena tidak ada tumbuhan sisa dalam menyusun tanggul pada tahap awal, karena nitrogen sebagian besar berasal dari sisa tumbuhan. Total fosfor pada areal tergolong dalam kisaran kebutuhan vegetasi akan nutrisi. Rata-rata fosfor dalam tanah sekitar 0,08%. Total kalium pada areal tanggul tergolong kecil karena kurang dari kisaran rerata 2,6%. Total kalsium dan magnesium pada tanggul tergolong dalam kisaran serapan vegetasi, tumbuhan menyerap kalsium 0,5% dan magnesium 0,04% yang berfungsi sebagai komponen dinding sel dan terlibat dalam metabolisme karbohidrat<sup>25</sup>.

Suksesi yang berada di tanggul lumpur panas Lapindo merupakan proses menuju perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan dapat diketahui melalui dengan adanya perbedaan signifikan antara sebelum dan sesudah terjadi semburan lumpur. Sebelum terjadi peristiwa semburan, areal terdahulu merupakan kehidupan bagi warga Kecamatan Porong, Jabon, dan Tanggulangin. Namun, setelah terjadi semburan semuanya berubah total. Perubahan pada bencana ini, terdapat dua macam suksesi yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder. Suksesi primer yakni pada lumpur panas Lapindo dan suksesi sekunder yakni tanggul lumpur panas Lapindo.

Suksesi di areal tanggul masih berada pada tahap awal. Namun, membutuhkan waktu yang sangat lama untuk menuju klimaks. Hal ini ditandai dengan munculnya tumbuhan bawah seperti rerumputan,

(Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2008)

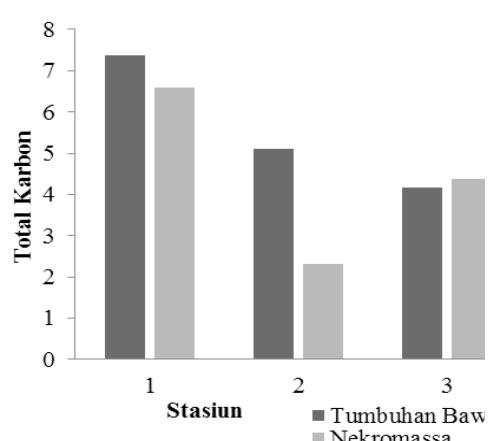
25 Muhammad Faiz Barchia. Agroekosistem Tanah Mineral Masam. (Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press, 2009)

tumbuhan merambat, semak, dan pancang. Clements;<sup>26</sup> telah merinci tahapan suksesi menuju klimasks. Kondisi vegetasi di tanggul saat ini menurut tahapan dari Clements berada pada tahap kompetisi dan reaksi. Tahapan ini menggambarkan organisme cenderung meningkat jumlahnya karena proses pertumbuhan dan perkembangan. Semua organisme akan bergabung dalam satu habitat, sehingga antar organisme mengalami proses alamiah. Misalnya: persaingan, pemangsaan, dan simbiosis.

Suksesi secara keseluruhan berkembang sebagai akibat dari interaksi organisme dengan lingkungannya. Perubahan proses suksesi terjadi akibat pengaruh faktor-faktor eksternal seperti hadirnya unsur hara. Suksesi terjadi sebagai akibat dari hukum alam. Pertumbuhan vegetasi di sekitar areal suksesi, akan mendorong kecepatan suksesi. Hal ini dikarenakan keberadaan spesies akan menjadi sumber bakal tumbuhan (biji atau spora). Spesies yang tumbuhan di tempat tersebut merupakan spesies lokal yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dibanding spesies asing<sup>27</sup>.

### Simpanan Karbon

Berikut hasil analisis pengukuran cadangan karbon di areal lumpur panas Lapindo pada tingkat tumbuhan bawah dan nekromassa.



Gambar Diagram Simpanan Karbon pada Tumbuhan Bawah dan Nekromassa

Digram di atas merupakan hasil dari sampel perhitungan simpanan karbon. Simpanan karbon paling tinggi pada tumbuhan bawah adalah di stasiun 1 7,3704 ton/ha, sedangkan pada nekromassa pada stasiun 1 6,592 ton/ha. Stasiun ini memiliki nilai simpanan karbon tertinggi karena memiliki vegetasi bawah yang kompleks dan rapat. Akan tetapi, pada stasiun 2 dan 3 keadaan vegetasi banyak berupa suku Poaceae, sehingga memiliki simpanan karbon yang sedikit pula. Namun untuk mengetahui jumlah simpanan karbon pada tanggul perlu dilakukan nilai rata-rata dari ketiga stasiun. Jadi simpanan total cadangan karbon di tanggul pada tumbuhan bawah mencapai 242,597 ton dan nekromassa mencapai 193,743 ton. Sedangkan rata-rata simpanan karbon per hektar yakni tumbuhan bawah 5,545 ha/ton dan nekromassa 4,428 ha/ton. Jumlah sumbangan karbon di areal tanggul dapat berasal dari Jalan Raya Surabaya-Malang dan

26 Indriyanto. op. cit.

27 Indriyanto. op. cit.

pusat semburan lumpur yang mengeluarkan gas berwarna putih.

