

Variasi Sifat Kimia Tanah Pada Sistem Agroforestri di Kawasan Hutan Tanaman Kayu Putih

(Variation of Chemical Soil Properties on Agroforestry Systems in Cajuput Plantation Area)

Ronggo Sadono¹, Djoko Soeprijadi¹, dan Pandu Yudha Adi Putra Wirabuana²

¹Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada; e-mail : rsadono@ugm.ac.id

²Alumni Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Sifat kimia tanah berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sifat kimia tanah dipengaruhi oleh tipe penggunaan lahan dan jenis vegetasi di atasnya. Perbedaan sifat kimia tanah dapat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan tanaman sehingga menghasilkan variasi tingkat produktivitas. Penelitian ini mengkaji variasi sifat kimia tanah sebagai dampak pengembangan sistem agroforestri di hutan tanaman kayu putih. Lokasi penelitian terletak di Resort Pengelolaan Hutan Gubugrubuh, Kabupaten Gunungkidul. Sampel tanah dikumpulkan dari 3 petak yang menjadi prioritas penanaman kayu putih yaitu petak 75, petak 78, dan petak 80. Sampel tanah diambil dari lapisan permukaan pada kedalaman 0-15 cm. Indikator sifat kimia tanah yang diuji meliputi pH tanah, C-organik, N-total, P-tersedia, K-total, dan kapasitas pertukaran kation (KPK). Perbandingan sifat kimia tanah dari setiap petak dianalisis menggunakan metode *One Way ANOVA* ($\alpha=0,05$) dan dilanjutkan *HSD Tukey* ($\alpha=0,05$). Hasil penelitian menunjukkan kemasaman tanah pada setiap petak termasuk kategori agak masam dengan pH 6,00-6,50. Kandungan C-organik bervariasi antara 1,67-3,30%. Nilai N-total berkisar antara 0,13-0,18% sedangkan P-tersedia mencapai 1,50-6,50 ppm. Kadar K-total dan KPK termasuk kategori rendah dengan rentang nilai masing-masing 0,07-0,38 cmolc/kg dan 6,89-13,66 cmolc/kg. Penelitian ini menemukan bahwa N-total merupakan parameter sifat kimia tanah yang berbeda secara signifikan dari setiap petak ($p<0,05$).

Kata kunci : Variasi, Sifat Kimia Tanah, Kayu Putih, Agroforestri

ABSTRACT

Chemical soil properties play important roles for supporting plant growth and development. It is affected by land use and type of vegetation above it. Difference chemical soil properties may influence on the rate of plant growth and generate the distinctive plant productivity. This study aimed to investigate the variation of chemical soil properties as the impact of agroforestry systems in cajuput plantation management. Study location was situated in Forest Resort Gubugrubuh, Gunungkidul District. Soil sample was collected from 3 sites as the priority for cajuput establishment namely site 75, site 78, site 80. It was taken from surface layer at the depth of 0-15 cm. The indicators of chemical soil properties were quantified including soil acidity, soil organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, total potassium, and cation exchange capacity (CEC). Comparison of chemical soil properties from each site were analyzed using *One Way ANOVA* ($\alpha=0,05$) and followed by *HSD Tukey* ($\alpha=0,05$). The result performed that soil acidity from each site were classified into slightly acid with the range of pH 6,00-6,50. Soil organic carbon varied between 1,67-3,30%. Total nitrogen ranged 0,13-0,18% while the level of available phosphorus reached 1,50-6,50 ppm. The level of total potassium and CEC were categorized into low with the range of its value between 0,07-0,38 cmolc/kg and 6,89-13,66 cmolc/kg. This study discovered total nitrogen was the only of chemical soil indicators that significantly different from each site ($p<0,05$).

Keywords : Variation, Chemical Soil Properties, Cajuput, Agroforestry

Citation: Sadono, R., Soeprijadi D., dan Wirabuana, P. Y. A. (2019). Variasi Sifat Kimia Tanah Pada Sistem Agroforestri di Kawasan Hutan Tanaman Kayu Putih. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 205-211, doi:10.14710/jil.17.2.205-211

1. Pendahuluan

Tanah merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan

tanaman. Tanah berperan untuk menyediakan air dan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Supriyo, *et al.*, 2013; Jamil, *et al.*, 2016; Bunemann, *et al.*, 2018).

