

PENDUGAAN KANDUNGAN BIOMASSA DAN KARBON ATAS TANAH PADA TEGAKAN PINUS DI LAHAN PASKA TAMBANG SILIKA HOLCIM EDUCATIONAL FOREST

Above Ground Biomass and Carbon Estimation on Pine Stands in Holcim Educational Forest Post Silica Mining Area

Berry Oktavianto¹, Basuki Wasis², dan Sri Wilarso Budi R.²

¹Mahasiswa Sekolah Pascasarjana IPB, Mayor SVK-IPB

²Staf Pengajar Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan, IPB

ABSTRACT

There are several factors affecting plant biomass, carbon stock, CO₂-equivalent, and oxygen production (net O₂ release), such as plant species (chlorophyll quality and leaf area), plant age, temperature, sunlight and land quality (water and nutrient availability). To estimate how much reclamation activity in post mining area has succeed in restoring plant biomass, carbon stock, CO₂-equivalent, and net O₂ release, especially post silica mining, a study to measure *Pinus merkusii* biomass, carbon stock, CO₂-equivalent, and net O₂ release planted in the area is undertaken. The study took place in Holcim Educational Forest (HEF) post silica mine reclamation area and Gunung Walat Education Forest (HPGW) as comparison site (non-reclamation). There are two age classes of *Pinus merkusii* being studied, those planted in 2005 and 2012. Study result shows that biomass of pine stand planted in 2005 on HPGW non-reclamation area is higher than on HEF reclamation area. The same result also occur on carbon stock, CO₂-equivalent, and net O₂ release measurement. However on the contrary, pine stand planted in 2012 on HEF reclamation area, have higher biomass compared with pine stand planted in 2012 on HPGW. The same result also occur on carbon stock, net O₂ release and CO₂-equivalent measurement, which is higher on pine stand planted in 2012 on HEF reclamation area. Overall soil quality analysis result, especially macro nutrient and micro nutrient, shows that on both site and both stand ages have relatively low macro nutrient content, except for high Mg content on 2012 pine stand in HPGW non reclamation area and very high S-available content in HEF reclamation area on both age classes. All micro nutrient analysis shows that on both age classes and on both area have medium micro nutrient content, except for very low Al content and very high Mn content.

Key words: biomass, carbon stock, *Pinus merkusii*, reclamation, soil quality

PENDAHULUAN

Biomassa dan kandungan karbon tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jenis tanaman dan kualitas lahan (Marispatin *et al.* 2010). Alih fungsi lahan hutan tidak hanya menyebabkan berkurangnya tutupan lahan hutan, akan tetapi alih fungsi lahan hutan menjadi pertanian ekstensif dan pertambangan, juga dapat menurunkan kualitas lahan dan pada akhirnya akan menurunkan kemampuan tanaman dalam menyerap dan menyimpan karbon. Untuk memperbaiki kualitas lahan dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap dan menyimpan karbon, maka dilakukan kegiatan reklamasi. Menurut Lamb dan Gilmour (2003) reklamasi adalah pemulihan produktivitas pada suatu lahan terdegradasi.

Untuk mengetahui pengaruh kegiatan reklamasi, perlu dilakukan pengukuran terhadap biomassa dan stok karbon pada tanaman yang ditanam pada lahan reklamasi, terutama lahan paska tambang silika. Penelitian dilakukan di areal reklamasi *Holcim Educational Forest* (HEF), Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Data yang diperoleh dari pengukuran tersebut kemudian

dibandingkan dengan biomassa dan kandungan karbon tanaman dengan jenis dan umur yang sama. Tanaman yang diteliti adalah *Pinus merkusii* yang ditanam pada lahan dengan gangguan minimal (non-reklamasi) di Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) yang juga berlokasi di Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Hal ini bertujuan agar didapatkan perbandingan biomassa dan kandungan karbon pada tanaman yang tumbuh di kedua kondisi yang berbeda tersebut.

