

ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN REVEGETASI DI LAHAN BEKAS TAMBANG SILIKA *HOLCIM EDUCATIONAL FOREST* CIBADAK, SUKABUMI, JAWA BARAT

Analysis of Revegetation Plant Growth in Post-mining Silica Land Holcim Educational Forest (HEF) Cibadak, Sukabumi, Jawa Barat

Rizki Widiyatmoko^a, Basuki Wasis^b, Lilik Budi Prasetyo^c

^a Program Studi Silvikultur Tropika, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor-
Widiyatmokorizki14@yahoo.com

^b Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.

^c Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.

Abstract. *The activity determines the success of reclamation is revegetation, therefore it is needed to conduct evaluation of revegetation plant growth to identify the success of post-mining silica land revegetation in HEF. This research aimed to identify the status of revegetation plant growth in HEF based on spatial analysis and plant condition as well as to provide recommendation to address revegetation problems in Holcim Educational Forest. The method used by making 19 plots size of 25 m x 40 m in 4 planting blocks in HEF and conduct spatial analysis to obtain NDVI value from 2013-2016. Parameters observed were height growth, life percentage, plant health, and soil analysis. The result shows that block XI, XIII, and IX had life percentage around 82.03-86.50% and in block VII had life percentage under 80%, while the plants health in HEF block was under 80%. Spatial analysis in HEF block shows that NDVI value in HEF planting blocks increased with average NDVI 0.10. The problem occurred in HEF planting blocks was low life percentage and plants health caused by nutrient content, low pH, soil compaction, and high toxic content such as Fe, Al, and Mn.*

Keywords: NDVI, Plant growth, Revegetation, Post-mining silica land

(Diterima: 26-12-2016; Disetujui: 28-03-2017)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kegiatan penambangan berdampak terhadap penurunan kualitas lahan dan peningkatan laju degradasi lahan. Penurunan kualitas lahan pada lahan bekas tambang berhubungan dengan kesuburan dan sifat kimia tanah, tekstur tanah, kelerangan, dan genangan air sehingga lahan menjadi sulit untuk ditanami (Mansur, 2011). Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan melakukan kegiatan reklamasi. Reklamasi adalah kegiatan penataan untuk memperbaiki dan memulihkan kembali lahan serta vegetasi hutan yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal sesuai peruntukannya (UU No. 41 Tahun 1991 Pasal 44). Reklamasi lahan pasca tambang merupakan kewajiban yang harus dilaksanakan oleh perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan, hal tersebut tertuang dalam PERMENESDM No. 18 Tahun 2008.

Kegiatan revegetasi merupakan salah satu bagian yang menentukan kegiatan reklamasi. Revegetasi adalah usaha penanaman kembali di lahan bekas tambang untuk perbaikan biodiversitas dan pemulihan estetika lanskap serta komunitas tumbuhan asli secara berkelanjutan untuk mengendalikan erosi dan aliran

permukaan (Setiadi, 2006). Kondisi lahan revegetasi yang sedikit akan kandungan nitrogen yang disebabkan oleh faktor lingkungan seperti pH tanah, kandungan nutrisi yang rendah, suhu yang terlampaui ekstrim, kelebihan atau kekurangan kandungan air dalam tanah (Vissoh, 2005). Hal tersebut yang menjadi permasalahan untuk keberhasilan kegiatan revegetasi. Keberhasilan Revegetasi pada lahan bekas tambang sangat ditentukan oleh banyak hal diantaranya adalah aspek penataan lansekap, kesuburan media tanam dan penanaman dan perawatan. kesuburan media sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Iskandar 2012).

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan nomor P. 4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan menyatakan bahwa pada kegiatan reklamasi perlu dilakukan kegiatan evaluasi sekurang-kurangnya satu tahun sekali untuk mengetahui keberhasilan dari kegiatan reklamasi yang diadakan perusahaan tambang. Kegiatan yang menentukan keberhasilan reklamasi adalah kegiatan revegetasi, oleh karena itu diperlukan kegiatan evaluasi pertumbuhan tanaman revegetasi untuk mengetahui keberhasilan revegetasi di HEF. Selain itu dengan menggunakan teknologi *remote sensing* pada kegiatan evaluasi pertumbuhan tanaman revegetasi yang dikombinasikan dengan *ground check* pada lahan revegetasi dapat memperoleh

informasi untuk menganalisis pertumbuhan tanaman dan permasalahan kegiatan revegetasi di HEF.

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis status pertumbuhan tanaman revegetasi di HEF berdasarkan analisis spasial dan kondisi tanaman serta memberikan rekomendasi untuk mengatasi permasalahan pada kegiatan revegetasi di lahan revegetasi *Holcim Educational Forest*.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Agustus 2016, bertempat di *Holcim Educational Forest* (HEF), Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi dan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW), Sukabumi. Analisis tanah di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *global positioning system* (GPS), pita ukur, *tally sheet*, Tongkat ukur, golok, kompas, kamera, laptop, bor tanah, botol sampel dan plastik sampel. Alat yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data, antara lain seperangkat komputer, *software* ArcGIS 10.3, *software* ERDAS imagine 9.1, *software* Microsoft word, dan *software* Microsoft excel. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta areal revegetasi *Holcim Educational Forest* (HEF), citra landsat (2013–2016), dan tegakan pada lahan revegetasi.

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahapan yaitu analisis spasial dari peta IUP (Izin Usaha Penambangan) dan citra landsat tahun 2013–2016 untuk mengetahui karakteristik lahan serta hasil citra landsat untuk mendapatkan nilai NDVI dari tahun awal penanaman pada tahun 2013 sampai kondisi lahan yang terbaru pada tahun 2016. *Ground check* diperlukan untuk mengetahui kondisi lahan revegetasi dengan melakukan pengambilan data analisis tanah, pertumbuhan tanaman, kesehatan tanaman, dan persen tumbuh tanaman.

a. Pembuatan plot pengamatan

Penilaian tanaman hasil revegetasi dilakukan melalui teknik sampling dengan metode *Systematic Sampling with Random Start* dengan menggunakan intensitas sampling sebesar 5% yang menghasilkan 22 plot pengamatan pada luasan areal revegetasi di HEF sebesar 33 Ha yang terbagi menjadi 5 blok tanam.

b. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengukuran di lapangan berupa tinggi, diameter, persen hidup, dan kesehatan tanaman. Pengambilan data berupa sampel analisis tanah dari hasil tanah komposit pada lima *sampling point* dengan dua kedalaman yaitu 0–30 cm dan 30–60 cm (Megawati, 2012).

c. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif mengenai pertumbuhan tanaman, persen hidup tanaman, identifikasi kesehatan tanaman, nilai NDVI, dan persentase kesehatan tanaman.