Kualitas tanah berbeda untuk setiap tipe ekosistem dan dipengaruhi oleh proses pembentukan tanah yang berasal dari interaksi antara bahan induk, iklim, vegetasi, waktu, dan bentang lahan (Azlan, et al., 2012; Haliru, et al., 2015; Vasak, et al., 2015). Kualitas tanah dapat bersifat dinamis seperti pada lahan yang dipengaruhi oleh intervensi manusia seperti kawasan pertanian dan perkebunan (Sillen & Dieleman, 2012; Okoroafor, et al., 2013; Lal, 2015). Perbedaan kualitas tanah dapat berpengaruh terhadap variasi laju pertumbuhan tanaman sehingga produktivitas yang dihasilkan beragam.

Dalam konteks rehabilitasi hutan dan lahan, kualitas tanah memiliki peran strategis untuk menentukan teknik silvikultur yang diterapkan (Mason, et al., 2012). Selain menjadi faktor pembatas dalam memilih jenis tanaman (Jafarzadeh, et al., 2008), kualitas tanah baik secara fisik, kimia, dan biologi menjadi acuan informasi untuk menentukan skenario teknis dalam menjaga kesuburan tanah, mengurangi resiko erosi, dan mengatur pola tanam (Khalil, et al., 2015; Madisa, et al., 2015; Murthy, et al., 2016). Dinamika perubahan kualitas tanah dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat keberhasilan rehabilitasi hutan dan lahan yang telah dilaksanakan (Constantini, et al., 2016).

Sebagai salah satu lokasi prioritas gerakan nasional rehabilitasi hutan dan lahan, Resort Pengelolaan Hutan (RPH) Gubugrubuh merupakan kawasan hutan tanaman yang terletak di Kabupaten Gunungkidul. Wilayah ini memiliki luas mencapai 645 ha yang dibagi menjadi 2 zona produksi yaitu klaster jati 147 ha dan klaster kayu putih 498 ha. Dibandingkan klaster jati, pengelolaan klaster kayu putih dilakukan secara lebih intensif. Selain dapat dipanen pada rotasi yang relatif singkat, kayu putih juga mampu menghasilkan produk hasil hutan non kayu (HHNK) dengan nilai ekonomi tinggi (Alpian, et al., 2013). Daun kayu putih mengandung minyak atsiri yang menjadi bahan dasar untuk industri kosmetik dan obat-obatan (Budiadi & Ishii, 2010). Tanaman kayu putih dapat dikembangkan melalui sistem agroforestri pada periode yang lebih panjang. Kondisi ini dapat memberikan peluang bagi masyarakat untuk memanfaatkan lahan dengan pola tumpangsari (Suryanto, et al., 2017).

Budidaya kayu putih melalui pola agroforestri memberikan beberapa manfaat bagi pengelola hutan. Selain mampu mempertahankan kesuburan tanah (Murthy, et al., 2016), pola agroforestri kayu putih dapat membantu meningkatkan kesejahteraan sosial (Chakraborty, et al., 2015). Kombinasi antara tegakan kayu putih dengan tanaman semusim mampu membentuk harmoni yang dapat mengurangi konflik antara pihak pengelola dengan masyarakat di sekitar kawasan hutan (Hinckley, et al., 2013). Skema ini juga memberikan kontribusi secara nyata untuk

mendukung program ketahanan pangan dan kehutanan sosial (Mbow, et al., 2014). Akan tetapi, pengembangan kayu putih melalui sistem agroforestri memiliki dampak lain yang harus diperhatikan, salah satunya adalah terbentuknya variasi kualitas tanah pada lahan (Sharma, et al., 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variasi kualitas tanah yang terdapat pada kawasan hutan tanaman kayu putih di RPH Gubugrubuh. Fokus penelitian diarahkan pada studi tentang perbedaan sifat kimia tanah pada lahan yang dikelola melalui sistem agroforestri. Informasi ini penting untuk diketahui karena sifat kimia tanah memiliki korelasi kuat dengan tingkat produktivitas daun (Adebayo, et al., 2017) dan kandungan metabolit sekunder tanaman (Ncube & Van Stade, 2012; Radic, et al., 2016). Sebagai komoditi kehutanan, produk utama kayu putih adalah minyak atsiri yang terkandung dalam daun, dimana minyak atsiri merupakan jenis metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman.

2. Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada area hutan tanaman kayu putih yang terletak di wilayah RPH Gubugrubuh. Lokasi ini secara geografis terletak antara 7,92-7,95°LS dan 110,48-110,53°BT. Berdasarkan administrasi pemerintahan, RPH Gubugrubuh termasuk wilayah Kecamatan Playen, Kabupaten Gunungkidul. Topografi area ini didominasi oleh perbukitan karst yang termasuk dalam Zona Ledok Wonosari. Ketinggian tempatnya bervariasi antara 150-200 m dpl dengan kelerengan lahan berkisar 8-25%. Curah hujan di RPH Gubugrubuh mencapai 1.700-2.000 mm/tahun dengan variasi suhu mencapai 22,3-32,4°C. RPH Gubugrubuh memiliki 2 tipe tanah yaitu alfisol dan vertisol.

2.2. Pengumpulan Data

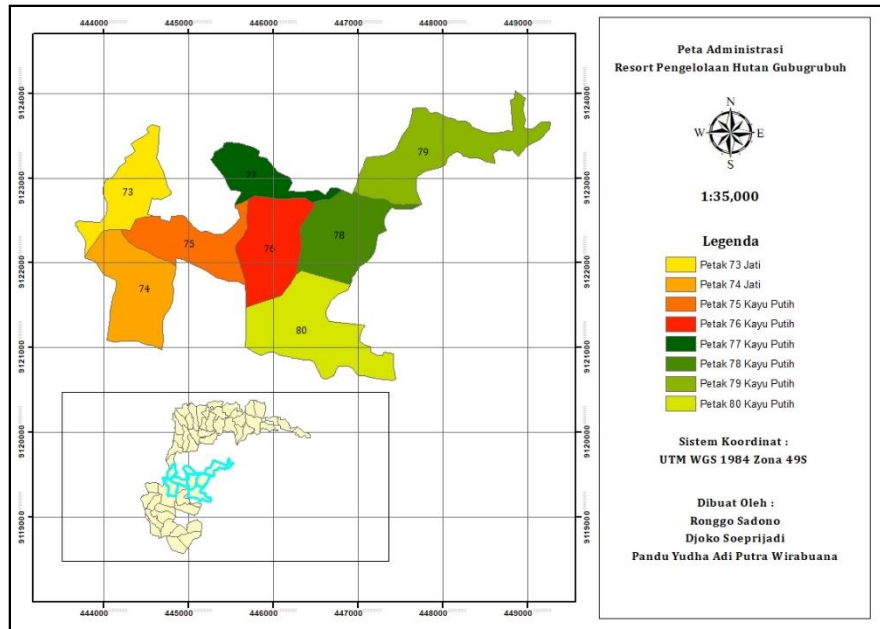
Penentuan lokasi pengambilan sampel tanah menjadi tahap awal dalam proses pengumpulan data. Lokasi tersebut dipilih dengan mempertimbangkan 5 kriteria yaitu jenis tanaman, tahun tanam, jarak tanam, jenis tanah, dan kelerengan lahan. Kriteria ini ditetapkan untuk meminimalkan efek perbedaan bentang lahan dan jenis tanah terhadap sifat kimia tanah. Berpedoman pada kriteria tersebut, terdapat 3 petak yang sesuai untuk digunakan sebagai lokasi pengambilan sampel tanah yaitu petak 75, petak 78, dan petak 80. Ketiga lokasi merupakan blok pengembangan kayu putih yang telah mengalami proses regenerasi tegakan. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel tanah pada lapisan permukaan dengan kedalaman 0-15 cm (Liu, et al., 2014). Jumlah sampel tanah dari setiap petak mencapai 3 replikasi yang tersebar secara acak. Sifat kimia tanah yang

diuji meliputi pH tanah (pH H₂O), C-organik (C-org), N-total (N-tot), P tersedia (P-avl), K-total (K-tot), dan kapasitas pertukaran kation (KPK). pH tanah diukur dengan metode pH meter (Van Reeuwijk, 1993). Kadar C-org diestimasi dengan metode *Walkey and Black* (Black, 1965). Kadar N-tot diuji dengan metode *Kjeldahl* (Soil Laboratory Staff, 1984). Estimasi kandungan P-avl dilakukan dengan metode *Olsen* (Olsen, et al., 1954). Metode *Flame Photometer* digunakan untuk menilai kandungan K-tot (Burt,

2004), sedangkan konsentrasi KPK diuji dengan metode *Ammonium Acetate* (Hajek, et al., 1972).