Pada penelitian ini hanya biomassa tanaman bagian atas yang diukur. Ada dua pendekatan untuk mengukur biomassa bagian atas secara langsung di lapangan, yaitu metode destruktif dan metode non-destruktif (Marispatin *et al.* 2010). Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode non-destruktif, yaitu dengan menggunakan model alometrik dari jenis dan tipe ekosistem serta kisaran diameter yang sama dari penelitian sebelumnya. Hal ini mengacu pada pedoman Kemenhut (2013) mengenai penggunaan model alometrik untuk pendugaan biomassa dan stok karbon hutan di Indonesia.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Membandingkan biomassa *Pinus merkusii* yang tumbuh di lahan reklamasi dengan yang tumbuh di lahan non-reklamasi;
2. Membandingkan stok karbon, pelepasan oksigen (*net O₂ release*) dan CO₂-ekuivalen *Pinus merkusii* yang tumbuh di lahan reklamasi dengan yang tumbuh di lahan non-reklamasi;
3. Menganalisis kualitas tanah (unsur hara makro dan mikro) di lahan reklamasi dan non-reklamasi.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, yaitu di areal reklamasi bekas tambang silika Holcim Educational Forest (HEF), Desa Sekarwangi, Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi dan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW), Desa Batununggal, Kecamatan Cibadak, Kabupaten Sukabumi. Jenis yang diteliti adalah *Pinus merkusii* dengan dua tahun tanam yang berbeda, yaitu tahun 2005 sebagai tegakan tua dan tahun 2012 sebagai tegakan muda. Pengumpulan data dilaksanakan selama empat bulan, yaitu bulan November 2014 sampai Februari 2015. Pengolahan data dan analisis tanah dilaksanakan selama satu bulan yaitu pada bulan Maret 2015.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh cabang pohon dari tegakan pinus, dan contoh tanah dari setiap petak contoh.

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain; kompas, *haga hypsometer*, *altimeter*, *clinometer*, *thermo-hygrometer*, ring tanah, pita ukur, meteran 50 m, patok, golok, cangkul, sekop kecil, tali rafia, *tally sheet*, *clipboard*, *trash bag* (kantong sampah), kantong plastik 2 kg dan 5 kg, timbangan digital, GPS, oven, penggaris, kaliper, galah ukur 1,5 m, kamera, label dan alat tulis.

Metode Penelitian

1. Tahap persiapan

Tahapan ini meliputi beberapa kegiatan, antara lain: (1) pengurusan izin administrasi penelitian; (2) pengumpulan data sekunder atau literatur terkait dengan penelitian; (3) observasi kondisi lapang lokasi penelitian; (4) persiapan peralatan dan bahan dalam rangka pengambilan data lapangan.

Dari tahapan ini didapatkan beberapa informasi penting, yaitu tahun tanam, jenis tanaman, lokasi tanaman, perawatan dan kondisi tanaman secara kasat mata. Tegakan pinus yang diamati di kedua lokasi penelitian ditanam tahun 2005 dan tahun 2012. Informasi tahun tanam didapatkan dari keterangan pengelola HEF dan HPGW. Data tahun tanam didukung dengan catatan (*log book*) pengelola HEF di kantor pusat informasi HEF, sedangkan untuk data tahun tanam HPGW didukung oleh laporan magang mahasiswa diploma yang ada di kantor pengelola HPGW. Untuk HPGW sendiri tegakan Pinus ditanam pada bulan

November 2004 sampai Februari 2005 dan dilakukan di blok Tanabe, sedangkan tegakan pinus 2012 ditanam sejak bulan Agustus 2012 di blok Toso.

Penanaman pinus dilakukan dengan menanam semai pinus, yang berumur 6-12 bulan yang tingginya 1-1.5 meter, pada lubang tanam dengan metode jalur. Perawatan pada semai pinus dilakukan setiap 3 sampai 6 bulan sekali berupa pemupukan dan pendangiran. Cara perawatan dan penanaman tegakan pinus di kedua lokasi kurang lebih sama, tetapi sejak tahun 2011 perawatan tegakan pinus di HEF lebih tinggi intensitasnya. Hal ini disebabkan setelah tahun 2011 kegiatan reklamasi dan perawatan tanaman pinus didukung oleh tenaga ahli dari IPB. Intensitas perawatan pada tegakan Pinus 2011 cenderung lebih tinggi, seperti intensitas pemupukan, penyiangan, pemberian kompos, treatment logam berat dan penanaman *legume cover crop*.

