

VALUASI EKONOMI KERUSAKAN LINGKUNGAN AKIBAT KEBAKARAN GAMBUT DI DESA MAK TEDUH PROVINSI RIAU

(*Economic Valuation on Enviromental Damage due to Peat Fire in Mak Teduh Village
Riau Province*)

Bambang Hero Saharjo^{1*} dan Basuki Wasis¹

(Diterima Desember 2018/ Disetujui Maret 2019)

ABSTRACT

Peat fires caused negative impact which link to the death of flora, soil damage and smoke disasters. The research proposed to know how big the danger at environment due to forest fire. Unfortunately has so way research found how much money last during burning which link to end damage. Field observation and soil samples were taken through purposive sampling. The result of research show that fire cause a total death of flora and fauna and subsidence of 10-20 cm. This study showed that land fires significantly affected organic C, bulk density, and total microorganisms, and significantly effected on pH and respiration parameters. Our results clearly demonstrate the severe enviromental destruction due to on peat fire as it fulfill. The order to know the significance of the vegetation impact of fire that we use PP 4/2004. The order to know the significant of the negative impact of fire the we use PP 4/2004 for soil pH, organic C, bulk density, porosity, water content, total microorganisms, and respiration with the economic valuation offer, damage due to fire was reached Rp1.765.190.064,-.

Key words : enviromental damage, economic valuation. peat fires, soil properties

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan secara ekologis dapat menurunkan kuantitas dan kualitas sumberdaya alam hayati beserta ekosistem yang berfungsi sebagai penyangga kehidupan, antara lain dengan berkurangnya keanekaragaman jenis flora dan fauna sebagai sumber plasma nutfah, kualitas tanah semakin menurun, berubahnya fungsi hidrologis serta pemanasan global. Kerugian lain yang sangat penting adalah kerugian ekonomi lingkungan, berupa polusi asap yang mengganggu lingkungan, tidak hanya di Indonesia tetapi juga dirasakan di negara-negara tetangga (Page 2002, Saharjo 2016, Wasis *et al.* 2018).

Tanah gambut bersifat masam ($\text{pH} < 4$), memiliki kesuburan sangat rendah, tergolong tanah marginal dan rentan terhadap gangguan sehingga usaha peningkatan produktivitas lahan harus diikuti usaha pencegahan kerusakan ekosistem. Kerusakan lahan gambut terutama terjadi karena pembangunan kanal dan penebangan pohon sehingga menyebabkan tanah gambut menjadi kering dan mudah terbakar (Saharjo 2016, Wasis *et al.* 2018).

Pembakaran tanah gambut oleh masyarakat banyak terjadi pada saat musim kemarau. Pembakaran tanah gambut tersebut umumnya dilakukan terutama pada saat pembukaan lahan. Pembukaan lahan dengan cara membakar dipilih karena murah dan sisa hasil abu

pembakaran dapat menyuburkan tanah gambut. Penelitian ini menganalisis kerusakan lingkungan dan valuasi ekonomi kerusakan lingkungan pada lahan masyarakat di Desa Mak Teduh Kecamatan Kerumutan Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan di tanah gambut Desa Mak Teduh Kecamatan Kerumutan, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Kegiatan penelitian lapangan dilakukan pada bulan Agustus 2015. Analisa statistik uji beda sifat tanah mineral tidak terbakar dan terbakar dan valuasi ekonomi kerusakan lingkungan dilakukan bulan Oktober-Desember 2015.

Alat dan Bahan

Alat pengambilan data di lapangan adalah alat pengambilan contoh tanah utuh berupa ring sample, untuk pengambilan sampel tanah komposit dengan cangkul, golok, meteran, kantung plastik dan spidol. Bahan utama penelitian sebagai obyek penelitian adalah contoh tanah utuh dan contoh tanah gambut komposit yang berasal dari tanah gambut tidak terbakar (hutan sekunder) dan tanah gambut terbakar di Desa Mak Teduh Kecamatan Kerumutan Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau.

Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah gambut dilakukan secara *purposive sampling* pada tanah gambut yang terbakar.

¹ Staff Pengajar Dept. Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

* Penulis korespondensi:

E-mail: bhherosaharjo@gmail.com

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada dua lokasi yaitu tanah gambut terbakar dan tidak terbakar (hutan sekunder). Setiap lokasi tanah gambut terbakar dan tidak terbakar dibuat petak pengamatan yaitu berukuran masing-masing 20 m x 20 m. Di dalam plot tersebut dilakukan pengambilan sampel tanah utuh dan tanah komposit pada petak berukuran 2 m x 2 m sebanyak 2 ulangan secara acak (Soerianegara dan Indrawan 2005; Wasis 2012).

Pengambilan sampel tanah untuk sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologi tanah diambil secara merata pada permukaan tanah kedalaman 0 – 20 cm. Setiap tempat diambil seberat 1 kg yang kemudian dikompositkan, dan setelah itu diambil lagi seberat 1 kg. Pengambilan sampel tanah untuk sifat fisik tanah dilakukan pada permukaan tanah kedalaman 0 – 20 cm. Pengambilan tanah dilakukan secara utuh dengan menggunakan *ring sample* berdiameter sebesar 7 cm dengan tinggi sebesar 5 cm (Wasis 2012 ; Wasis *et al.* 2018).

Analisis Data

Data dianalisis secara statistik dengan menggunakan uji perbedaan rata-rata pada interval kepercayaan 95% (Mattjik dan Sumertajaya, 2013; Stell dan Torries 1991). Parameter untuk sifat fisik tanah yang diuji statistik adalah pH, C organik, bulk density, porositas, kadar air, total mikroorganisme dan respirasi. Analisa valuasi ekonomi kerusakan lingkungan akibat kebakaran tanah gambut menggunakan pedoman penghitungan kerugian KLH 2006 (KLH 2006; Wasis *et al.* 2018b; Adamowicz and Boxall, 2001; Fauzi 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi tanah terbakar awalnya hutan sekunder. Jenis hutan sekunder adalah meranti, mahang dan lainnya dengan potensi biomassa sebesar 138.5 m³/ha. Jenis

Table 1 Biomassa pada hutan sekunder dan tanah gambut terbakar

Tutupan lahan	Tipe vegetasi	Biomassa (m ³ /ha)
Hutan sekunder	Meranti, jabon, puspa, mahang dan lain -lain	138.5
Tanah gambut terbakar	-	0

Tabel 2 Perubahan parameter (sifat fisik dan kimia tanah) pada hutan sekunder dan tanah gambut terbakar

Parameter	Hutan sekunder	Tanah gambut terbakar	Perubahan
pH	4.13 ± 0.04 **	6.55 ± 0.05	2.42 (58.60 %) d
C-Organik (%)	48.39 ± 0.05 *	22.40 ± 0.36	25.99 (53.71%) d
Bulk Density (g/cm ³)	0.27 ± 0.01 *	0.37 ± 0.10	0.10 (37.04%) d
Porositas (%)	88.89 ± 0.39	86.07 ± 0.23	2.82 (3.17 %) d
Air tersedia (%)	32.25 ± 0.05	20.36 ± 1.59	11.89 (36.87 %) d
Total mikroorganisme (x 10 ⁶ spk)	58.50 ± 5.25 *	2.50 ± 0.50	56.00(95.73%) d
Respirasi (mgC-CO ₂ /kg tanah/ hari)	21.95 ± 0.03 **	6.62 ± 0.30	15.33 (69.85%) d

Keterangan:

* : berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%

tanah pada lahan masyarakat yang terbakar adalah jenis tanah gambut. Pada tanah gambut terbakar telah menyebabkan kematian flora dan fauna sebesar 100 % dan subsiden tanah gambut sebesar 10-20 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebakaran tanah gambut menyebabkan hilangnya flora dan fauna tanah, subsiden, menurunnya fungsi jasa lingkungan, dan matinya mikroorganisme tanah. Hilangnya vegetasi hutan sekunder dan fauna (binatang tanah) akibat kebakaran lahan menyebabkan hilangnya fungsi tata air, serapan karbon, musnahnya flora dan fauna tanah, hilangnya kayu, erosi, sedimentasi sungai dan pencemaran sungai (Wasis *et al.* 2018b; Wasis 2018). Tutupan tanah oleh vegetasi hutan alam secara umum akan memiliki sifat tanah dan jasa lingkungan yang lebih baik dibandingkan tutupan lahan dengan jenis tanaman perkebunan, dan tanaman pertanian (Wasis 2012). Pembuatan blocking kanal dan penanaman hutan kembali pada tanah gambut terbakar merupakan salah upaya penyelamatan tanah gambut (Saharjo *et al.* 2011, Wasis dan Mulyana 2009).

Sifat Tanah dan Kerusakan Tanah

Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa kebakaran lahan berpengaruh nyata adalah C-organik, bulk density, dan total mikroorganisme, serta berpengaruh sangat nyata untuk parameter pH dan respirasi (Tabel 1).

Pada tanah gambut yang terbakar terjadi peningkatan pH tanah secara nyata sebesar 2,42 (58.60 %), penurunan C organik tanah gambut secara nyata sebesar 25.99 % (53,71%), penurunan total mikroorganisme secara nyata sebesar 56.00 x 10⁶ spk (95.73%) dan penurunan respirasi secara nyata sebesar 15.33 mgC-CO₂/kg tanah/ hari (69.85%). Pembakaran tanah gambut telah memperbaiki meningkatkan pH tanah (mendekati pH netral 7), dan kesuburan tanah gambut. Peningkatan kesuburan tanah diakibatkan abu sisa pembakaran dari biomassa dan hilangnya tanah gambut setebal 10-20 cm dan tanah gambut yang

mengering setebal 10-20 cm. Tanah yang subur yang memiliki pH tanah mendekati netral (pH 6.5-7.5) (Binkley 1987, Hardjowigeno 2003).

Pembakaran tanah gambut meningkatkan bulk density sebesar 0.10 g/cm³ (37.04%). Kebakaran tanah gambut menyebabkan tanah gambut menjadi padat. Tanah gambut terbakar menyebabkan kerusakan struktur tanah, matinya flora dan fauna, matinya dan penurunan mikroorganisme tanah. Tanah gambut yang mengalami kerusakan akibat kebakaran bersifat mengkerut dan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan hara tidak akan kembali (bersifat *irreversible*) (Soepardi 1983, Buringh 1983, Hardjowigeno 2003).

Hasil analisa tanah menunjukkan bahwa memang pada tanah terbakar telah terjadi kerusakan lingkungan hidup karena telah memenuhi kriteria baku kerusakan lingkungan hidup (PP Nomor 4 tahun 2001) untuk parameter yaitu pH tanah, C-organik, bulk density, porositas, kadar air, total mikroorganisme, dan respirasi.

Valuasi Ekonomi Kerusakan Lingkungan

Berdasarkan hasil penelitian lapangan, analisa laboratorium dan Pedoman Valuasi Ekonomi KLH (2006), maka valuasi ekonomi kerusakan tanah dan lingkungan hidup akibat kebakaralahan di Desa Mak Teduh Kecamatan Kerumutan Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau seluas 1 ha dapat dihitung sebagai berikut (KLH 2006, Wasis *et al.* 2018b, Adamowicz dan Boxall 2001, Fauzi 2014).

Kerugian Ekologis

1. Penyimpanan Air

Sebagai pengganti fungsi gambut sebagai penyimpan air yang rusak maka perlu dibangun tempat penyimpanan air buatan dengan cara membuat *reservoir* buatan. Reservoir tersebut harus mempunyai kemampuan menyimpan air sebanyak 650 m³/ha (Kadar air: 32.25±0.05 %). Karena permukaan tanah gambut yang rusak adalah seluas 1 ha maka *reservoir* perlu dibuat dengan biaya

sebesar:

a. Biaya pembuatan reservoir

Untuk menampung air 650 m³/ha diperlukan reservoir berukuran lebar 20 m x panjang 25 m x tinggi 1.5 m. Biaya pembangunan diasumsikan per m² = Rp100.000,-.