2.3. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan aplikasi *SAS University Edition*. Perbandingan sifat kimia tanah dari setiap petak diuji dengan metode *One Way ANOVA* ($\alpha=0,05$) dan dilanjutkan dengan *HSD Tukey* ($\alpha=0,05$). Deskripsi data juga disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan dalam memahami informasi yang diperoleh.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tabel 1. Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Petak	Jenis tanaman	Tahun tanam	Jarak tanam	Jenis tanah	Tingkat kelerengan
75	Kayu putih	2003	4 m x 1 m	Alfisol	8-15 %
78	Kayu putih	2003	4 m x 1 m	Alfisol	8-15 %
80	Kayu putih	2003	4 m x 1 m	Alfisol	8-15 %

Sumber : Haryanto (2012)

3. Hasil dan Pembahasan

Kemasaman tanah pada setiap petak termasuk kategori agak masam dengan nilai pH H₂O berkisar antara 6,00-6,50. Kandungan C-org dan N-tot termasuk kategori rendah. Nilai C-org bervariasi antara 1,67-3,30% sedangkan kadar N-tot mencapai 0,13-0,18%. Klasifikasi yang sama juga berlaku untuk K-tot dan KPK yang dikategorikan dalam konsentrasi rendah. Kadar K-tot berkisar 0,07-0,38 cmolc/kg, sementara kandungan KPK bervariasi antara 6,89-13,66 cmolc/kg. Dibandingkan sifat kimia tanah lain, konsentrasi P-avl dikategorikan pada kelas sangat rendah dengan rentang nilai mencapai 1,50-6,50 ppm (Tabel 2). Klasifikasi sifat kimia tanah dalam

penelitian ini mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Nandini & Narendra (2012).

Perbandingan sifat kimia tanah pada setiap petak memperlihatkan perbedaan yang signifikan untuk variabel N-tot ($p<0,05$). Rerata N-tot tertinggi terletak pada petak 75 ($18\pm0,00\%$) sedangkan nilai N-tot terendah berada di petak 80 ($0,14\pm0,02\%$). Nilai sifat kimia tanah memiliki variasi tertinggi untuk parameter K-tot (CV=65,76%). Akan tetapi, hasil ANOVA menunjukkan bahwa perbandingan K-tot pada setiap petak tidak berbeda signifikan. Dibandingkan parameter kimia tanah lain, pH memiliki variasi nilai terendah (CV=3,59%). Informasi ini menegaskan bahwa tingkat kemasaman tanah pada setiap petak adalah seragam (Tabel 3).

Meskipun memiliki kondisi lahan yang relatif seragam, penelitian ini menunjukkan bahwa penanaman kayu putih berbasis agroforestri dapat menyebabkan terjadinya variasi sifat kimia tanah. Kondisi ini dapat terjadi karena pengaruh aktivitas tumpangsari yang dilakukan oleh masyarakat seperti pengolahan tanah, pemilihan tanaman semusim, dan pemupukan. Pengolahan tanah memiliki hubungan tidak langsung dengan perubahan sifat kimia tanah. Dalam hal ini, pengolahan tanah secara konsisten mampu memperbaiki struktur tanah sehingga

meningkatkan aerasi tanah. Aerasi tanah yang baik dapat mengakselerasi aktivitas organisme tanah yang berperan penting dalam siklus nutrisi. Proses ini selanjutnya akan mempengaruhi ketersediaan nutrisi dalam tanah seperti nitrogen dan phosphorus (Zorb, *et al.*, 2014; Singh, *et al.*, 2015; Blanchet, *et al.*, 2017; Serrano, *et al.*, 2017; Hassan, *et al.*, 2017). Hasil penelitian lain melaporkan bahwa terdapat korelasi positif positif antara intensitas pengolahan tanah dengan KPK (Kilic, *et al.*, 2012).