Kondisi tegakan pinus secara kasat mata pada lahan reklamasi (HEF) pertumbuhannya lebih kecil pada tegakan tahun tanam 2005. Sebaliknya pada tegakan pinus tahun tanam 2012 kondisinya cenderung lebih kecil dibandingkan pada lahan non-reklamasi (HPGW). Observasi awal juga menunjukkan banyaknya sampah dan kondisi dibawah naungan tegakan pinus 2005 di HEF lebih terusik (tanah rusak dan banyak bekas api unggun). Menurut pengelola HEF hal ini dikarenakan lokasi ini sering dijadikan areal wisata oleh para penduduk sekitar.

2. Penentuan desain *sampling* penelitian

Pengambilan data penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu sensus dan *purposive sampling*. Alasan penggunaan metode sensus adalah karena jumlah pohon di lokasi utama yang memungkinkan untuk dilakukan sensus, namun terlalu sedikit untuk dilakukan *sampling*. Adapun untuk tegakan yang menjadi bahan perbandingan pada areal non-reklamasi, digunakan metode *purposive sampling*. Alasan penggunaan metode ini adalah karena jumlah pohon pada tegakan pembanding lebih besar, sehingga dipilih area tegakan yang paling mewakili dari segi pemerataan umur dan jumlah pohon.

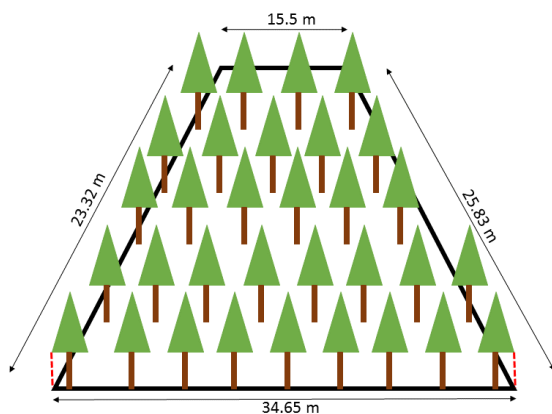
Dalam penelitian ini, bentuk dan ukuran petak pohon disesuaikan di lapangan pada saat melakukan sensus. Batas luar petak merupakan tepi tajuk pohon terluar pada tegakan yang diukur. Pada pembuatan petak *purposive sampling* ukuran dan bentuk disamakan dengan petak sensus menggunakan kompas, GPS dan meteran. Bentuk dan ukuran petak disajikan pada Gambar 1.

Pengambilan contoh tanah dilakukan di lima titik di dalam petak utama, yaitu di setiap sudut petak dan di tengah petak ukur. Semua titik-titik pengambilan contoh tanah ditandai dengan GPS termasuk lokasi pembuatan profil tanah.

3. Pengumpulan data penelitian

Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data diameter setinggi dada untuk pengukuran pohon dan tiang, diameter 2 cm dari atas tanah untuk pengukuran semai dan pancang, tinggi total, tinggi bebas cabang, dan berat jenis contoh cabang pinus.

Pengukuran pada tegakan pinus HEF tahun tanam 2005 dilakukan dengan cara sensus. Sementara itu, bentuk dan ukuran petak untuk pengukuran tegakan pinus tahun tanam 2005 di HPGW disesuaikan dengan petak ukur yang dibuat di HEF. Bentuk dan ukuran petak tersebut dipilih secara *purposive sampling* yang dianggap paling mewakili dalam segi umur dan jumlah pohon. Berbeda dengan pengukuran tegakan pinus tahun tanam 2005, pengukuran tegakan pinus tahun tanam 2012 di HPGW dilakukan dengan cara sensus. Sementara itu, bentuk dan ukuran petak untuk pengukuran tegakan pinus tahun tanam 2012 di HPGW disesuaikan dengan petak ukur yang dibuat di tegakan pinus HPGW tahun tanam 2012 dengan metode *purposive sampling*.



Gambar 1 Desain petak ukur penelitian di lapangan.

Analisis Data

Hasil pengumpulan data di lokasi penelitian kemudian diolah untuk menganalisis biomassa pohon, stok karbon, pelepasan oksigen, dan CO₂-ekuivalen.

1. Pendugaan biomassa atas tanah

Biomassa atas tanah tegakan pinus pada penelitian ini dihitung dengan metode *non-destructive* menggunakan rumus (model alometrik). Pendugaan biomassa dan stok karbon tanaman mengacu pada Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia dari Badan Penelitian dan Pengembangan (BALITBANG) Kehutanan, Kementerian Kehutanan. Tahapan prosedur pendugaan biomassa dan stok karbon dilakukan dengan langkah berikut:

- Persiapan,
- Pemilahan data dasar,
- Pemilihan model,
- Pendugaan biomassa,
- Perhitungan stok karbon.