Nilai simpanan karbon pada tumbuhan bawah lebih besar dari nekromassa karena sebagian besar tangkul banyak tertutupi oleh tumbuhan bawah. Perbedaan jumlah cadangan karbon pada setiap lokasi penelitian disebabkan karena perbedaan kerapatan tumbuhan pada setiap lokasi. Cadangan karbon pada suatu sistem penggunaan areal dipengaruhi oleh jenis vegetasinya<sup>28</sup>. Rendahnya potensi karbon tumbuhan bawah dan nekromassa dapat berpengaruh pada jumlah total potensi karbon di atas permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena karbon tumbuhan, karbon serasah, karbon tegakan dan karbon nekromassa digunakan untuk menghitung jumlah total karbon di atas permukaan tanah<sup>29</sup>.

## Penutup

Simpulan dari penelitian ini adalah proses suksesi di areal tangkul lumpur panas Lapindo masih pada tahap awal atau kompetisi dan reaksi. Ditemukan 35 jenis tumbuhan bawah dengan jumlah individu sebanyak 324 dalam 0,001 hektar (324.000 spesies/1ha). Indeks Keanekaragaman tertinggi pada stasiun 7 (2,58498) dan terendah pada stasiun 1 (0,96336). Indeks Dominansi tertinggi pada stasiun 2 (0,447488) dan terendah pada stasiun 7 (0,090868). Jumlah cadangan karbon tersimpan pada areal tangkul lumpur panas Lapindo pada tumbuhan bawah mencapai 242,597 ton dan nekromassa mencapai 193,743 ton.

28 Hairiyah. dkk. op. cit.

29 Yuniarwati, op. cit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barchia, M. F. (2009). *Agroekosistem Tanah Mineral Masam*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press
- Davies, R. (2011). *Lumpur Lapindo Menyembur Hingga Tahun 2030. (online)*. Retrieved Maret 2012, 2011, from <http://www.detiknews..com/>
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., & Rahayu, S. (2011). *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi 2*. Bogor, Malang, Indonesia: Universitas Brawijaya
- Hanifah, K. A. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Herawati, N. (2007). *Analisi Risiko Lingkungan Aliran Air Lumpur Lapindo Ke Badan Air (Studi Kasus Sungai Porong dan Sungai Aloo - Kabupaten Sidoarjo)*. Universitas Diponegoro, Program Studi Pacsarjana. Semarang: Universitas Diponegoro
- Indriyanto. (2006). *Ekologi Hutan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Irwan, Z. (2003). *Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi, Ekosistem, Komunitas dan Lingkungan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Leksono, A. S. (2007). *Ekologi Pendekatan Deskriptif dan Kuantitatif*. Malang: Bayumedia
- Loveless. (1998). *Prinsip-Prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropik 2*. Jakarta: Gramedia
- Saharjo, B. H., & Wardhana, H. F. (2011). *Pendugaan Potensi Simpanan Karbon Pada Tegakan Pinus (Pinus merkusii Jungh. Et de Vries) di KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat*

- dan Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3, 96-100
- Salim, R. I., Mustain, M., & Sholihin. (2009). *Studi Kapasitas Bendungan sebagai Pengendali Semburan Lumpur Sidoarjo*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Teknik Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Suin, N. M. (2003). *Ekologi Hewan Tanah*. Jakarta: Bumi Aksara
- Yuniawati. (2013). Pengaruh Pemanenan Kayu Terhadap Potensi Karbon Tumbuhan Bawah dan Serasah di Lahan Gambut (Studi Kasus di Areal HTI Kayu Serat PT. RAPP Sektor Pelalawan, Propinsi Riau). *Jurnal Hutan Tropis*, 1, 24-31
- Zulkifli, H., Windusari, Y., Yustian, I., & Herinawati, D. (2011). Kandungan Cadangan Karbon pada Area Suksesi Industri Pertambangan di Papua: Mitigasi Dampak Perubahan Iklim. *Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya*. 3, pp. 1124-1131. Palembang: Universitas Sriwijaya