NDVI

Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer 1997).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Keterangan:

NIR = Radiasi inframerah dekat dari *pixel*

RED = Radiasi cahaya merah dari *pixel*

Persentase Hidup Tanaman

Persentase hidup tanam dihitung jumlah tanaman yang hidup pada plot lahan revegetasi dengan jumlah tanaman yang mati pada lahan revegetasi dengan rumus sebagai berikut (Permenhut 2009):

$$T = \frac{\sum hi}{\sum Ni} \times 100\%$$

Keterangan:

T = persen tumbuh tanaman (%)

hi = jumlah tanaman yang hidup pada plot ke-i

Ni = jumlah tanaman yang ditanam pada plot ke-i

Kesehatan Tanaman

Kesehatan tanaman dihitung jumlah tanaman yang sehat pada plot lahan revegetasi dengan jumlah tanaman yang sehat pada lahan revegetasi dengan rumus sebagai berikut (Permenhut 2009):

$$K = \frac{\sum ri}{\sum hi} \times 100\%$$

Keterangan:

K = persen Kesehatan tanaman (%)

hi = jumlah tanaman yang sehat pada plot ke-i

Ni = jumlah tanaman yang hidup pada plot ke-i

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan adalah penambahan ukuran baik penambahan jumlah sel, volume dan bobot. Parameter pertumbuhan tanaman yang biasanya diukur adalah pertumbuhan diameter dan tinggi total maupun bebas cabang (Husch *et al.*, 2003). Pertumbuhan tanaman yang diamati pada penelitian ini adalah pengukuran volume dengan mengukur pertumbuhan tinggi dan diameter pada 4 blok tanam yang ditanam pada tahun 2013. Tabel 1 menunjukkan hasil rekapitulasi rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter pada blok tanam yang diteliti. Jenis tanaman yang ditemukan pada Blok tanam HEF adalah *Pinus merkusii*, *Schima wallichii*, *Calliandra haematocephala*, *Swietenia mahagoni*, *Gmelina arborea*, *Acacia mangium*, *Shorea leprosula*, *Naulclea orientalis*, *Canarium commune*, *Ficus sp*, dan *Pericopsis mooniana*.

Jenis tanaman yang ditemukan pada plot pengamatan di blok tanam revegetasi HEF didominasi oleh jenis *P. merkusii* dengan nilai total kerapatan mencapai 1986.67 ind/ha dan jenis *S. Wallichii* dengan nilai total kerapatan sebesar 251.66 ind/ha. Keberhasilan pertumbuhan ditentukan oleh faktor internal (genetik dan hormon) dan faktor eksternal (iklim dan kualitas tempat tumbuh) (Daniel *et al.*, 1987). Pertumbuhan tanaman pada 4 blok tanam berbeda-beda diduga akibat dari perbedaan kondisi lingkungan yang berbeda antar blok tanam. Data rekapitulasi rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter pada blok tanam HEF yang diamati ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman dengan pertumbuhan terbaik adalah jenis *S.*

wallichii dan *Ficus sp.* dengan rata-rata pertumbuhan tinggi 6.09 m dan 4.35 m, sedangkan rata pertumbuhan diameter sebesar 6.95 cm dan 6.79 cm. *S. Wallichii* dan *Ficus sp.* merupakan jenis yang mempunyai kemampuan berasosiasi dengan mikoriza arbuskula potensial sehingga perlu dikembangkan untuk mendukung kegiatan restorasi pada lahan-lahan dengan kerusakan berat seperti pada lahan tambang (Yassir dan Wilarso, 2007).

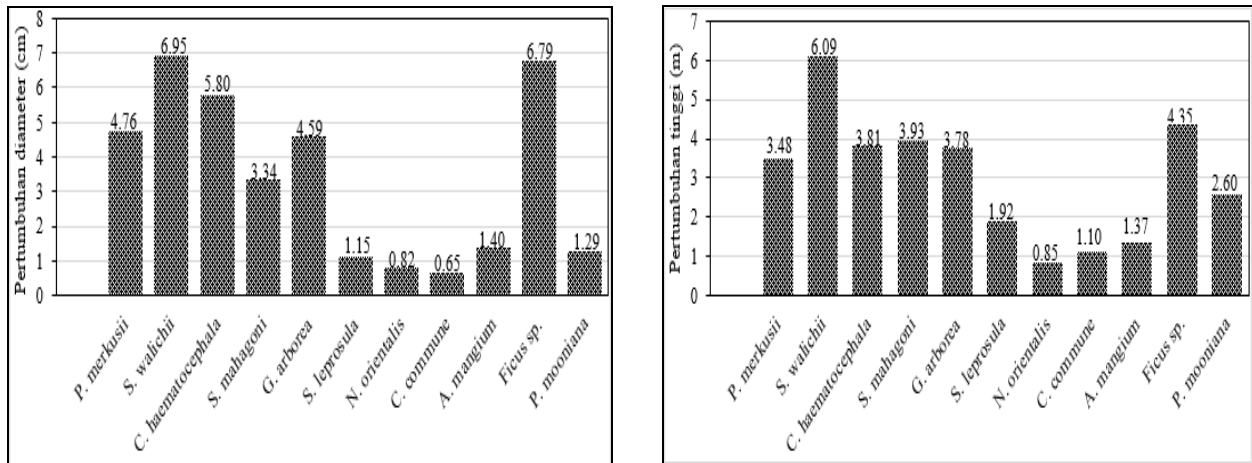
3.2. Persentase Hidup dan Kesehatan tanaman

Persentase hidup tanaman merupakan jumlah tanaman yang dapat hidup di lahan revegetasi HEF, sedangkan kesehatan tanaman menunjukkan kemampuan tanaman untuk hidup dengan baik terhadap gangguan hama dan penyakit pada plot pengamatan 0.1 ha pada 4 blok tanam dengan kriteria tanaman terbagi menjadi 3 yaitu tanaman sehat, kurang sehat, dan tanaman merana (Permenhut, 2009).

Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi persentase hidup dan kesehatan tanaman pada tanaman yang tumbuh di lahan revegetasi HEF. Persen tumbuh pada blok XI, blok XIII, dan blok IX mempunyai nilai persen hidup berkisar antara 82.03–86.50% dan pada blok VII mempunyai hasil persen tumbuh dibawah 80%, sedangkan kesehatan tanaman pada blok tanam HEF berada dibawah 80%. Menurut Permenhut (2009) bahwa kegiatan revegetasi dikategorikan berhasil apabila nilai persen hidup dan kesehatan tanaman lebih dari 80%. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan revegetasi pada blok VII tergolong tidak berhasil, sedangkan kesehatan tanaman di blok tanam HEF tergolong rendah dengan nilai persentase kesehatan tanaman dibawah 80%.

Tabel 1. Rekapitulasi pertumbuhan tinggi, diameter, dan kerapatan di Blok tanam HEF

Blok Tanam	Jenis Tanaman	Tinggi (m)	Diameter (cm)	Kerapatan (ind/ha)
VI	<i>Pinus merkusii</i>	4.48	6.98	216.67
	<i>Schima wallichii</i>	6.70	7.69	233.33
	<i>Calliandra haematocephala</i>	3.81	5.80	80.00
	<i>Swietenia mahagoni</i>	3.93	3.34	10.00
	<i>Gmelina arborea</i>	3.78	4.59	10.00
VII	<i>Pinus merkusii</i>	2.13	2.83	430.00
	<i>Shorea leprosula</i>	1.39	1.30	70.00
	<i>Naulclea orientalis</i>	0.85	0.82	6.67
	<i>Canarium commune</i>	1.10	0.65	6.67
	<i>Acacia mangium</i>	1.37	1.40	16.67
VII	<i>Pinus merkusii</i>	3.44	4.33	640.00
	<i>Naulclea orientalis</i>	2.14	4.06	5.00
	<i>Schima wallichii</i>	5.49	6.21	18.33
	<i>Shorea leprosula</i>	2.10	1.00	5.00
	<i>Ficus sp.</i>	4.35	6.79	13.33
IX	<i>Pinus merkusii</i>	3.88	4.92	700.00
	<i>Shorea leprosula</i>	2.27	1.15	4.29
	<i>Pericopsis mooniana</i>	2.60	1.29	2.86



Gambar 1. Diagram rekapitulasi rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter pada blok tanam HEF.

Tabel 2. Rekapitulasi persen hidup dan kesehatan tanam pada blok tanam HEF

Blok Tanam	Jenis Tanaman	Persen Hidup (%)	Kesehatan Tanaman (%)
VI	<i>Pinus merkusii</i>	95.59	83.08
	<i>Schima wallichii</i>	94.59	80.00
	<i>Calliandra haematocephala</i>	92.31	70.83
	<i>Swietenia mahagoni</i>	75.00	66.67
	<i>Gmelina arborea</i>	75.00	66.67
	Rata-rata	86.50	73.45
VII	<i>Pinus merkusii</i>	89.58	68.99
	<i>Shorea leprosula</i>	87.50	61.90
	<i>Naulclea orientalis</i>	66.67	50.00
	<i>Canarium commune</i>	66.67	50.00
	<i>Acacia mangium</i>	71.43	60.00
Rata-rata	76.37	58.18	
VIII	<i>Pinus merkusii</i>	96.97	75.52
	<i>Naulclea orientalis</i>	75.00	66.67
	<i>Schima wallichii</i>	84.62	63.64
	<i>Shorea leprosula</i>	75.00	33.33
	<i>Ficus sp.</i>	100.00	87.50
Rata-rata	86.32	65.33	
IX	<i>Pinus merkusii</i>	96.08	81.02
	<i>Shorea leprosula</i>	75.00	66.67
	<i>Pericopsis mooniana</i>	75.00	66.67
Rata-rata	82.03	71.45	

Kondisi tanaman di blok tanam HEF terdapat kondisi tanaman kurang sehat dan tanaman merata (Tabel 3). Tanaman merata merupakan tanaman yang mempunyai pertumbuhan lebih kecil dibandingkan dengan tanaman lain dan terdapat gangguan hama dan penyakit (Permenhut, 2009), sedangkan tanaman yang kurang sehat dengan gejala klorosis, nekrosis, daun yang rontok, dan mati pucuk. Kondisi tanaman pada blok tanam HEF didominasi oleh gejala nekrosis dan klorosis. Nekrosis terjadi akibat kondisi sekumpulan

sel yang terbatas pada jaringan tertentu mati, sehingga terlihat bercak dan noda berwarna coklat atau hitam (Semangun, 2011), sedangkan klorosis merupakan gejala yang terdapat pada daun tanaman yang menguning akibat rusaknya jaringan kloroplas pada daun. Gejala klorosis dan nekrosis disebabkan respon tanaman terhadap kekurangan kandungan unsur hara seperti nitrogen (N), kalium (K), fosfor (P), dan magnesium (Mg) (Setiadi *et al.*, 2012).