2. Model alometrik biomassa

Berdasarkan pedoman penggunaan model alometrik untuk pendugaan biomassa dan stok karbon hutan di Indonesia (Kemenhut 2013), model alometrik biomassa pohon yang dipilih adalah model alometrik dengan jenis tanaman dan tipe ekosistem yang sama, serta berada pada kisaran diameter yang sama dengan tegakan pinus yang diteliti. Tegakan pinus di kedua lokasi penelitian berada pada kisaran diameter 0.4-31 cm, dengan ekosistem berupa hutan tanaman. Rumus yang dipilih untuk pendugaan biomassa adalah model alometrik dari

Siregar 2007 dalam Krisnawati *et al.* 2012 untuk jenis *Pinus merkusii* di tipe ekosistem hutan tanaman dengan kisaran diameter 0.4-44 cm, sebagai berikut:

$$BBA = 0.0936 D^{1.9834}$$

Keterangan:

BBA = Biomassa Bagian Atas

D = Diameter setinggi dada untuk pohon dan tiang, atau diameter 2 cm diatas tanah untuk semai dan pancang

3. Stok Karbon

Untuk perhitungan stok karbon pohon digunakan rumus konversi biomassa yang dikeluarkan oleh IPCC (2006) sebagai berikut:

$$C = 0.47 \times B$$

Keterangan:

C = Karbon

B = Biomassa

4. CO₂-ekuivalen

CO₂-ekuivalen dihitung dengan menggunakan perbandingan massa atom relatif C (12) dengan massa molekul relatif CO₂ (44) dengan rumus berikut (Kemenhut 2013):

$$\text{CO}_2\text{-ekuivalen} = (44/12) \times \text{Stok Karbon}$$

5. Pelepasan O₂

Perhitungan potensi produksi oksigen atau pelepasan O₂ (*net O₂ release*) didasarkan pada jumlah oksigen yang dihasilkan selama fotosintesis dikurangi dengan jumlah oksigen terpakai selama respirasi tanaman. Jumlah produksi oksigen dapat diduga dari sekuistrasi karbon berdasarkan berat atom (Ross & Salisbury 1978):

$$\text{net O}_2 = \text{net C} \times 32/12$$

Keterangan:

Net O₂ = Pelepasan O₂

Net C = Sekuestrasi Karbon

HASIL DAN PEMBAHASAN

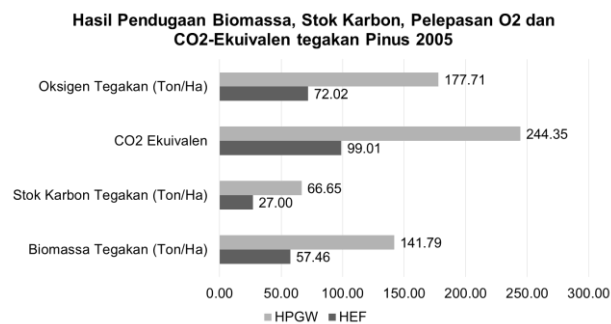
Hasil

Pendugaan Biomassa, Stok Karbon, CO₂-ekuivalen dan Pelepasan Oksigen Tegakan Pinus

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegakan pinus yang ditanam tahun 2005 di Hutan Pendidikan Gunung Walat (areal non-reklamasi) memiliki nilai dugaan biomassa dan stok karbon yang lebih besar dibandingkan tegakan pinus tahun tanam 2005 di Holcim Educational Forest (areal reklamasi). Besaran dugaan biomassa tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW sebesar 141.79 ton ha⁻¹, dengan perhitungan stok karbon sebesar 66.64 ton ha⁻¹. Adapun tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF memiliki nilai dugaan biomassa sebesar 57.45 ton ha⁻¹, dengan perhitungan stok karbon sebesar 27 ton ha⁻¹. Nilai ini sesuai dengan besaran hasil perhitungan potensi pelepasan oksigen (*net O₂ release*) dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW, yaitu 177.7 ton ha⁻¹ dan 244.35 ton

