

KARAKTERISTIK PORI DAN HUBUNGANNYA DENGAN PERMEABILITAS PADA TANAH VERTISOL ASAL JENEPONTO SULAWESI SELATAN

The Characteristics of Soil Pores and The Relationship with Permeability of Vertisol from Jeneponto District of South Sulawesi

*Masria, **Christianto Lopulisa, **Hazairin Zubair, **Burhanuddin Rasyid

*Mahasiswa program Doktor pascasarjana Universitas Hasanuddin

**Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

(Corresponding email; masriadimyati@yahoo.co.id)

ABSTRACT

This study aims to determine the characteristics of soil pores and the relationship of pore characteristics with soil permeability. Soil samples were collected from Punagaya Village, Bangkala District, Jeneponto Regency, South Sulawesi. Soil samples were taken from 20 observation points representing two types of land use ie cultivated land and fallow field at a depth of 0-60 cm. Soil analysis (pH, organic material, C-organic, cation exchange capacity, bulk density and soil texture), Pore characteristics (porosity, pore distribution and pore stability), and permeability. Analysis of soil properties and pore characteristics was descriptive, while the relationship between pore characteristics and permeability was analyzed by single or multiple regression and correlation analysis. The results showed that the permeability of soil vertisol 0.29 cm/h (slow) and the average value of soil pore characteristics of vertisol as follows: porosity ranged 56.49%, fast drainage pore 4.35%, water pore available 17.8% And 32.5% micro pores, and 36.46% pore stability. Based on the regression and correlation test, it is known that Porosity and porosity and pore stability index have the greatest influence on permeability.

Keywords: Pore Characteristics, Permeability, Vertisol

PENDAHULUAN

Porositas tanah didefinisikan sebagai ruang fungsional yang menghubungkan tubuh tanah dengan lingkungannya (Lal dan Shukla, 2004). Pori tanah memegang peranan penting dalam menentukan sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Pagliai *et al.*, 2004; Hajnos *et al.*, 2006; Oorts *et al.*, 2007; Smucker *et al.*, 2007; Munkholm *et al.*, 2012; Sleutel *et al.*, 2012).

Sistem pori tanah sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jumlah bahan organik, jenis dan jumlah liat, kelembaban, pemadatan tanah dan manajemen tanah (Kutilek *et al.*, 2006; Wairiu and Lal, 2006; Chun *et al.*, 2008; Churchman *et al.*, 2010).

Karakteristik pori menggambarkan jumlah, ukuran, distribusi, kontinuitas dan stabilitas pori tanah (Kay, 1990). Karakteristik pori tanah sangat berperan besar dalam menentukan pergerakan air dalam tanah (Hillel, 1980; Kay, 1990) dan mempengaruhi kemampuan tanah dalam meretensi air (Elrick *et al.*, 2004). Sebagai suatu sistem, masing-masing karakter akan saling mempengaruhi satu dengan lainnya. Setiap perubahan pada satu karakter akan mempengaruhi karakter yang lain. Perubahan terhadap pori akan mengurangi jumlah, ukuran dan kuantinuitas pori (Wahyunie, 2009).

Air menempati ruang pori di dalam tanah. Berdasarkan diameter ruangnya Jongerius (1957) membagi pori tanah

menjadi 3 kelas, yakni : makropori dengan diameter ≥ 90 mm, mesopori (90-30 mm) dan mikropori (< 30 μm). Air yang terikat pada mikropori merupakan air higroskopis atau tidak tersedia bagi tanaman.

Pergerakan air dalam tanah atau konduktivitas hidraulik tanah terbagi atas dua, yakni konduktivitas hidraulik jenuh (permeabilitas) dan konduktivitas hidraulik tidak jenuh. Permeabilitas tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik pori terutama kestabilan pori yang ditentukan oleh kestabilan agregat tanahnya. Pori yang berada dalam agregat tanah yang stabil akan mempercepat Bergeraknya air, pada pori yang berada dalam agregat tanah yang tidak stabil, maka pori akan mudah tertutup akibat hancurnya agregat tanah dan menghambat pergerakan air.