Tabel 3. Rekapitulasi gejala kondisi tanaman di blok tanam HEF

Blok Tanam	Jenis Tanaman	Gejala
VI	<i>Pinus merkusii</i>	Mati pucuk dan merana
	<i>Schima wallichii</i>	klorosis dan merana
	<i>Calliandra haematocephala</i>	Klorosis dan rontok
	<i>Swietenia mahagoni</i>	Klorosis
	<i>Gmelina arborea</i>	Merana
VII	<i>Pinus merkusii</i>	Mati pucuk dan merana
	<i>Shorea leprosula</i>	Klorosis, bercak hitam, dan nekrosis
	<i>Naulclea orientalis</i>	Klorosis dan merana
	<i>Canarium commune</i>	Klorosis dan nekrosis
	<i>Acacia mangium</i>	klorosis dan merana
VII	<i>Pinus merkusii</i>	Mati pucuk dan merana
	<i>Naulclea orientalis</i>	Klorosis dan merana
	<i>Schima wallichii</i>	Klorosis, bercak hitam, dan nekrosis
	<i>Shorea leprosula</i>	Klorosis, bercak hitam, dan nekrosis
	<i>Ficus sp.</i>	Klorosis
IX	<i>Pinus merkusii</i>	Mati pucuk dan merana
	<i>Shorea leprosula</i>	Klorosis, merana, dan nekrosis
	<i>Pericopsis mooniana</i>	Merana

3.3. NDVI

Perhitungan NDVI didasarkan pada prinsip bahwa tanaman hijau tumbuh secara sangat efektif dengan menyerap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak (PAR atau *Photosynthetically Aktif Radiation*), sementara itu tanaman hijau memantulkan radiasi dari daerah inframerah dekat (Ryan, 1997). Nilai NDVI diperoleh dari citra landsat 8 pada *path* 122 *row* 65 dari awal kegiatan penanaman tahun 2013 dan kondisi terbaru pada tahun 2016.

Nilai NDVI rata-rata tertinggi pada tahun 2016 terdapat pada blok VI sebesar 0.38, sedangkan nilai NDVI yang terendah terdapat pada blok VIII dengan nilai sebesar 0.29. Menurut Jaya (2010) bahwa nilai NDVI pada tutupan vegetasi yang lebat mendekati 1, untuk lahan kosong umumnya mendekati 0, dan tutupan vegetasi dengan badan-badan air mempunyai

nilai -1. Nilai NDVI menggambarkan kondisi vegetasi pada blok tanam HEF dari awal tanam tahun 2013 hingga tahun 2016.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai NDVI pada blok tanam HEF mengalami peningkatan (Gambar 2) dengan rata-rata peningkatan NDVI sebesar 0.10 dengan nilai NDVI tertinggi terdapat pada blok VI. Nilai NDVI digunakan untuk menduga kerapatan atau kondisi kanopi dan tingkat kehijauan tanaman. Tanaman yang sehat mempunyai tingkat indeks vegetasi yang tinggi, hal ini disebabkan oleh hubungan terbalik antara intensitas sinar yang dipantulkan vegetasi pada spektral sinar merah dan NIR (Purwadhi dan Sri, 2001). Nilai NDVI dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi, jenis vegetasi, dan tutupan tajuk yang terdapat pada blok tanam.

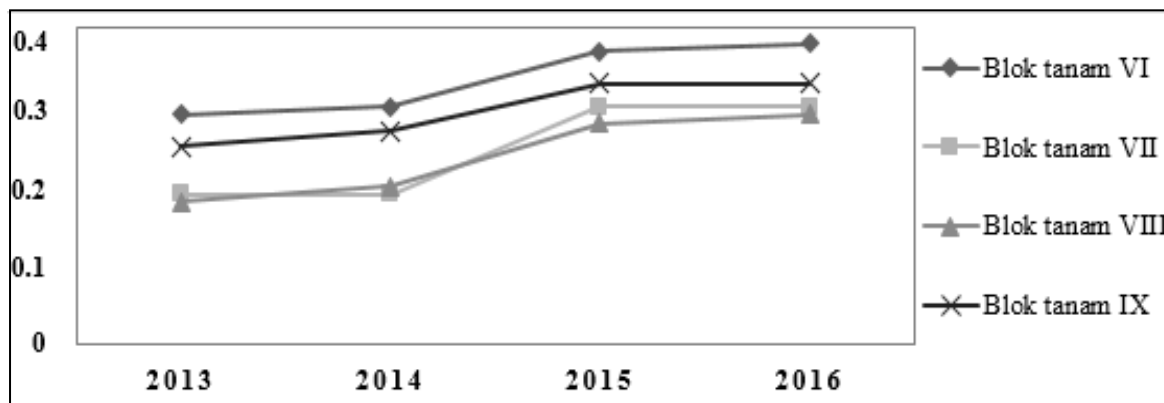
Tabel 4. NDVI dari tahun 2013 sampai tahun 2016 pada blok tanam HEF

Lokasi	Nilai NDVI			
	Tahun tanam (2013)		Landsat 2016	
	Rata-rata	Rentang Nilai	Rata-rata	Rentang Nilai
Blok tanam VI	0.29	0.11–0.43	0.38	0.12–0.50
Blok tanam VII	0.19	0.10–0.29	0.30	0.19–0.40
Blok tanam VIII	0.18	0.08–0.34	0.29	0.15–0.42
Blok tanam IX	0.25	0.12–0.39	0.33	0.18–0.47

3.4. Analisis Tanah

Analisis tanah yang dilakukan berupa sifat fisik dan kimia pada blok tanam HEF dan Hutan Pendidikan Gunung Walat. Tabel 5 menunjukkan hasil analisis sifat fisik tanah berupa tekstur tanah dengan persentase komposisi pasir, debu, liat, *bulk density*, porositas, permeabilitas, dan kadar air tanah pada blok tanam HEF dan tegakan di HPGW. Tekstur tanah

digunakan untuk menentukan karakteristik tanah pada blok tanam HEF dan HPGW. Tekstur tanah terbagi menjadi 3 yaitu pasir, debu, dan liat. Tekstur tanah pada blok tanam HEF didominasi oleh liat, sedangkan pada HPGW mempunyai tekstur tanah yang didominasi oleh tekstur pasir dan liat. Tanah yang mempunyai tekstur berpasir akan mudah diolah namun akan sulit menyediakan air bagi tanaman (Hermawan, 2002).