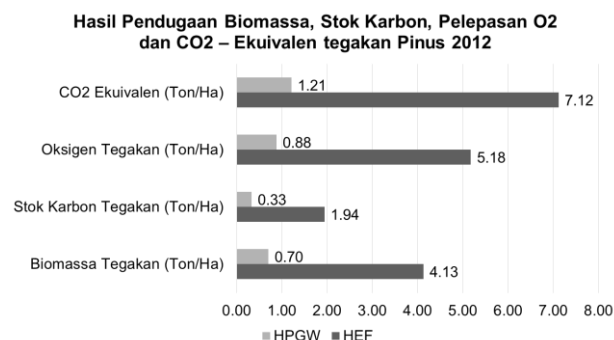
ha⁻¹. Nilai tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan perhitungan pelepasan oksigen dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF, yaitu 72.01 ton ha⁻¹ dan 99.01 ton ha⁻¹. Perbandingan hasil pendugaan biomassa, perhitungan stok karbon, pelepasan oksigen dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus tahun tanam 2005 di kedua tempat dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 2.

Pendugaan biomassa dan stok karbon tegakan pinus tahun tanam 2012 menunjukkan bahwa tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal reklamasi HEF memiliki biomassa dan stok karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal non-reklamasi HPGW. Dugaan biomassa dan stok karbon tegakan pinus tahun tanam 2012 berturut-turut sebesar 4.13 ton ha⁻¹ dan ton ha⁻¹ di areal reklamasi HEF, sedangkan di areal non-reklamasi HPGW sebesar 0.7 ton ha⁻¹ dan 0.33 ton ha⁻¹.



Gambar 2 Grafik hasil pendugaan biomassa, stok karbon, pelepasan O₂ dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus 2005 di HEF dan HPGW.

Nilai pelepasan oksigen dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal reklamasi HEF juga memiliki nilai lebih besar bila dibandingkan dengan tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal non-reklamasi HPGW. Nilai pelepasan oksigen dan CO₂-ekuivalen di areal reklamasi HEF berturut-turut sebesar 5.18 ton ha⁻¹ dan 7.12 ton ha⁻¹ sedangkan di areal non-reklamasi HPGW sebesar 0.88 ton ha⁻¹ dan ton ha⁻¹ (Gambar 3).



Gambar 3 Grafik hasil pendugaan biomassa, stok karbon, pelepasan O₂ dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus 2012.

Analisis Unsur Hara Makro

Hasil analisis kualitas tanah, terutama pada unsur makro, menunjukkan bahwa kandungan unsur hara makro pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF memiliki unsur C-organik, N-total, Ca, Mg, dan S-tersedia lebih tinggi dibandingkan

dengan tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW. Kandungan C-organik, N-total, Ca, Mg, dan S-tersedia pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF berturut-turut sebesar 2.36%, 0.15%, 0.96 me 100g⁻¹, 0.92 me 100g⁻¹, dan 383.40 ppm, sedangkan pada tanah tegakan Pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW sebesar 2.28%, 0.13%, 0.76 me100g⁻¹, 0.75 me 100g⁻¹, dan 37.40 ppm.

Unsur P-tersedia pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW adalah 11.60 ppm, lebih tinggi dibandingkan dengan tanah pada tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF yaitu 7.30 ppm. Sementara itu, hasil analisis unsur K pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di kedua tempat memiliki nilai yang sama, yaitu 0.19 me 100g⁻¹. Hasil analisis unsur hara makro pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 dan 2012 pada kedua lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

Analisis unsur hara makro pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 menunjukkan bahwa hampir semua unsur makro yang dianalisis, baik C-organik, N-total, P-tersedia, Ca, Mg, dan K memiliki nilai lebih tinggi pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal non-reklamasi HPGW dibandingkan dengan tanah pada tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal reklamasi HEF, kecuali pada unsur S. Hasil analisis C-organik, N-total, P-tersedia, Ca, Mg, dan K pada tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal non-reklamasi HPGW berturut-turut sebesar 2.56%, 0.18%, 4.3 ppm, 8.74 me 100g⁻¹, 2.08 me 100g⁻¹, dan 0.29 me 100g⁻¹, sedangkan pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal reklamasi HEF berturut-turut sebesar 0.43%, 0.04%, 3.3 ppm, 0.65 me 100g⁻¹, 0.37 me 100g⁻¹, dan 0.15 me 100g⁻¹. Sementara itu hasil analisis terhadap unsur S-tersedia pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal reklamasi HEF sebesar 0.36 me 100g⁻¹ dan 403.9 ppm. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan unsur S-tersedia pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal non-reklamasi HPGW yaitu sebesar 39.40 ppm.