Per hektar lahan yang hilang, diperlukan biaya= [(2 x 1.5 m x 20 m) + (2 x 1.5 m x 25 m) + (20 m x 25 m)] x Rp100.000,-/m² = 635 m² x Rp100.000/m² = Rp63.500.000,-/ha

Oleh karena itu untuk lahan yang hilang seluas 1 ha diperlukan biaya pembuatannya, adalah = Rp63.500.000/ha x 1 ha = Rp 63.500.000,-

b. Biaya pemeliharaan reservoir

Rp100.000.000/tahun dan untuk 15 tahun menjadi Rp100.000.000 x 15 tahun = Rp1.500.000.000,- (*satu milyar lima ratus juta Rupiah*).

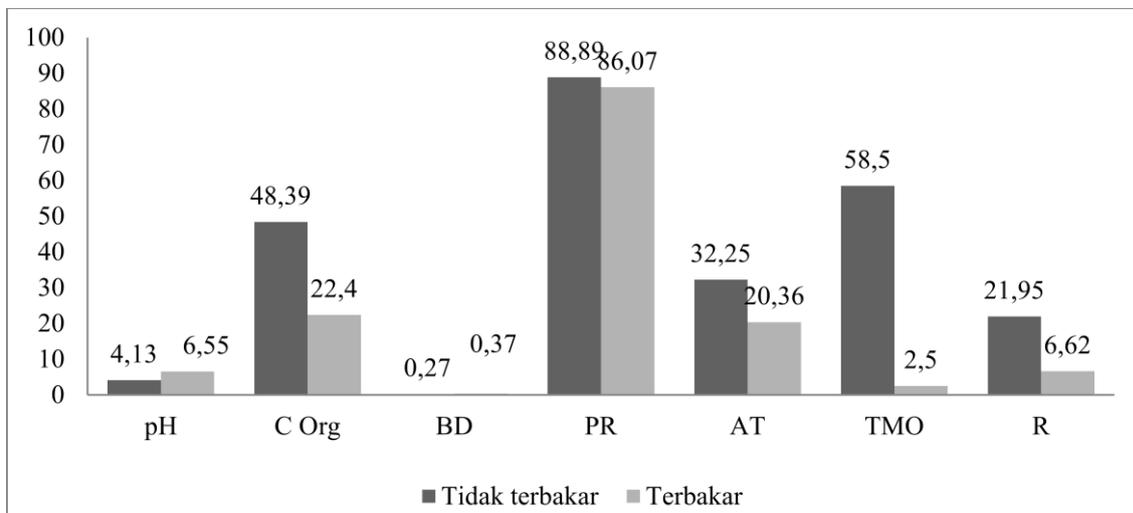
Bahwa dengan demikian Biaya yang dibutuhkan untuk membangun dan memelihara reservoir buatan seluruhnya adalah Rp 63.500.000,- + Rp1.500.000.000,- = Rp1.563.500.000,-

2. Pengaturan Tata Air

Biaya (uang pengganti) kehilangan fungsi pengaturan tata air akibat tanah gambut terbakar adalah sebesar Rp30.000,- per ha, sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk pengaturan tata air seluas 1 ha adalah sebesar Rp30.000/ha x 1 ha = Rp30.000,-

3. Pengendalian Erosi

Biaya (uang pengganti) akibat kehilangan fungsi pengendalian erosi akibat dari tanah gambut terbakar yang Rp1.225.000,-/ha, sehingga biaya yang dibutuhkan untuk pengendalian erosi untuk lahan seluas 1 ha yang rusak karena pembakaran adalah Rp1.225.000,-/ha x 1 ha = Rp1.225.000,-



