

SIFAT FISIKA TANAH PADA BERBAGAI TIPE PENGGUNAAN LAHAN DI SEKITAR TAMAN NASIONAL LORE LINDU (STUDI KASUS DESA TORO KECAMATAN KULAWI KABUPATEN SIGI SULAWESI TENGAH)

Rustam¹⁾, Husain Umar²⁾, Yusran²⁾

Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako
Jl. Soekarno-Hatta Km.9 Palu, Sulawesi Tengah 94118

1) Mahasiswa Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako
Korespondensi :RustamAlbar176@gmail.com

2) Staf Pengajar Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako

Abstract

The physics characteristics of soil have relation to the soil capability to store water, drainage, root penetration, air circulation, and soil substances binding. Toro village is one of some villages around the Lore Lindu National Park, which area consist of some types of land uses, such as primary (Wana), Secondary (Pangale) and agroforestri (Pahawa Pongko) forest. The research was conducted on May up to the month of July 2015, that located around Lore Lindu National Park, Toro village, Kulawi subdistrict, Sigi district, Central Sulawesi. The research was done by doing survey of the location, deciding the spot of sample plot, taking sample of the soil in the laboratory. To determine the location, it was done purposively (*purposive sampling*) and took the sample of the soil in the depth of ≤ 30 cm. The data gathered from the laboratory then analyzed descriptively, describing the physics characteristics of the soil. The result of the research showed that the texture of the soil in the primary and secondary forest was clay and in the agroforestry was dusty clay. The permeability of the soil of the agroforestry land was 28,49 cm/hour, the secondary forest was 23,26 cm/hour and the primary forest was 8,39 cm/hour. The axis of the soil in the agroforestry land was 66,19%, the secondary forest was 58,41% and the primary forest was 48,78%. The soil *Bulk Density* of the agroforestry forest was 0,90 g/cm³, the secondary forest was 1,09 g/cm³, and the primary forest was 1.36 g/cm³.

Keywords : *Physics characteristics of the soil, land use, Lore Lindu National Park.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan, sedangkan kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap (Oksana, dkk., 2012).

Beberapa peneliti melaporkan bahwa konversi hutan alam menjadi bentuk penggunaan yang lain, dapat menyebabkan erosi tanah dan penurunan bahan organik tanah, kehilangan kualitas tanah dan modifikasi

struktur tanah (Lichon, 1993 dalam Kizilkaya dan Dengiz, 2010). Alih fungsi lahan seperti penebangan hutan, praktek budidaya tanaman dan penggembalaan diketahui sebagai penyebab berubahnya sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Houghton *et al.*, 1999 dalam Kizilkaya dan Dengiz, 2010).

Perubahan tutupan lahan tersebut mengakibatkan perubahan sifat biofisik tanah, karena setiap jenis vegetasi memiliki sistem perakaran yang berbeda (Winanti, 1996). Hasil penelitian (Widianto *et al.*, 2004) menunjukkan bahwa alih fungsi lahan hutan menjadi perkebunan kopi secara monokultur di Lampung mengakibatkan perubahan sifat tanah permukaan berupa penurunan bahan organik dan jumlah ruang pori. Alih fungsi lahan

tersebut juga telah mengakibatkan penurunan porositas tanah (Suproyogo *et al.*, 2004) dan menurunkan ketebalan seresah dan jumlah pori makro tanah (Hairiah *et al.*, 2004).

Desa Toro merupakan salah satu desa yang berada di sekitar Taman Nasional Lore Lindu, yang wilayahnya terdiri atas beberapa tipe penggunaan lahan yaitu hutan primer (*Wana*), hutan sekunder (Pangale) dan lahan agroforestri (*Pahawa Pongko*). Penelitian sebelumnya di desa ini hanya terbatas pada studi tentang keanekaragaman jenis tumbuhan, sementara penelitian tentang sifat-sifat tanah, terutama sifat fisik tanah belum pernah dilakukan. Olehnya itu, perlu dilakukan penelitian tentang sifat fisik tanah di sekitar Taman Nasional Lore Lindu, dalam rangka pengelolaan kawasan konservasi ini dimasa depan.

Rumusan Masalah

Penelitian sifat fisik tanah pada hutan primer, hutan sekunder dan lahan agroforestri di sekitar Taman Nasional Lore Lindu belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, permasalahan penelitian ini adalah bagaimana sifat fisik tanah pada hutan primer, hutan sekunder serta lahan agroforestri di sekitar Desa Toro?

Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik tanah di hutan primer, hutan sekunder dan lahan agroforestri di sekitar Taman Nasional Lore Lindu Desa Toro Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah.

Kegunaan penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai data dasar atau informasi bagi pihak pemerintah, swasta, dan akademisi yang terkait dalam pengelolaan kawasan konservasi Taman Nasional Lore Lindu. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi atau pembanding bagi penelitian lainnya, terutama yang berhubungan dengan penelitian sifat-sifat tanah di dalam kawasan hutan Taman Nasional Lore Lindu.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan bulan Mei sampai dengan Juli 2015, bertempat di desa Toro sekitar Taman Nasional Lore Lindu, Analisis sifat fisik sampel-sampel tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako Palu.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan yaitu: tali rafia untuk membuat batas plot, kantong plastik untuk menyimpan sampel tanah, sampel tanah untuk bahan penelitian.

Alat-alat yang digunakan yaitu: parang untuk membersihkan tempat pengambilan sampel tanah, ring untuk mengambil sampel tanah utuh, penumbuk ring, *global positioning system* (GPS), meteran untuk mengukur panjang dan lebar, alat tulis menulis, kamera untuk dokumentasi penelitian, serta alat-alat laboratorium untuk analisis sifat-sifat fisika tanah.

Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yaitu dimulai dari survei lapangan untuk menentukan lokasi penelitian, yaitu hutan primer hutan sekunder, dan lahan agroforestri. Pengambilan sampel tanah, analisis sampel tanah di laboratorium dan analisis data dari lapangan maupun data dari laboratorium. Lokasi pengambilan sampel tanah masing-masing lokasi penelitian dilakukan secara sengaja (*purposive sampling*) dengan memperhatikan kondisi topografi terutama tingkat kelerengan. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman tanah sampai 0-20 cm, dimana pada setiap lokasi penelitian di ambil sebanyak 1 sampel tanah yang berasal dari enam titik (untuk lokasi Hutan Primer dan Hutan Sekunder), serta delapan sampel tanah yang berasal dari delapan titik (untuk lahan agroforestri), yang kemudian dikompositkan menjadi satu.

Penentuan Petak Contoh

Sampel tanah diambil pada tiga lokasi yang telah ditentukan dari tiga tipe Penggunaan lahan tersebut, seperti disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tipe Penggunaan Lahan di Desa Toro.

No.	Tipe Penggunaan lahan	Titik Kordinat Dan Ketinggian dari permukaan laut	Karakteristik
1	Hutan Primer (Wana)	S 01° 27' 28, 0'' E 120° 03' 153'' 1896 m dpl	Hutan dengan intensitas pemanfaatan yang sangat rendah, terbatas hanya pada pengambilan tumbuhan obat dimana jenis-jenis rotan masih melimpah (tidak dipanen)
2	Hutan Sekunder (Pangale)	S 01° 29' 11. 0'' E 120° 02' 20. 9'' 1056 m dpl	Hutan dengan intensitas pemanfaatan yang sedang terdapat penebangan kayu secara selektif khusus untuk pohon berdiameter masih kecil sampai sedang gangguan terhadap vegetasi tumbuhan bawah, penutupan tajuk terganggu serta terdapat pemanenan rotan sehingga liana sangat melimpah
3	Agroforestri (Pampa Pongko)	S 01° 29, 30. 33'' E 120° 01, 58. 2'' 834 m dpl	Tanaman kakao yang dibudidayakan dibawah pohon pelindung secara alami yang berasal dari tegakan sisa

Pengumpulan Data

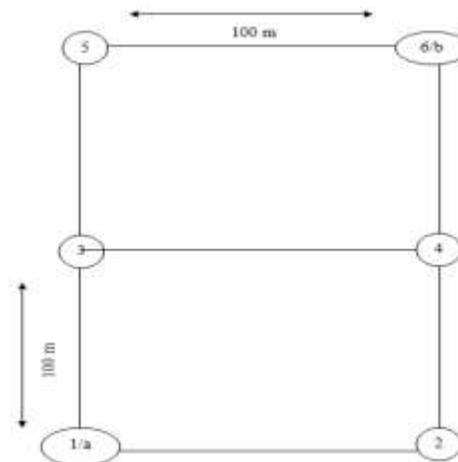
Data yang dikumpulkan terdiri dari data sifat fisik tanah, yaitu tekstur tanah, permeabilitas tanah, porositas tanah, *Bulk density*

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah di hutan primer (Wana) dan hutan sekunder (Pangale) dilakukan pada enam titik yang telah ditentukan letaknya, dan jarak antara titik yaitu 100m. yang mengikuti arah ketinggian (gambar 1). Kemudian sampel-sampel tanah tersebut dikompositkan/dicampur.