Tabel 2. Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah

Petak	Replikasi	pH H ₂ O	C-org (%)	N-tot (%)	P-avl (ppm)	K-tot (cmolc/kg)	KPK (cmolc/kg)
75	1	6.50	2.48	0.18	1.50	0.38	6.89
	2	6.00	3.23	0.18	2.00	0.13	11.90
	3	6.25	2.86	0.18	1.75	0.26	9.40
78	1	6.00	2.50	0.16	2.00	0.10	13.66
	2	6.00	3.30	0.17	2.00	0.10	11.89
	3	6.00	2.90	0.17	2.00	0.10	12.78
80	1	6.00	2.20	0.13	6.50	0.10	12.78
	2	6.00	3.30	0.17	2.00	0.07	9.30
	3	6.50	1.57	0.13	2.00	0.14	10.16

Tabel 3. Perbandingan Sifat Kimia Tanah Pada Petak Pengembangan Kayu Putih

Parameter kimia tanah	Petak 75	Petak 78	Petak 80	CV (%)	p
pH	6.25 ± 0.25a	6.00 ± 0.00a	6.17 ± 0.29a	3.59	0.42
C-org (%)	2.86 ± 0.38a	2.90 ± 0.40a	2.36 ± 0.88a	21.41	0.51
N-tot (%)	0.18 ± 0.00b	0.17 ± 0.01ba	0.14 ± 0.02a	12.20	0.04*
P-avl (ppm)	1.75 ± 0.25a	2.00 ± 0.00a	3.50 ± 2.60a	63.77	0.31
K-tot (cmolc/kg)	0.26 ± 0.13a	0.10 ± 0.00a	0.10 ± 0.04a	65.76	0.07
KPK (cmolc/kg)	9.40 ± 2.51a	12.78 ± 0.89a	10.75 ± 1.81a	19.88	0.16

*signifikan berdasarkan uji *One Way ANOVA* ($\alpha=0.05$); notasi huruf yang seragam menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan berdasarkan uji *HSD Tukey* ($\alpha=0.05$)

Penelitian yang dilakukan oleh Busari, *et al.* (2015) menemukan bahwa pengolahan tanah tidak secara konsisten mampu meningkatkan atau menurunkan pH. Pengolahan tanah dapat berpengaruh terhadap pH apabila dilakukan untuk mencampur pupuk ke dalam tanah. Senada dengan pernyataan tersebut, studi yang dilaksanakan oleh McCauley, *et al.* (2017) melaporkan bahwa tanah yang memiliki pH 6,10-6,50 umumnya ditemukan pada lahan yang mengalami aktivitas pengolahan tanah secara intensif. Berpedoman pada kajian tersebut, hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai pH H₂O bervariasi antara 6,00-6,50. Hal ini memberikan indikasi bahwa terdapat pengolahan tanah secara intensif pada sistem agroforestri kayu putih di RPH Gubugrubuh.

Selain faktor pengolahan tanah, variasi sifat kimia tanah pada sistem agroforestri kayu putih juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas pemupukan. Setiap jenis pupuk memiliki kandungan hara yang berbeda sehingga pemupukan dapat berdampak terhadap perubahan ketersediaan unsur hara. Beberapa studi membuktikan bahwa meskipun pemupukan mampu meningkatkan ketersediaan hara, akan tetapi konsentrasi hara yang meningkat bergantung pada unsur yang terkandung dalam pupuk (Curtin, *et al.*, 2015; Dorneles, *et al.*, 2015; Rakkar, *et al.*, 2015; Villanin, *et al.*, 2017). Jenis pupuk dengan kandungan nitrogen tinggi secara signifikan dapat meningkatkan kadar N tanah. Sebaliknya, apabila jenis pupuk memiliki kandungan fosfat tinggi maka peningkatan

nutrisi akan terjadi untuk unsur P (Van Groenigen, *et al.*, 2015).

Dalam sistem agroforestri, aktivitas pemupukan tidak hanya berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara. Beberapa studi memaparkan bahwa jenis pupuk tertentu dapat berpengaruh terhadap pH dan C organik. Jenis pupuk nitrogen secara signifikan dapat menurunkan pH karena kandungan C organik yang meningkat. Sebaliknya, pemberian pupuk fosfor dapat meningkatkan pH tanah (Arvas, *et al.*, 2011; Hou, *et al.*, 2012; Vasak, *et al.*, 2015).