Keterangan: pH (pH), BD (Bulk Density : g/cm³), PR (Porositas : %), C Org (C Organik : %), AT (Air tersedia : %), TMO (total mikroorganisme : x 10⁶ spk), R (respirasi : mgC-CO₂/kg tanah/ hari)

Gambar 1 Perubahan sifat tanah dan analisa kerusakan tanah gambut akibat terbakar

4. Pembentuk Tanah

Biaya (uang pengganti) akibat kehilangan fungsi pembentuk tanah akibat rusak karena pembakaran sebesar Rp50.000,-/ha, sehingga biaya yang dibutuhkan untuk pembentukan tanah seluas 1 ha yang rusak adalah: $Rp50.000,-/ha \times 1 \text{ ha} = Rp50.000,-$

5. Pendaaur Ulang Unsur Hara

Biaya (uang pengganti) akibat kehilangan fungsi pendaaur ulang unsur hara yang hilang akibat pembakaran sebesar Rp4.610.000,-/ha, sehingga untuk lahan seluas 1 ha maka biaya yang dibutuhkan adalah sebesar: $Rp4.610.000,-/ha \times 1 \text{ ha} = Rp4.610.000,-$

6. Pengurai Limbah

Biaya (uang pengganti) akibat kehilangan pengurai limbah yang hilang karena rusaknya gambut akibat pembakaran sebesar Rp435.000,-/ha, sehingga untuk lahan seluas 1 ha maka dibutuhkan biaya: $Rp435.000/ha \times 1 \text{ ha} = Rp435.000,-$

7. Hilangnya Keanekaragaman Hayati

Akibat rusaknya lahan karena pembakaran maka tidak sedikit keanekaragaman hayati yang hilang, untuk itu lahan tersebut perlu dipulihkan. Biaya (uang pengganti) akibat kehilangan fungsi pemulihan bagi keanekaragaman hayati ini sebesar Rp2.700.000,-/ha, sehingga untuk lahan yang rusak seluas 1 ha dibutuhkan biaya : $Rp2.700.000,-/ha \times 1 \text{ ha} = Rp2.700.000,-$

8. Hilangnya Sumberdaya Genetik

Biaya (uang pengganti) akibat hilangnya sumberdaya genetik adalah sebesar Rp410.000,-/ha, sehingga untuk lahan seluas 1 ha diperlukan biaya sebesar : $Rp410.000/ha \times 1 \text{ ha} = Rp410.000,-$

9. Pelepasan Karbon (*Carbon Release*)

Akibat adanya pembakaran maka terjadi pelepasan karbon sehingga untuk mengembalikan fungsi sebagai penyerapan karbon, perlu dilakukan kegiatan pemulihan yang menurut perhitungan beberapa pakar dibutuhkan sebesar Rp90.000,-/ton karbon per ha seluas 1 ha dibutuhkan biaya sebesar $Rp90.000/ton \times 3.15 \text{ ton} = Rp283.500,-$

10 Perosot Karbon (*Carbon Reduction*)

Dengan adanya pembakaran maka terjadi perosotan karbon tersedia (*carbon reduction*) sehingga untuk mengembalikan fungsi sebagai penahan karbon dibutuhkan biaya sebesar Rp90.000,- sehingga untuk lahan seluas 1 ha dibutuhkan biaya sebesar: $Rp90.000/ha \times 0.58275 \text{ ton} : Rp52.447.5,-$

Dengan demikian, biaya total penggantian kerugian ekologis dengan mempertimbangkan 10 parameter di atas adalah sebesar Rp1.573.295.947.5,- (Satu milyar lima ratus tujuh puluh tiga juta dua ratus sembilan puluh lima ribu sembilan ratus empat puluh tujuh rupiah lima sen)

Kerugian Ekonomis

Pada bagian kerugian ekonomis ini terdapat dua parameter penting yang patut dipertimbangkan yaitu

hilangnya umur pakai tanah pada lahan dan hasil penjualan. Hilangnya umur pakai tanah gambut adalah berkurangnya umur pakai tanah akibat terbakar sehingga kelestarian fungsi lahan tidak tercapai sebagaimana mestinya.