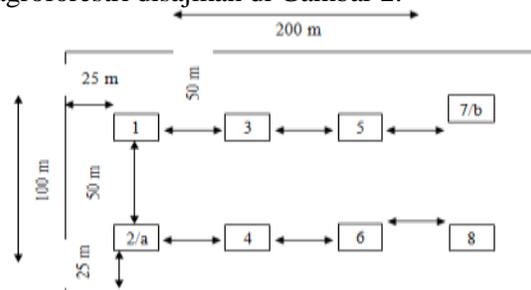
Cara yang sama juga digunakan pada pengambilan sampel tanah pada lahan agroforestri seluas ± 2 ha (gambar 2). Jumlah sampel tanah yang dijadikan sebagai bahan penelitian adalah sebanyak tiga sampel. Sampel tanah tidak utuh ini digunakan untuk analisis tekstur tanah.

Titik pengambilan sampel tanah, pada hutan primer dan hutan sekunder disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Titik Pngambilan Sampel Tanah pada lahan hutan primer dan hutan sekunder.

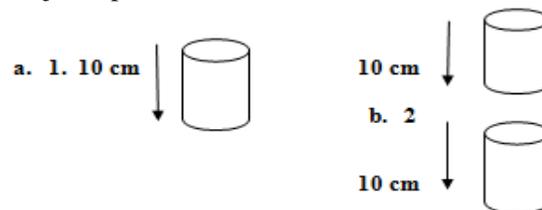
Titik pengambilan sampel tanah, di lahan agroforestri disajikan di Gambar 2.



Gambar 2. Titik Pengambilan Sampel Tanah di lahan agroforestri.

Selain itu tanah utuh diambil menggunakan ring/bor. Sampel tanah utuh ini digunakan untuk analisis permeabilitas, porositas, dan *Bulk density*.

Teknik Pengambilan sampel tanah utuh, disajikan pada Gambar 3.



Keterangan:

- Ring 1 digunakan sebagai ring penekan
- Ring 2 pengambilan sampel tanah dengan kedalaman 0-20 cm

Pengambilan contoh tanah utuh dengan menggunakan ring pada kedalaman tanah 20 cm pada satu titik disetiap lokasi penelitian yang diukur titik koordinatnya. Kemudian dilakukan analisis sifat fisik tanah di Laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat fisik tanah: tekstur tanah, permeabilitas, porositas, dan *Bulk Density*, pada berbagai tipe penggunaan lahan di sekitar Taman Nasional Lore Lindu Desa Toro Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisik Tanah di tiga tipe penggunaan lahan di Sekitar Taman Nasional Lore Lindu.

No	Kode Sampel	Tekstur (%)	Permeabilitas (cm/jam)	Bulk Density (g/cm)	Porositas (%)
1	Agroforestri	Lempung Berdebu	23.49	0.90	66.19
2	Hutan Sekunder	Lempung	23.26	1.09	58.72
3	Hutan Primer	Lempung	8.39	1.36	48.78

Tekstur

Berdasarkan hasil analisis tekstur tanah menunjukkan bahwa tidak terdapat kemiripan tekstur tanah yaitu pada bagian agroforestri (pasir 31,5%, debu 54,3%, liat 14,2%) dengan ketinggian 834 mdpl, hutan sekunder (pasir 13,4%, debu 33,4%, liat 19,4) dengan ketinggian 1056 mdpl dan hutan primer (pasir 40,1%, debu 45,6%, liat 14,3) dengan ketinggian 1896 mdpl yang memiliki kelas tekstur. Agroforestri memiliki kelas tekstur lempung berdebu sedangkan hutan sekunder dan primer memiliki kelas tekstur yang sama yaitu lempung.