Analisis Unsur Hara Mikro

Analisis unsur hara mikro, unsur Al, Fe, Cu, dan Zn pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF adalah 2.48 me 100g⁻¹, 5.83 ppm, 3.05 ppm, dan 5.96 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa nilai unsur hara mikro tersebut lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW, yaitu 2.36 me 100g⁻¹, 5.74 ppm, 2.60 ppm, dan 4.61 ppm.

Sementara itu, unsur Mn pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal non-reklamasi HPGW lebih tinggi daripada unsur Mn pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 di areal reklamasi HEF, berturut-turut sebesar 25.07 ppm dan 24.22 ppm. Hasil analisis unsur hara mikro pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2005 dan 2012 di kedua tempat tersaji pada Tabel 2.

Hasil analisis unsur hara mikro pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 di kedua tempat menunjukkan bahwa unsur Al, Fe, Cu, Zn, dan Mn lebih tinggi pada tanah di areal reklamasi HEF dibandingkan HPGW. Nilai Al, Fe, Cu, Zn, dan Mn pada tanah tegakan pinus

Tabel 1 Hasil analisis unsur hara makro pada tanah tegakan pinus 2005 dan 2012

Lokasi	C-org %	N-Ttl %	P- <i>tsd</i> Pam	Ca me/100g	Mg me/100g	K me/100g	S- <i>tsd</i> Pam
PM 2005 HEF	2.36	0.15	7.30	0.96	0.92	0.19	383.40
*	SD	R	R	SR	R	R	ST
PM 2005 HPGW	2.28	0.13	11.6	0.76	0.75	0.19	37.40
*	SD	R	T	SR	R	R	SD
PM 2012 HEF	0.43	0.04	3.30	0.65	0.37	0.15	403.90
*	SR	SR	SR	SR	SR	R	ST
PM 2012 HPGW	2.56	0.18	4.30	8.74	2.08	0.29	39.40
*	SD	R	SR	SD	SD	R	SD

*SR = sangat rendah; R = rendah; SD = sedang; T = tinggi; ST = sangat tinggi (Berdasarkan kriteria penilaian sifat kimia tanah Balai Penelitian Tanah 2005)

Tabel 2 Hasil analisis unsur hara mikro pada tanah tegakan pinus 2005 dan 2012

Lokasi	Al me/100g	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
PM 2005 HEF	2.48	5.83	3.05	5.96	24.22
*	SR	SD	SD	SD	ST
PM 2005 HPGW	2.36	5.74	2.60	4.61	25.07
*	SR	SD	SD	SD	ST
PM 2012 HEF	3.42	9.90	3.75	6.95	25.49
*	SR	SD	SD	SD	ST
PM 2012 HPGW	1.28	1.11	0.63	3.16	24.58
*	SR	SD	SD	SD	ST

*SR = sangat rendah; R = rendah; SD = sedang; T = tinggi; ST = sangat tinggi (Berdasarkan kriteria penilaian sifat kimia tanah Balai Penelitian Tanah 2005)

tahun tanam 2012 di areal reklamasi HEF berturut-turut 3.42 me 100g⁻¹, 9.90 ppm, 3.75 ppm, 6.95 ppm dan 25.49 ppm, sedangkan pada tanah tegakan pinus tahun tanam 2012 di areal non-reklamasi HPGW berturut-turut sebesar 1.28 me 100g⁻¹, 1.11 ppm, 0.63 ppm, 3.16 ppm dan 24.58 ppm.

Pembahasan

Tingginya nilai dugaan biomassa, stok karbon, CO₂-ekuivalen dan *net O₂ release* pada tegakan pinus 2005 di areal non-reklamasi HPGW terutama disebabkan oleh kondisi lahan yang belum terusik atau cenderung belum rusak dibandingkan dengan areal reklamasi HEF yang kondisinya telah terdegradasi oleh aktivitas penambangan. Tingginya biomassa, stok karbon, CO₂-ekuivalen dan *net O₂ release* pada tegakan pinus 2012 di areal reklamasi HEF dikarenakan intensitas perawatan yang lebih tinggi, seperti pemupukan, penyiangan, pemberian kompos, *treatment* logam berat dan penanaman *legume cover crop*. Selain itu akses untuk melakukan perawatan tegakan pinus di HPGW lebih sulit dibanding akses perawatan tegakan pinus di HPGW, ada kemungkinan bahwa perawatan untuk tegakan pinus 2011 di HPGW tidak merata, sehingga hasil dugaan biomassa, karbon dan potensi oksigennya juga lebih rendah.