1. Hilangnya Umur Pakai Tanah

Akibat kegiatan pembakaran, maka umur pakai lahan menjadi berkurang ± 15 tahun dibandingkan dengan tanpa bakar. Untuk itu seandainya tanaman mulai berproduksi pada umur 1 tahun, sehingga telah hilang umur pakai lahan selama 14 tahun maka biaya yang telah hilang selama 14 tahun tersebut seandainya lahan tetap berproduksi adalah sebagai berikut:

- 1) Biaya penanaman untuk 1 ha Rp13.244.983,-
- 2) Biaya pemeliharaan tahun pertama Rp4.879.848,-
- 3) Biaya pemeliharaan tahun ke-dua Rp4.461.000,-
- 4) Biaya pemeliharaan tahun ke-tiga Rp6.465.000,-
- 5) Biaya pemeliharaan tahun ke-empat Rp6.645.000,-
- 6) Biaya pemeliharaan tahun ke-lima Rp5.810.000,-
- 7) Biaya pemeliharaan tahun ke-enam dan tujuh Rp67.600.000,-

Total biaya yang dibutuhkan untuk selama periode 15 tahun adalah Rp106.996.831,-

Biaya hasil penjualan selama 11 tahun Rp145.200.000,-

Keuntungan yang hilang karena pembakaran Rp38.203.169,-

Total biaya yang harus dikeluarkan dalam mengganti keuntungan yang hilang akibat pembakaran sehingga terjadi hilangnya umur pakai selama 11 tahun adalah sebesar Rp38.203.169,-

Total biaya yang harus dikeluarkan untuk mengganti kerugian/kerusakan yang terjadi secara ekologis serta hilangnya keuntungan secara ekonomis adalah sebesar: $Rp145.200.000,- + Rp38.203.169,- = Rp183.403.169,-$ (Seratus delapan puluh tiga juta empat ratus tiga ribu seratus enam puluh sembilan rupiah)

Biaya Pemulihan

Pemulihan lahan yang rusak akibat pembakaran dengan kompos yang diangkut dengan menggunakan truk tronton dengan kapasitas 20 m³ adalah sebagai berikut:

1. Biaya pembelian kompos untuk mengisi 1 ha lahan yang rusak dengan ketebalan rata rata tanah yang terbakar adalah 10 cm dengan perhitungan biaya sebagai berikut: $1 \text{ ha} \times 0.1 \text{ m} (10 \text{ cm}) \times 1 \text{ ha} (10.000 \text{ m}^2) \times Rp200.000/\text{m}^3 = Rp.200.000.000,-$
2. Biaya angkut dengan menggunakan tronton kapasitas angkut 20 m³/truk maka diperlukan biaya angkut hingga lokasi lahan yang terbakar adalah: $1.000 \text{ m}^3 / 20 \text{ m}^3 \times Rp800.000 \text{ (sewa truk)} = Rp40.000.000$

3. Biaya penyebaran kompos di areal yang terbakar seluas 1 ha (1000 m^2) = 20.000 karung (a 50 kg)/200/orang x Rp20.000,- x 1 ha = Rp20.000.000,-
4. Biaya pemulihan untuk mengaktifkan fungsi ekologis yang hilang:
 - a. Pendaurlang unsur hara Rp4.610.000,-
 - b. Pengurai limbah Rp283.500,-
 - c. Keanekaragaman hayati Rp2.700.000,-
 - d. Sumberdaya genetik Rp410.000,-
 - e. Pelepasan karbon Rp52.447.500,-
 - f. Perosot karbon Rp52.447.500,-

Total Rp8.490.947.5,-

Total valuasi ekonomi kerusakan lingkungan akibat kebakaran tanah gambut yaitu kerugian ekologis + kerugian ekonomis+ biaya pemulihan sebesar 1.573.295.947.5, + Rp 183.403.169 + 8.490.947.5,- = Rp 1.765.190.064,- (Satu milyar tujuh ratus enam puluh lima juta seratus sembilan puluh ribu enam puluh empat rupiah)