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir (diameter 2,00-0,05 mm), debu (0,005-0,02 mm) dan liat (<0,002mm) di dalam tanah. Tekstur dan struktur tanah adalah ciri fisik tanah yang sangat berhubungan. Kedua

faktor ini dijadikan parameter kesuburan tanah, karena menentukan kemampuan tanah tersebut dalam menyediakan unsur hara (Tambunan, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian, tekstur tanah lempung pada kawasan tersebut dicirikan dengan tekstur halus yang jika kering membentuk gumpalan-gumpalan keras dan jika basah liat dan melekat dijari memberikan dampak yang baik bagi pertumbuhan tanaman di sekitarnya. Menurut (Chen, 1975 dalam Supriyono, 1997) untuk tanah lempung, kandungan mineralnya adalah montmorilonit yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak, bila dibandingkan dengan mineral lainnya, sehingga tanah mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air dan sangat mudah mengembang.

Potensi pengembangannya sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitasnya, sehingga suatu tanah lempung dapat diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu didasarkan Indeks Plastisitasnya.

Tekstur tanah merupakan perbandingan antara fraksi pasir, debu dan liat sehingga menunjukkan kasar atau halus suatu tanah. Tekstur tanah sebagai parameter penting yang berkaitan antara lain dengan tata udara (*earase*), tata air (*drainase*), kemampuan penyimpanan dan menyediakan air bagi tanaman, *responsive* atau tidaknya bagi pemupukan (Suparto, 2008).

Tekstur tanah hutan lebih berkembang dari lahan pertanian, yang salah satu penyebabnya adalah pengaruh bahan organik tanah. Pada proses dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang merupakan pelarut efektif bagi batuan dan mineral-mineral primer (pasir dan debu) sehingga lebih mudah pecah menjadi ukuran yang lebih kecil seperti lempung selain itu, jumlah dan kerapatan akar lebih tinggi pada hutan akan mempercepat penghancuran secara fisika sehingga fraksi yang lebih halus akan cepat terbentuk (Arifin, 2011).

Tekstur tanah penting untuk diketahui karena komposisi dari keempat fraksi partikel tersebut di atas akan menunjukkan sifat-sifat tanah baik fisika, kimia, dan biologi. Pada

lahan agroforestri memiliki tekstur lempung berdebu, maka peran dalam mengatur sifat fisika tanah relatif sedang, karena kondisi tersebut tidak terlalu kuat dalam mengikat air dan hara, lain halnya pada lahan hutan yang bertekstur lempung. Kisaran tersebut menandakan sistem aerasi yang baik karena memiliki ruang pori yang berukuran besar sehingga daya hantar air cepat namun kemampuan menahan air rendah (Baso dkk, 2014).

Permeabilitas

Permeabilitas tanah adalah sifat yang menyatakan laju pergerakan suatu zat cair didalam tanah melalui media berpori-pori makro maupun mikro baik daerah vertikal maupun horizontal (Maro'ah, 2011). Permeabilitas menyatakan kemampuan media porus dalam hal ini adalah tanah untuk meloloskan zat cair (air hujan) baik secara lateral maupun vertikal. Tingkat permeabilitas tanah (cm/jam) merupakan fungsi dari berbagai sifat fisik tanah (Rohmat dan Soekarno, 2006).

Tabel 2 menunjukkan bahwa tingkat permeabilitas tanah pada tiga ketinggian lokasi penelitian tersebut memiliki perbedaan permeabilitas di setiap lokasi, yang mana permeabilitas tertinggi terdapat pada bagian agroforestri 28,49 cm/jam dengan ketinggian 834 m dpl, kemudian pada bagian hutan sekunder 23,26 cm/jam dengan ketinggian 1056 mdpl dan yang terkecil terdapat pada bagian hutan primer 8,39 cm/jam dengan ketinggian 1896 mdpl.

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga k yang lebih rendah dan pada tanah ini koefisien permeabilitas merupakan fungsi angka pori. Kalau tanahnya berlapis-lapis permeabilitas untuk aliran sejajar lebih besar dari pada permeabilitas untuk aliran tegak lurus. Lapisan permeabilitas lempung yang bercelah lebih

besar dari pada lempung yang tidak bercelah (unfissured) (Hakim, 1982 dalam Padang, 2014).

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa disemua ketinggian lahan pada lokasi penelitian tingkat kemampuan tanah dalam meloloskan air tergolong lambat karena pada areal tersebut didominasi oleh fraksi lempung, yang memiliki partikel-partikel tanah yang lebih kecil sehingga membentuk pori drainase lambat yang kurang atau sulit dilalui air.