Gambar 2. Grafik nilai NDVI dari tahun 2013-2016

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekstur tanah pada blok tanam HEF mempunyai kandungan debu dan liat diatas 70%, sedangkan tekstur tanah pada HPGW dengan kandungan debu dan liat sebesar 50.98%. Menurut Setiadi (2012) menyatakan bahwa tanah yang mempunyai nilai debu dan liat diatas 70% akan bermasalah bagi pertumbuhan tanaman. Tanah yang didominasi oleh liat dan debu mengakibatkan tanah dapat menyimpan air dengan baik namun sulit untuk meresapkan air, selain itu tanah dengan tingkat liat dan debu yang tinggi mengakibatkan tanah menjadi padat sehingga pertumbuhan akar pada tanaman akan terganggu sehingga pertumbuhan tanaman terganggu. Tanah yang ideal adalah tanah yang mempunyai tekstur yang kandungan liat, pasir, dan debunya seimbang disebut lempung (*loam*) (Rachmiati, 2013).

Bulk density (BD) yang tertinggi pada blok VIII dengan BD sebesar 1.36 g/cm^3 , sedangkan nilai BD terendah pada blok VI sebesar 0.97 g/cm^3 . BD tanah yang ideal berkisar antara $1.3-1.35 \text{ g/cm}^3$, BD pada tanah berkisar $> 1.65 \text{ g/cm}^3$ untuk tanah berpasir sebesar $1.0-1.6 \text{ g/cm}^3$ pada tanah yang mengandung BO tanah sedang hingga tinggi, BD mungkin lebih kecil dari 1 g/cm^3 pada tanah dengan kandungan BO tinggi (Kurnia, 2005). BD pada pada blok tanam VI mempunyai BD yang lebih kecil dibandingkan dengan HPGW. Menurut Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa Bulk density merupakan petunjuk kepadatan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai BD maka tingkat kepadatan tanah semakin tinggi. Tanah yang padat akan sulit untuk infiltrasi air dan mengganggu perkembangan akar tanaman yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terganggu.

Tabel 5. Hasil analisis sifat fisik tanah di blok tanam HEF dan HPGW

Sifat fisik tanah	Blok VI	Blok VII	Blok VIII	Blok IX	HPGW
Pasir (%)	23.33	16.47	23.51	18.63	49,02
Debu (%)	12.89	27.51	22.36	24.42	10.83
Liat (%)	63.79	56.03	54.14	57.01	40.15
Porositas (%)	62.90	49.74	48.55	57.91	63.30
Permeabilitas (cm/jam)	1.46	0.17	0.78	0.65	3.18
<i>Bulk density</i> (g/cm^3)	0.97	1.33	1.36	1.12	0.98
Kadar air (%)	21.66	18.24	16.49	20.33	26.83

Porositas adalah proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara (Hanafiah 2005). Porositas pada blok tanam HEF mempunyai nilai sebesar 48.55–62.90, sedangkan pada HPGW nilai porositas 63.30. Hal ini menunjukkan bahwa porositas pada blok tanam HEF mempunyai nilai lebih rendah dibandingkan di HPGW. Tanah yang mempunyai nilai porositas semakin besar menunjukkan bahwa tanah tersebut semakin poroous.

Tanah yang poroous adalah tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara sehingga mudah keluar masuk tanah (Hanafiah, 2005).

Permeabilitas merapakan kecepatan laju air pada medium tanah (Hardjowigeono, 2007). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bahwa permeabilitas pada HPGW mempunyai nilai permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan blok tanam HEF. Menurut Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa permeabilitas pada HPGW

tergolong sedang, sedangkan pada blok tanam HEF tergolong agak lambat dan lambat. Menurut Hillel (1986) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi permeabilitas tanah antara lain porositas, distribusi ruang pori, tekstur, stabilitas agregat. Tekstur tanah pada blok tanam HEF yang didominasi oleh liat mengakibatkan air sulit untuk memasuki tanah sehingga mengakibatkan permeabilitas pada blok tanam HEF tergolong lambat.

Kadar air tanah menunjukkan jumlah air yang tersedia di dalam tanah. Menurut Hanafiah (2005) bahwa masuknya air kedalam tanah dipengaruhi oleh tekstur, struktur, dan porositas tanah. Kadar air yang terdapat pada HPGW lebih tinggi dibandingkan dengan blok tanam HEF. Hal ini menunjukkan bahwa pada HPGW tanah mampu menyimpan air dengan baik dibandingkan dengan blok tanam di HEF. Kadar air yang tersimpan dalam tanah diperlukan untuk proses pertumbuhan tanaman, apabila jumlah air yang tersedia dalam tanah dalam jumlah sedikit maka pertumbuhan tanaman akan terganggu. Ketersediaan air dalam tanah umumnya dipengaruhi banyaknya curah hujan atau air irigasi, kemampuan tanah menahan air, besarnya evapotranspirasi, tingginya

muka air tanah, kadar bahan organik tanah, senyawa kimiawi atau kandungan garam-garam dan kedalaman solum tanah atau lapisan tanah (Madjid, 2009).

Tabel 6 menunjukkan analisis sifat kimia tanah pada blok tanam HEF pada kedalaman tanah 0–30 cm dan 30–60 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH tanah pada blok tanam HEF dan HPGW berkisar dari 3.54–4.50 tergolong masam hingga sangat masam berdasarkan kriteria Balai Penelitian Tanah (2009). Kemasaman tanah merupakan suatu sifat yang penting, karena terdapat hubungan antara pH dengan ketersediaan unsur hara serta dengan proses pertumbuhan (Foth, 1989). Kondisi pH tanah yang masam berdampak pada kondisi pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman tertinggi terdapat pada blok VI dan pada blok VII mempunyai pertumbuhan tanaman terendah, hal ini menunjukkan bahwa pH tanah mempunyai hubungan dengan pertumbuhan tanaman pada blok tanam HEF dengan semakin rendah pH tanah maka mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Tanaman sebagian besar dapat dengan tumbuh baik pada tanah mineral dengan rentang pH 5.8–6.5 (Munawar, 2011).