SIMPULAN

Kebakaran gambut menyebabkan kematian total flora dan fauna tanah sebesar 100 % dan subsiden sebesar 10-20 cm. Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa kebakaran lahan berpengaruh nyata terhadap C-organik, bulk density, dan total mikroorganisme, serta berpengaruh sangat nyata untuk parameter pH dan respirasi. Hasil analisa tanah menunjukkan bahwa pada tanah terbakar telah terpenuhinya kerusakan lingkungan hidup karena telah masuk kriteria baku kerusakan lingkungan hidup (PP Nomor 4 tahun 2001) untuk parameter pH tanah, C organik, bulk density, porositas, kadar air, total mikroorganisme, dan respirasi. Hasil valuasi ekonomi kerusakan lingkungan akibat kebakaran tanah gambut sebesar **Rp 1.765.190.064,-** .

DAFTAR PUSTAKA

- Adamowicz V, Boxall P. 2001. Future Directions of Stated Choice Methods for Environment Valuation. Vic Adamowicz and Peter Boxall. *Choice Experiments: A New Approach to Environmental Valuation*, April 10, 2001. London, England.
- Binkley D. 1987. Forest Nutrition Management. Duke University, Durham, North Carolina. USA. 290 pp.
- Buringh P. 1983. *Pengantar Pengajian Tanah-tanah Wilayah Tropika dan Subtropika*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.

- Fauzi A. 2014. Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Bogor (ID): IPB Press.
- Hardjowigeno S. 2003. Ilmu Tanah. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Mattjik AA, IM Sumertajaya. 2013. *Experimental Design with SAS Applications and Minitab*. Bogor (ID): IPB Press.
- Page S, Siegert F, Rieley JO, Boehmn HDV, Jaya A dan Limin S. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fire in Indonesia during 1997. *Nature*. Vol.42: 61-65
- Saharjo BH. 2016. Pengendalian Kebakaran Hutan dan atau Lahan Indonesia. Bogor (ID): IPB Press.
- Saharjo BH, Wasis B, Mulyana D. 2011. Canal Blocking of Burn Peat Swamp Forest and It's Future. 5 th International Wildland Fire Conference : Poster Session, South Africa.
- Soepardi G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Fakultas Pertanian IPB Bogor
- Soerianegara I, Indrawan A. 2005. Ekologi Hutan Indonesia. Bogor (ID): Fakultas Kehutanan IPB.
- Stell RGD, Torries JH. 1984. Principles and Procedures of Statistic A. Biometrical Approach. Singapore: MacGraw Hill Book Co., Inc.
- Soepardi G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Bogor (ID): Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB.
- Stell RGD, Torries JH. 1991. Statistical Principles and Procedures, A Biometric Approach. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Tan KH. 1995. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc. New York. P 255.
- Wasis B, Mulyana D. 2009. Carbon Content at Several Vegetation Type in Ex-PLG Million ha after 10 Years Burnt. Proceedings of IPB research seminar. Bogor
- Wasis B. 2012. Soil properties in natural forest destruction and conversion to agricultural land in Gunung Leuser National Park, North Sumatera Province. *Journal of Tropical Forest Management (JMHT)* XVIII(3) : 206-212
- Wasis B, BH Saharjo, F Kusumadewi, NH Utami, MHW Putra. 2018. Analysis of economic valuation of environmental damage due to sand mine in Gumulung Tonggoh, Cirebon District, West Java Province, Indonesia. *Archives of Agriculture and Environmental Science* 3(4): 360-366.
- Wasis B. 2018. Impact on Peatland Canal Blocking of Soil Properties in The Eks PLG Milion Ha of Central Kalimantan Province. *Advance Research in Agricultural and Veterinary Science (ARAVS)* : 5 (3) : 04-11.