Porositas

Porositas tanah adalah bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh udara dan air), porositas tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah. Porositas tanah mempengaruhi laju infiltrasi terhadap tanah (Nugroho, 2009).

Menurut Tolaka, (2013) porositas atau ruang pori tanah adalah volume seluruh pori-pori dalam suatu volume tanah utuh, yang dinyatakan dalam persen. Porositas terdiri dari ruang diantara partikel pasir, debu dan liat serta ruang diantara agregat-agregat tanah.

Hasil analisis porositas tanah menunjukkan bahwa nilai porositas tertinggi terdapat pada bagian agroforestri 66,19% dengan ketinggian 834 mdpl kemudian pada bagian hutan sekunder 58,41% dengan ketinggian 1056 m dpl, sedangkan yang terendah terdapat pada bagian hutan primer 48,78% dengan ketinggian 1896 mdpl. Menurut (Puja, 2008) porositas atau ruang pori tanah adalah volume seluruh pori-pori dalam suatu volume tanah utuh, yang dinyatakan dalam persen. Porositas terdiri dari ruang diantara partikel pasir, debu dan liat serta ruang diantara agregat-agregat tanah. Menurut ukurannya porositas tanah dikelompokkan ke dalam: ruang pori kapiler yang dapat menghambat pergerakan air menjadi pergerakan kapiler, dan ruang pori nonkapiler yang dapat memberi kesempatan pergerakan udara dan perkolasi secara cepat sehingga sering disebut pori drainase. Porositas total tanah dapat dihitung dari data berat volume tanah dan berat jenis.

Keberadaan ruang pori tanah merupakan media untuk udara dalam menunjang pernafasan akar, aktivitas mikro organisme,

dan penyerapan unsur hara. Porositas tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, struktur tanah, dan tekstur tanah (Njurumana, 2008).

Bulk Density

Bobot volume atau *Bulk density* adalah suatu petunjuk tentang kepadatan tanah yang menunjukkan perbedaan antara berat tanah kering dengan volume tanah termasuk volume pori-pori tanah, yang dinyatakan dalam g/cm^3 .

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *bulk density* tertinggi terdapat pada bagian hutan primer berkisar $1,36g/cm^3$ dengan ketinggian 1896 mdpl kemudian pada bagian hutan sekunder berkisar $1,09g/cm^3$ dengan ketinggian 1056 mdpl, dan nilai *Bulk Density* terendah terdapat pada bagian agroforestri berkisar $0,90 g/cm^3$ dengan ketinggian 834 mdpl. Dari hasil ini bisa dilihat bahwa dari ketiga sampel tanah memiliki nilai *bulk density* tanah masih baik. Menurut (Hardjowigeno, 2003) bahwa umumnya *bulk density* itu berkisar dari 1,1-1,6 g/cc. Beberapa jenis tanah yang mempunyai *bulk density* kurang dari 0,90 g/cc (misalnya tanah andosol), bahkan ada yang kurang dari 0,10 g/cc misalnya tanah gambut. Makin tinggi *Bulk density* makin sulit ditembus air atau ditembus oleh akar tanaman dan memiliki porositas yang rendah, juga sebaliknya. *Bulk density* ini berperan terhadap infiltrasi, kepadatan tanah, permeabilitas, tata air, struktur, dan porositas tanah (Manfarizah, 2011).

Bobot isi merupakan petunjuk kepadatan tanah, makin padat suatu tanah makin tinggi bobot isi (Achmad 2003 dalam Manfarizah, (2011). Tanah yang belum mengalami gangguan cenderung memiliki stabilitas keremahan dan porositas yang lebih tinggi serta kepadatan masa tanah (*Soil Bulk Density*) yang lebih rendah di banding yang sudah mengalami pembalakan (Annisah, 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tekstur tanah pada primer, hutan sekunder memiliki tekstur lempung dan agroforestri memiliki tekstur tanah lempung berdebu.
2. Permeabilitas tanah pada lahan agroforestri adalah 28,49 cm/jam, hutan sekunder 23,26 cm/jam dan hutan primer 8,39 cm/jam.
3. Porositas tanah pada lahan agroforestri adalah 66,19%, hutan sekunder 58,41% dan hutan primer 48,78%.
4. *Bulk Density* tanah pada bagian agroforestri adalah $0,90 g/cm^3$, hutan sekunder $1,09 g/cm^3$, dan hutan primer $1.36 g/cm^3$.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. 2011 *Analisis Nilai Indeks Kualitas Tanah Entisol Pada Penggunaan Lahan Yang Berbeda*. Agroteksos 21 (1) : 47-54.
- Annisah, N. 2014 *Krasteristik Fisik Habitat Leda (Eucaliptus deglupta) di Jalur Pendakian Gunung Nokilalaki Kawasan Taman Nasional Lore Lindu*. Warta Rimba 2 (2): 42-48.
- Achmad, J. 2003. *Pengaruh Cara Olah Tanah Minimum dan Kedalaman Saluran Drainase Terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah dan Hasil Jagung Manis pada Entisol Darussalam*. Tesis. Program Paska Sarjana Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Baso, M S. G. Uswah, U. Monde, A., 2014. *Variabilitas Sifat Fisika Tanah Dan C-Organik Pada Lahan Hutan dan Perkebunan Kakao (Theobroma Cacao L.) Di Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi*. e-J. Agrotekbis 2 (6): 565-572.