Hubungan antara jenis tanaman semusim dan variasi sifat kimia tanah pada sistem agroforestri juga telah dibuktikan oleh beragam penelitian terdahulu. Studi yang dilakukan oleh Conyers, *et al.* (2011) melaporkan bahwa tanaman semusim dengan sistem perakaran dalam dapat mengurangi kemasaman tanah karena kemampuannya dalam mencegah proses pelindihan nitrat. Studi lain oleh Butterfly, *et al.* (2013) menemukan bahwa tanaman semusim seperti jagung dapat meningkatkan pH tanah karena serasah daun dan batang yang telah dipanen mengandung ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam konsentrasi tinggi.

4. Kesimpulan

Pengembangan kayu putih melalui sistem agroforestri di RPH Gubugrubuh telah menyebabkan terjadinya variasi sifat kimia tanah pada lahan. Parameter kimia tanah yang berbeda signifikan dari setiap petak adalah N-tot. Meskipun tidak berbeda signifikan, variabel kimia tanah lain seperti pH, C-org, P-avl, K-tot, dan KPK juga menunjukkan ragam nilai yang tinggi. Perbedaan variasi sifat kimia tanah ini dapat terjadi karena adanya intervensi manusia melalui aktivitas tumpangsari secara intensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, A. G., Akintoye, H. A., Shokalu, A. O., & Olatunji, M. T., (2017), Soil chemical properties and growth response of *Moringa oleifera* to different source and rates of organic and NPK fertilizers, *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(4), 281-287.
- Alpian, Prayitno, T. A., Sutapa, J. P., & Budiadi, (2013), Biomass distribution of cajuput stand in Central Kalimantan swamp forest, *Journal of Tropical Forest Management*, 19(1), 1-10.
- Arvas, O., Celeb, S. Z., & Yimaz, I. H., (2011), Effect of sewage sludge and synthetic fertilizer on pH, available N, and P in pasture soils in semi-arid area Turkey, *African Journal of Biotechnology*, 10, 16508-16515.
- Azlan, A., Aweng, H. R., Ibrahim, C. O., & Noorhaidah, A., (2012), Correlation between soil organic matter, total organic matter and water content with climate and depths of soil at different land use in Kelantan, Malaysia, *Journal of Applied Science and Environmental Management*, 16(4), 353-358.
- Black, C. A., (1965), Part 2 : Chemical and mikrobiological properties, In *Methods of soil analysis*, Wisconsin-Madison: American Society, pp. 77-81.
- Blanchet, G., Libohova, Z., Joost, S., Rossier, N., Schneider, A., Jeangros, B., & Sinaj, S., (2017), Spatial variability of potassium in agricultural soils of the canton of Fribourg, Switzerland, *Geoderma*, 290, 107-121.
- Budiadi, & Ishii, H. T., (2010), Comparison of Carbon Sequestration between Multiple-Crop, Single-Crop and Monoculture Agroforestry Systems of Melaleuca In Java, Indonesia, *Journal of Tropical Forest Science*, 22(4), 378-388.
- Bunemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., . . . Brussaard, L., (2018), Soil quality-a critical review, *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Burt, M., (2004), Soil survey investigation report no.42, version 4.0. In *Soil survey laboratory methods manual*, Washington: United States Development of Agriculture, pp. 167-365, 616-643.
- Busari, A. B., Kaur, K. A., Bhatt, R., & Dulazi, A. A., (2015), Conservation tillage impacts on soil, crop, and the environment, *International Soil and Water Conservation*, 119-129, 3.
- Butterfly, C. R., Baldock, J. A., & Tang, C., (2013), The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions, *Plant and Soil*, 366, 185-198.
- Chakraborty, M., Haider, M. Z., & Rahaman, M. M., (2015), Socio-economic impact of cropland agroforestry : evidence from Jessore district of Bangladesh, *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 2(1), 11-20.
- Constantini, E., Branquinho, C., Nunes, A., Schwilch, G., Stavi, I., Valdecantos, A., & Zucca, C., (2016), Soil indicators to assess the effectiveness of restoration strategies in dryland ecosystems, *Solid Earth*, 7, 397-414.
- Conyers, M. K., Tang, C., & Poile, G. J., (2011), A combination of biological activity and the nitrate form of nitrogen can be used to ameliorate subsurface soil acidity under dryland wheat farming, *Plant and Soil*, 348, 155-156.
- Curtin, D., Fraser, P. M., & Beare, M. H., (2015), Loss of soil organic matter following cultivation of long-term pasture : effects on major exchangeable cations and cation exchange, *Soil Research*, 53(4), 377-385.
- Dorneles, E. P., Lisboa, B. B., Abichequer, A. D., Bissani, C. A., Meurer, E. J., & Vargas, L. K., (2015), Tillage, fertilization systems and chemical attributes of a Paleudult, *Scientia Agricola*, 72(2), 175-186.
- Hajek, B. F., Adams, F., & Cope, J. J., (1972), Rapid determination of exchangeable bases, acidity, and base saturation for soil characterization, *American Society of Soil Science*, 36, 436-438.