Tabel 6. Hasil analisis kimia tanah blok tanam HEF dan HPGW

Sifat kimia tanah	Kedalaman Tanah	Blok VI	Blok VII	Blok VIII	Blok IX	HPGW
pH H ₂ O	0-30 cm	4.50 M	3.70 SM	4.05 SM	4.37 SM	4.17 SM
	30-60 cm	4.37 SM	3.54 SM	3.92 SM	4.33 SM	4.11 SM
C-org (%)	0-30 cm	0.81 SR	1.39 R	1.33 R	1.25 R	1.32 R
	30-60 cm	0.56 SR	1.38 R	1.11 R	0.08 SR	0.63 SR
N-total (%)	0-30 cm	0.08 SR	0.06 SR	0.12 R	0.14 R	0.12 R
	30-60 cm	0.09 SR	0.13 R	0.11 R	0.05 SR	0.06 SR
P tersedia (ppm)	0-30 cm	8.39 S	6.47 R	11.15 T	12.09 T	10.08 S
	30-60 cm	5.13 R	8.85 S	11.33 T	5.63 R	9.04 S
K (me/100g)	0-30 cm	1.15 SR	0.77 SR	2.64 R	0.98 SR	1.02 SR
	30-60 cm	1.36 SR	0.85 SR	2.22 R	0.91 SR	0.54 SR
KTK (me/100g)	0-30 cm	12.28 R	13.37 R	10.96 R	13.95 R	12.93 R
	30-60 cm	12.13 R	10.75 R	12.00 R	13.75 R	10.14 R
Al (me/100g)	0-30 cm	3.91 R	6.90 R	4.53 R	8.85 R	4.70 R
	30-60 cm	3.40 R	6.50 R	5.51 R	6.72 R	5.86 R

Kriteria sifat kimia tanah menurut Balai Penelitian Tanah (2009), M= masam, SM= sangat masam, R= rendah, SR= sangat rendah, S= sedang, T= tinggi

C-organik yang terdapat pada blok tanam HEF dan HPGW dengan kandungan bahan organik pada kedalaman 0-30 cm berkisar 0.81–1.39% dan pada kedalaman 30-60 berkisar 0.08–1.38%. Menurut Balai Penelitian Tanah (2009) bahwa C-organik pada blok tanam HEF dan HPGW tergolong dalam kategori yang rendah hingga sangat rendah. Kandungan C-organik yang rendah merupakan indikator rendahnya jumlah bahan organik tanah yang tersedia dalam tanah (Gerson, 2008). Kandungan bahan organik yang rendah pada blok tanam HEF dampak dari pembukaan hutan

untuk kegiatan penambangan dengan adanya pembukaan hutan menghilangkan serasah dari dedaunan dan ranting pohon yang merupakan sumber dari bahan organik tanah sehingga kandungan bahan organik menjadi rendah.

Kapasitas tukar kation (KTK) menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan kation-kation dan mempertukarkan kation-kation tersebut (Hardjowigeno, 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa KTK pada blok tanam HEF dan HPGW sebesar 10.14–13.95 me/100g tergolong dalam

kategori yang rendah berdasarkan kriteria Balai Penelitian Tanah (2009). Kondisi KTK rendah dibawah 16 me/100g menunjukkan kondisi yang bermasalah bagi pertumbuhan tanaman, dimana menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi stagnan (Setiadi 2002). KTK tanah yang rendah akan mengganggu pertumbuhan tanaman yang terdapat di blok tanam HEF, disebabkan tanah tidak mampu mengikat kandungan unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.

Kandungan unsur hara tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman terdiri dari 16 unsur hara yaitu C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, Mo, B, dan Cl (Indranada, 1989). Kandungan unsur hara tanah pada blok tanam HEF berbeda-beda dengan hasil analisis kimia kandungan unsur N,P, dan K pada blok tanam HEF (Tabel 6) menunjukkan kandungan unsur hara tanah pada blok IX dan Blok VIII mempunyai kandungan unsur P tergolong tinggi dibandingkan dengan unsur N dan K, namun pertumbuhan tanaman pada blok VIII dan blok IX (Tabel 2) mempunyai pertumbuhan yang relatif rendah dibandingkan dengan blok VI.

Permasalahan utama yang membedakan kondisi pertumbuhan tanaman menjadi normal, sedang, dan buruk pada semua lokasi adalah pH dan kelarutan Aluminium (Megawati, 2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Al pada blok tanam HEF sebesar 3.40–8.85 me/100g, sedangkan pada HPGW 4.70–5.86 me/100g. Kelarutan Al yang tinggi dengan kandungan Al lebih besar dari 3 me/100g merupakan kondisi yang bermasalah karena hal tersebut menyebabkan kematian tanaman (Setiadi, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa blok tanam HEF mempunyai permasalahan terhadap kelarutan Al yang berdampak pada kondisi pertumbuhan tanaman. Kondisi lahan revegetasi tambang di HEF mempunyai kesehatan tanaman yang rendah mengakibatkan kegiatan revegetasi menjadi terhambat (Tabel 2). Kesehatan tanaman terganggu dengan ditemukannya gejala klorosis dan nekrosis disebabkan rendahnya kandungan unsur hara seperti kekurangan kandungan unsur hara seperti nitrogen (N), kalium (K), fosfor (P), dan magnesium (Mg). Permasalahan rendahnya kandungan unsur hara dapat diatasi dengan perbaikan hara tanah dilakukan pemupukan dengan dosis yang disesuaikan dengan kondisi lahan (Setiadi *et al.*, 2013). Selain itu pengkombinasi asam humat dengan kompos mampu meningkatkan kandungan unsur hara dan meningkatkan aktifitas mikroba tanah (Mansur, 2011).