- Hardjowigeno S. 2003. *Klasifikasi Tanah CV*. Akademika Presindo, Jakarta.
- Kizilkaya R dan Dengiz O. 2010. Variation of use and land cover effects on some soil physico-chemical characteristics and soil enzyme activity Zemdirbyste-Agriculture. 97 (2) 15-24
- Manfarizah, Syamaun, Nurhaliza S. 2011. *Krasteristik Sifat Fisika Tanah di University Farm Station Bener Meria*. Agrista. 15. (1) 1-9
- Njurumana, G. ND. Hidayatullah., M 2008 *Butarbutar, T. Kondisi Tanah Pada Sistem Kaliwu dan Mamar di Timor dan Sumba*. Info Hutan. 5 (1): 45-51
- Oksana Irfan, M Huda, M.U. 2012. *Pengaruh Alih Fungsi Lahan Hutan Menjadi Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Sifat Kimia Tanah*. Jurnal Agroforestri 3 (1) :29-34.
- Padang, S. 2014 *Perbedaan Sifat Fisik Tanah Pada Daerah Hutan dan Daerah Perkotaan*. Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatra Utara.
- Puja, I. 2008. Penuntun Praktikum Fisika Tanah. Jurusan Tanah FAPERTA Universitas Udayana. Bali.
- Rohmat D dan Soekarno I. 2006. *Formulasi Efek Sifat Fisik Tanah Terhadap Permeabilitas dan Suction Head Tanah (Kajian Empirik Untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi)*. Jurnal Bionatura. 8 (1): 1-9.
- Tambunan, W. A. 2008 *Kajian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Hubungannya dengan Produksi Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis, Jacq) di Kebun Kelapa*. Sekolah Paska Sarjana Universitas Sumatra Utara Medan.
- Tolaka, W. Wardah, Rahmawati., 2013. *Sifat Fisik Tanah Pada Hutan Primer, Agroforestri Dan Kebun Kakao di Subdas Wera Saluopa Desa Leboni Kecamatan Pamona Puselemba Sawit PTPN II. Kabupaten Poso*. Warta Rimba 1 (1) : 1-8.
- Utaya S. 2008. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Sifat Biofisik Tanah dan Kapasitas Infiltrasi di Kota Malang* Forum Geografi. 22 (2) 99-112
- Suprayogo, D., Widiyanto, Purnomosidi, P., Widodo, R.H., Rusiana, F., Aini, ZZ., Khasanah, N., dan Kusuma, Z. 2004. Degradasi Sifat Fisik Tanah Sebagai Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Sistem Kopi Monokultur: Kajian Perubahan Makroporositas Tanah, *J.Agrivita* 26 (1): 60-68.
- Widiyanto, Suprayogo, D., Noveras, H., Widodo, RH., Purnomosidi, P., dan Noordwijk, MV. 2004. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Apakah Fungsi Hidrologis Hutan Dapat Digantikan Sistem Kopi Monokultur?, *J.Agrivita*. 26 (1): 47-52.
- Winanti, T. 1996. Pekarangan Sebagai Media Peresapan Air Hujan dalam Upaya Pengelolaan Sumberdaya Air, Makalah. Konferensi Nasional Pusat Studi Lingkungan BKPSL. Universitas Udayana, Denpasar Bali.
- Hairiah, K. dan Aini, F.K., 2005. Praktikum Biologi Tanah. Lab. Biologi Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.