- Haliru, A., Dikko, A. U., & Aliyu, I., (2015), Effect of cow dung on soil properties and performance of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) in Sudan Savanna, Nigeria, *International Journal of Plant and Soil Science*, 5(4), 212-216.
- Haryanto, S., (2012), Planning of cajuput plantation management, Yogyakarta: Yogyakarta Forest Management Unit Official.
- Hassan, M., Hassan, R., Pia, H. I., Hassan, M. A., Ratna, S. J., & Aktar, M., (2017), Variation of soil fertility with diverse hill soils of Chittagong Hill Tracts, Bangladesh, *International Journal of Plant and Soil Science*, 18(1), 1-9.
- Hinckley, T. M., Chi, P., Haggmann, K., Harrell, S., Schimdt, A. H., Urgenson, L., & Zeng, Z., (2013), Influence of human pressure on forest resource and productivity at stand and tree scales, *Journal of Mountain Science*, 10(5), 824-832.
- Hou, X., Wang, X., Li, R., Liang, L., Wang, J., Nie, J., . . . Wang, Z., (2012), Effects of different manure application rates on soil properties, nutrient use, and crop yield during dryland maize farming, *Soil Research*, 50, 507-514.
- Jafarzadeh, A. A., Alamdari, P., Neyshabouri, M. R., & Saedi, S., (2008), Land suitability evaluation of Bilverdy Research Station for wheat, barley, alfalfa, maize, and safflower, *Soil and Water Resource*, 3(1), 81-88.
- Jamil, N., Sajjad, N., Ashraf, H., Masood, Z., Bazai, Z. A., Khan, R., . . . Khan, R., (2016), Physical and chemical properties of soil quality indicating forest productivity : a review, *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences*, 8(2), 60-68.
- Khalil, H., Hossain, M. S., Rosamah, E., Azli, N. A., Saddon, N., Davoudpoura, Y., . . . Dungani, R., (2015), The role of soil properties and its interaction towards quality plant fiber : a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1006-1015.
- Kilic, K., Kilic, S., & Kocyight, R., (2012), Assessment of spatial variability of soil properties in areas under different land use, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(5), 722-732.
- Lal, R., (2015), Restoring soil quality to mitigate soil degradation, *Sustainability*, 7, 5875-5895.
- Liu, C. W., Sung, Y., Chen, B. C., & Lai, H. Y., (2014), Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.), *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 4427-4440.
- Madisa, M. E., Mathowa, T., Mpofu, C., & Oganne, T. A., (2015), Effects of plant spacing on the growth, yield, and yield components of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in Botswana, *American Journal of Experimental Agriculture*, 6(1), 7-14.
- Mason, W. L., Peter, M., & Bathgate, S., (2012), Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change : from theory to practice, *Journal of forest science*, 6, 265-277.
- Mbow, C., Van Noordwijk, M., Luedeling, E., Neufeldt, H., Minang, P. A., & Kowero, G., (2014), Agroforestry solution to address food security and climate change challenges in Africa, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 61-67.
- McCauley, A., Jones, C., & Olson-Rutz, K., (2017), Soil pH and organic matter, In *Nutrient Management*, Bozeman: Montana State University, pp. 1-16.
- Murthy, I. K., Dutta, S., Varghese, V., Joshi, P. P., & Kumar, P., (2016), Impact of agroforestry systems on ecological and socio-economy system : a review, *Global Journal of Science Frontier Research*, 16(5), 15-27.
- Nandini, R., & Narendra, B. H., (2012), Critical land characteristics of former eruption of Batur Mount in Bangli District, Bali, *Journal of Forest Research and Nature Conservation*, 9(3), 199-211.
- Ncube, B., & Van Stade, J., (2012), Quality from the field : the impact o environmental factors as quality determinants in medicinal plants, *South African Journal of Botany*, 82, 11-20.
- Okoroafor, I. B., Okelola, E. O., Edeh, O., Nemechute, V. C., Onu, C. N., Nwaneri, T. C., & Chinaka, G. I., (2013), Effect of organic manure on the growth and yield performance of maize in Ishiagu, Ebonyi-State, Nigeria, *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 5(4), 28-31.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A., (1954), Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, Washington: United States Department of Agriculture.
- Radic, S., Vujcic, V., Glogoski, M., & Radic-Stojkovic, M., (2016), Influence of pH and plant growth regulators on secondary metabolite production and antioxidant activity of *Stevia reabudiana* (Bert), *Periodicum Biologorum*, 1(18), 9-19.
- Rakkar, M. K., Franzen, D. W., & Chatterjee, A., (2015), Evaluation of soil potassium test to improve fertilizer recommendations for corn, *Open Journal of Soil Science*, 5, 110-122.
- Serrano, J., Silva, J. M., Shahidian, S., Silva, L. L., Sousa, A., & Baptista, F., (2017), Differential vineyard fertilizer management based on nutrient's spatio-temporary variability, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(1), 46-61.
- Sharma, K. L., Ramachandra, R. K., Das, S. K., Prasad, R. B., Kulkarni, B. S., Srinivas, & Gajbhiye, P. N., (2009), Soil fertility and quaity assessment under tree, crop, and pasture-based land-use systems in a rainfed environment, *Soil Science and Plant Analysis*, 40, 9-10.
- Sillen, W. M., & Dieleman, W. I., (2012), Effect of elevated CO₂ and N fertilization on plant and soil carbon pools of managed grasslands : a meta-analysis, *Biogeosciences*, 9, 2247-2258.