Sejak tahun 2011 IPB dan Holcim Educational Forest bekerjasama dalam melakukan reklamasi lahan

paska tambang silika milik Holcim, sehingga tanaman pinus yang ditanam setelah tahun 2011 pertumbuhannya cenderung lebih baik dibandingkan tanaman pinus yang ditanam pada tahun yang sama. Namun perawatan di areal reklamasi HEF menggunakan sistem pot. Pemberian pupuk dan perawatan lainnya hanya dilakukan pada lubang tanam saja, sehingga kesuburan tanahnya tidak merata di semua arealnya.

Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis unsur hara makro dan unsur hara mikro yang relatif lebih rendah, kecuali pada unsur S-tersebut. Pengambilan contoh tanah diluar lubang tanam menyebabkan unsur hara yang ada di lubang tanam tidak teranalisis, sehingga hasil analisis unsur hara dan dugaan biomassa, stok karbon, CO₂-ekuivalen dan *net O₂ release* bertolak belakang. Adapun sangat tingginya unsur S-tersebut di areal reklamasi HEF diduga karena adanya residu penambangan. Areal HEF merupakan bekas tambang silika dan batu kapur. Batu kapur memiliki senyawa kimia CaCO₃ yang biasanya terdapat bersama-sama MgSO₄ dan merupakan sumber unsur S yang tinggi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Nilai dugaan biomassa pada tegakan pinus 2005 di areal non-reklamasi HPGW lebih besar dibanding-

- kan dengan nilai dugaan biomassa tegakan pinus 2005 di areal reklamasi HEF, sebaliknya nilai dugaan biomassa tegakan pinus 2012 di areal reklamasi HEF lebih besar dari pada tegakan pinus 2012 di areal non-reklamasi HPGW.
- Hasil perhitungan stok karbon, pelepasan O₂ dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus 2005 di areal non-reklamasi HPGW lebih besar dibandingkan dengan nilai perhitungan stok karbon, pelepasan O₂ dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus 2005 di areal reklamasi HEF, sebaliknya nilai perhitungan stok karbon, pelepasan O₂ dan CO₂-ekuivalen tegakan pinus 2012 di areal reklamasi HEF lebih besar dari pada tegakan pinus 2012 di areal non-reklamasi HPGW.
 - Secara umum hasil analisis unsur hara makro di kedua lokasi penelitian berada pada kategori sangat rendah sampai sedang, kecuali pada unsur Mg yang tinggi di tegakan pinus 2012 HPGW dan unsur S-tersedia yang sangat tinggi pada areal reklamasi HEF di kedua kelas umur tegakan pinus, sedangkan hasil analisis unsur hara mikro di kedua lokasi penelitian berada pada kisaran sedang, kecuali pada unsur Al yang sangat rendah, serta unsur Mn yang sangat tinggi di kedua lokasi penelitian dan kelas umur.

Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis tanah pada lubang tanam di kedua lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk Teknis: *Analisis Kimia Tanah, Tanaman dan Pupuk*. Bogor (ID): Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Brown S, Lugo AE. 1984. *Biomass of Tropical Forest: A New Estimate Based on Forest Volume*. New York (US): American Association for the Advancement of Science.
- Brown S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer*. USA. FAO. *Forestry Paper*. 134:10-13.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. National Greenhouse Gas Inventories Programme (JP): Institute for Global Environmental Strategies.
- [Kemhutan] Kementerian Kehutanan. 2013. *Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia*. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Krisnawati H, Adinugroho WC, Imanuddin R. 2012. *Monograf Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomasa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia*. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Lamb D, Gilmour D. 2003. *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. Gland (CH): International Union for Conservation of Nature. 110 Hal.
- Marispatin N, Ginoga K, Pari G, Dharmawan WS, Anwar C, et al.. 2010. *Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia*. Bogor (ID): Kementerian Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Ross CW, Salisbury FB. 1978. *Plant Physiology*. California (US): Wadsworth Publication Company.