3.5. Permasalahan dan Rekomendasi Perbaikan Kegiatan Revegetasi di Blok Tanam HEF

Kondisi lahan revegetasi tambang di HEF mempunyai kesehatan tanaman yang rendah mengakibatkan kegiatan revegetasi menjadi terhambat (Tabel 2). Kesehatan tanaman yang terganggu disebabkan terdapat gejala klorosis dan nekrosis pada tanaman revegetasi di HEF. Klorosis dan nekrosis disebabkan rendahnya kandungan nitrogen (N),

kalium (K), fosfor (P), dan magnesium (Mg) pada blok tanam revegetasi di HEF. Permasalahan rendahnya kandungan unsur hara dapat diatasi dengan perbaikan hara tanah dilakukan pemupukan dengan dosis yang disesuaikan dengan kondisi lahan (Setiadi *et al.*, 2013). Selain itu pengkombinasi asam humat dengan kompos mampu meningkatkan kandungan unsur hara dan meningkatkan aktifitas mikroba tanah (Mansur, 2011).

Permasalahan kualitas tempat tumbuh berhubungan kandungan pH yang terlalu masam, dan kandungan logam berat seperti Fe, Al, dan Mn pada blok tanam HEF (Tabel 6) mengakibatkan pertumbuhan tanam menjadi terganggu. Pemberian kapur dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah yang masam (Munawar, 2011). Pemberian kapur juga mampu meningkatkan kandungan Ca dan Mg tanah, dan fungsi tidak langsung seperti meningkatkan ketersediaan P, serta mengurangi keracunan Al, Fe, dan Mn, serta memacu kegiatan jasad renik (Megawati, 2012).

Kepadatan tanah disebabkan tekstur tanah pada blok tanam HEF yang didominasi oleh liat dan debu diatas 70 % mengakibatkan tanah menjadi padat. Menurut Mansur (2011) bahwa tanah yang padat mengakibatkan akar menjadi kurang berkembang disebabkan kekurangan oksigen dan terjadi hambatan perkembangan secara fisik, oleh karena itu untuk mengatasi kepadatan tanah dengan melakukan pengemburan tanah dan penambahan bahan organik tanah.

Tanaman yang dapat tumbuh dengan baik pada blok tanam HEF adalah *S. wallichii* dan *Ficus sp* perlu diadakan pengembangan terhadap jenis yang dapat tumbuh dengan baik pada blok tanam revegetasi HEF. Pengembangan tanaman penutup tanah perlu dilakukan untuk mengendalikan erosi dan sedimentasi pada blok tanam HEF, hasil yang ditemukan bahwa pada blok VII tidak terdapat tanaman penutup tanah mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang rendah dan kondisi tanah yang padat terlihat dari nilai analisis sifat fisik tanah (Tabel 5). Manfaat dari tanaman penutup tanah diantaranya peningkatan kualitas sifat fisik dan kimia tanah (Nakhone dan Tabatabai, 2008).

Tanaman penutup tanah memiliki pertumbuhan yang melilit dan menjerat sehingga akan mengganggu pertumbuhan tanaman pokok. Jenis tanaman yang dapat dikembangkan adalah *Desmodium* spp. Memiliki pertumbuhan yang selalu menjalar dan tidak melilit tanaman pokok. Hasil penelitian Armezin *et al.*, (2005) menyebutkan bahwa produksi biomassa *Desmodium ovalifolium* mencapai 8.6-8.9 ton/ha, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa *Calopogonium Mucunoides* dan *Centrosema pubescens*. *Desmodium* spp mempunyai bintil akar yang disebabkan adanya interaksi antara *Desmodium* spp. dengan bakteri *Rhizobium* sp. yang mengakibatkan dapat tumbuh dengan subur dan dapat menambahkan kandungan nitrogen kedalam tanah (Hasanah *et al.*, 2014). Pertumbuhan tanaman penutup tanah yang tidak terkendali mengakibatkan persaingan

antara tumbuhan penutup tanah dengan tanaman pioneer di blok tanam revegetasi.

Kegiatan pemeliharaan tanaman dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan pertumbuhan tanaman seperti kegiatan pemupukan dan kegiatan penyiangan yang rutin (Mansur, 2011). Kegiatan penyiangan telah dilakukan oleh pihak HEF, namun semak dan alang-alang masih ditemukan pada blok tanam yang memiliki tinggi sama dengan tanaman revegetasi serta kesehatan tanaman yang rendah pada blok tanam HEF mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Kondisi tersebut diduga kurangnya kegiatan pengawasan terhadap blok tanam revegetasi yang mengakibatkan masih terdapat blok tanam yang ditumbuhi alang-alang dan kesehatan tanaman yang rendah untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu diadakan kegiatan pemeliharaan yang intensif dengan melakukan kegiatan pengendalian hama dan penyakit, kegiatan penyiangan, dan pemupukan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman revegetasi HEF.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman dengan pertumbuhan terbaik adalah jenis *S. wallichii* dan *Ficus sp.* dengan rata-rata pertumbuhan tinggi 6.09 m dan 4.35 m, sedangkan rata-rata pertumbuhan diameter sebesar 6.95 cm dan 6.79 cm. Persen tumbuh pada blok XI, blok XIII, dan blok IX mempunyai nilai persen hidup berkisar antara 82.03–86.50 dan pada blok VII mempunyai hasil persen tumbuh dibawah 80%, sedangkan kesehatan tanaman pada blok tanam HEF berada dibawah 80%. Analisis spasial pada blok tanam HEF menunjukkan bahwa nilai NDVI pada blok tanam HEF mengalami peningkatan dengan rata-rata peningkatan NDVI sebesar 0.10.

Permasalahan yang terjadi pada blok tanam HEF berupa tingkat persentase hidup dan kesehatan tanaman rendah disebabkan rendahnya kandungan unsur hara tanah, kandungan pH yang terlalu masam, kepadatan tanah, dan kandungan logam berat seperti Fe, Al, dan Mn.