- Singh, G., Goyne, K. W., & Kabrick, J. M., (2015). Determinants of total and available phosphorus in forested alfisols and ultisols of the Ozark Highlands, USA, *Geoderma Regional*, 5, 117-126.
- Soil Laboratory Staff, (1984), Part 1 : Method of soil analysis, In *Analytical methods of the service laboratory for soil, plant, and water analysis*, Amsterdam: Royal Tropical Institute.
- Supriyo, H., Prehaten, D., & Figyantika, A., (2013), Soil properties of eight forest stands resulted from rehabilitation of degraded land on the tropical area for almost a half century, *Journal of Human and Environment*, 20(3), 294-302.
- Suryanto, P., Tohari, Putra, E., & Alam, T., (2017), Minimum soil quality determinant for rice and 'kayu putih' yield under hilly areas, *Journal of Agronomy*, 16, 115-123.
- Van Groenigen, J. W., Huygens, D., Boeckx, P., Kuiper, T. W., Lubbers, I. M., Riitting, T., & Groffman, P. M. (2015). The soil N cycle : new insights and key challenges. *Soil*, 1, 235-256.
- Van Reeuwijk, L. P. (1993). Technology paper no.9. In *Procedure for soil analysis* (pp. 1-100). Wageningen: International Soil Reference and Information Center.
- Vasak, F., Cerny, J., Buranova, S., Kulhanek, M., & Balik, J. (2015). Soil pH changes in long-term field experiments with different fertilizing systems. *Soil and Water Resource*, 1, 19-23.
- Villanin, F. T., Riberio, G. A., Villani, E. M., Teixeira, W. G., Moreira, F. M., Miller, R., & Alfaia, S. S. (2017). Microbial carbon, mineral-N, and soil nutrients in indigenous agroforestry systems and other land use in the upper Solimoes Region, Western Amazonas State, Brazil. *Agricultural Sciences*, 8, 657-674.
- Zorb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture-status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171, 656-669.