4.2. Saran

1. Perlu diadakan pengembangan terhadap jenis tanaman yang dapat hidup dengan baik pada blok tanam HEF seperti *S. wallichii* dan *Ficus sp* serta pengembangan tanaman penutup tanah untuk memperbaiki kondisi lahan revegetasi.
2. Penelitian lebih lanjut terhadap dosis pemberian pupuk, kapur, dan asam humat pada setiap blok tanam HEF untuk memperbaiki kualitas tapak pada blok tanam HEF.
3. Permasalahan kegiatan revegetasi di HEF dapat diatasi dengan kegiatan pengemburan tanah, pemupukan, pengapuran, dan dikombinasikan dengan asam humat untuk memperbaiki lahan revegetasi HEF. Kegiatan pemeliharaan perlu

dilakukan untuk menunjang pertumbuhan tanaman pada blok tanam HEF.

4. Pengawasan terhadap kegiatan revegetasi dengan melakukan pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman dan kondisi lahan revegetasi HEF perlu untuk mengetahui kondisi pertumbuhan tanaman revegetasi dan agar dapat mengatasi permasalahan yang dialami dalam kegiatan revegetasi.

Daftar Pustaka

- [1] Armecin, R.B., M. H. P. Seco, P. S. Caintic, E. J. M. Milleza, 2005. Effect of leguminous cover crops on the growth and yield of abaca (*Musa textilis* Nee). *Industrial Crops and Products* 21, pp. 317–323.
- [2] Balai Penelitian Tanah, 2009. Petunjuk teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- [3] Daniel, T. W. J. A. Helms, F. S. Baker, 1987. Prinsip-prinsip silviculture. Edisi kedua. UGM Press, Yogyakarta.
- [4] Gerson, N. D., 2007. Kondisi tanah pada sistem kaliwu dan mawar [ulasan]. *Info Hutan* 5 (1), pp 45-51.
- [5] Hanafiah, K. A., 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- [6] Hardjowigeno, S., 2003. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika Pressindo, Jakarta.
- [7] Hardjowigeno, S., 2007. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.
- [8] Hasanah, N.L., B. Wasis, I. Mansur, 2014. Pengembangan *desmodium* spp. Sebagai penutup tanah dalam reklamasi lahan pasca tambang. *Jurnal Silviculture Tropika* 5(1), pp 7-12.
- [9] Hillel, D., 1987. Soil and Water Physical Principles and Processes. Academic Press, New York.
- [10] Husch, B., T. W. Beers, J. A. Kershaw, 2003. Forest Measurement. John & Sons, Inc, New Jersey.
- [11] Horning N., 2004. Global land vegetation; An electronic textbook: NASA Goddard Space Flight Center Earth Sciences Directorate Scientific and Educational Endeavors (SEE). [terhubung berkala]. http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/vg_class.htm [30 Januari 2016]
- [12] Iskandar, D. T. Suwardi, Suryaningtyas, 2012. Reklamasi Lahan-lahan Bekas Tambang : beberapa Permasalahan Terkait Sifat-sifat Tanah dan Solusinya [terhubung berkala]. [Http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/.../62632/1/PRO2012_ISK.pdf](http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/.../62632/1/PRO2012_ISK.pdf) [31 Januari 2017].
- [13] Jaya, I. G. N., 2010., Analisis Citra Digital. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor
- [14] Mansur, I., 2011. Teknik Silviculture untuk Reklamasi Lahan Bekas Tambang. SEAMEO BIOTROP, Bogor.
- [15] Madjid, A., 2009. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Bahan Ajar Online. [terhubung berkala] <http://dasar2ilmutanah.com/2009/04/fisika-tanah-bagian-6-air-tanah-dan.html> [20 Agustus 2016].
- [16] Megawati, N.J., 2012. Respon pertumbuhan Acacia mangium Willd terhadap penambahan kapur dan HSC (Humid Substances Complex) pada lahan pasca tambang batubara. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [17] Munawar, A., 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. IPB Press, Bogor.
- [18] Nakhone, L.N., M. A. Tabatabai, 2008. Nitrogen mineralization of leguminous crops in soils. *Jurna Plant Nutrition* 171, pp 231–241.
- [19] Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral, 2008. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 18 tahun 2008 tentang Reklamasi dan Penutupan Tambang. Tanggal 29 mei 2008.
- [20] Peraturan Menteri Kehutanan, 2009. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.60/Menhut-II/2009 tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan. Tanggal 17 September 2009.

- [21] Peraturan Menteri Kehutanan. 2011. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan. Tanggal 14 Januari 2011.
- [22] Purwadhi, H. Sri, 2001. Interpretasi Citra Digital. Grasindo, Jakarta.
- [23] Rahim, F., 1995. Sistem dan Alat Tambang. Akademi Teknik Pertambangan Nasional, Banjarbaru.
- [24] Semangun, H., 2001. Penyakit-Penyakit Tanaman Holtikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Pr, Yogyakarta.
- [25] Setiadi, Y., 2006. Teknik revegetasi untuk merehabilitasi lahan pasca tambang [terhubung berkala]. [Http://pkrlt.ugm.ac.id/files/yadi.setiadi.pdf](http://pkrlt.ugm.ac.id/files/yadi.setiadi.pdf) [7 Februari 2016].
- [26] Setiadi, Y., 2012. Bahan Kuliah Ekologi Restorasi. Program Studi Silvikultur Tropika, Sekolah Pasca Sarjana, IPB. Tidak Diterbitkan, Bogor.
- [27] Setiadi, Y. Adinda, 2013. Evaluasi pertumbuhan pohon di lokasi revegetasi lahan pasca tambang PT. Vale Indonesia Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan. *Jurnal Silvikultur Tropika* 4 (1), pp. 19-22.
- [28] Thomas, M. Lillesand, Ralph, W. Kiefer., 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Dulbahri, Suharsono P, Hartono, Suharyadi, penerjemah. Terjemahan dari: Remote Sensing and Image Interpretation. UGM Press, Yogyakarta.
- [29] Vissoh, P. Manyong, V. M. Carsky, J. R. Oseibonsu, P. Galiba, M., 2005. Experiences with Mucuna in West Africa. *International Development Research Centre* 36.