Bentuk dan jumlah pori sangat dipengaruhi oleh kandungan liat tanah (Zaffar dan S.G. Lu, 2015). Tanah Vertisol merupakan tanah dengan kandungan liat yang tinggi. Kandungan liat pada vertisol lebih dari 30 % di semua horison, dengan montmorillonit sebagai mineral liat yang dominan (FAO, 1990). Salah satu sifat penting dari montmorillonit adalah sifat mengembang dan mengerut yang kadarnya berhubungan dengan perubahan kandungan air tanah. Proses mengembang dan mengerut pada tanah dengan kandungan liat tinggi secara nyata mempengaruhi perubahan pori tanah (Balbino *et al.*, 2002; Alaoui *et al.*, 2011).

Karakterisasi pori yang paling sering dilakukan adalah distribusi ukuran pori (Cameron and Buchan, 2006; Munkholm *et al.*, 2012; Strong *et al.*, 2004). Distribusi ukuran pori sangat penting dalam memahami berbagai proses dalam tanah seperti ketersediaan dan pergerakan air dalam tanah (Lipiec *et al.*, 2006, 2012; Pagliai *et al.*, 2004; Six *et al.*, 2004; Strong *et al.*, 2004). Proses mengembang dan mengerut pada tanah liat seperti Vertisol dapat

menyebabkan penghancuran dan pergerakan liat yang menyebabkan tersumbatnya pori, ini merupakan fenomena yang dapat mengganggu kestabilan pori karena mengurangi ukuran dan jumlah pori. Dengan demikian selain jumlah pori, karakter pori lain yakni distribusi ukuran pori dan stabilitas pori merupakan karakter pori yang sangat penting diamati.

Oleh karena itu pemahaman tentang karakteristik pori pada tanah mengembang seperti vertisol menjadi penting dalam hubungannya dengan pergerakan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pori tanah (Jumlah, distribusi dan stabilitas pori) pada tanah vertisol dan Mengetahui karakteristik pori yang paling mempengaruhi pergerakan air pada tanah vertisol.

METODOLOGI

Lokasi Pengambilan contoh tanah terletak di dusun Bajipamae Desa Punagaya kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto. Sebanyak 20 contoh tanah diambil dari Vertisol yang berkembang di atas batu kapur. Lahan tempat pengambilan contoh tanah dipilih dari dua tipe penggunaan lahan yaitu lahan yang diberakan (B) dan tegalan (T) yang hanya ditanami satu kali dalam setahun. Pengambilan contoh tanah dilakukan secara utuh dengan menggunakan ring sampel, dan agregat utuh pada kedalaman 0-20 cm

Contoh tanah utuh dipergunakan untuk analisis Bulk Density dengan metode gravimetri, permeabilitas dengan metode tinggi air konstan/konstan head method (Klute dan Dirksen, 1986), dan distribusi ukuran pori dengan menggunakan metode Pressure Plate aparatus pada pF 1, pF 2, pF 2,54 dan pF 4,2 (Persamaan kapilaritas dan kurva pF) (Danielson and Sutherland, 1985). Jumlah pori ditetapkan berdasarkan nilai bobot isi dan bobot jenis partikel dengan menggunakan metode gravimetrik sebagai berikut: Jumlah pori (% volume) = (1-

BI/BJP) X 100 % , dimana BI adalah berat isi (bulk density) dan BJP adalah berat jenis partikel tanah sebesar 2,65 (Hillel, 1986). Penetapan stabilitas pori berdasarkan pada nilai stabilitas agregat, karena pori-pori berada pada agregat tanah. Penetapan stabilitas agregat dan distribusi ukuran agregat mengikuti De Leenheer dan De Boodt (1959) dalam De Boodt, De Leenheer, dan Kirkham (1961). Selanjutnya ditetapkan indeks stabilitas agregatnya. Hasil analisis sifat-sifat tanah dan karakteristik selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk melihat bagaimana sifat tanah dan karakteristik pori pada tanah Vertisol, sementara hubungan karakteristik pori dengan pergerakan air dianalisis dengan menggunakan Regresi dan Korelasi baik tunggal maupun berganda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pori pada Tanah Vertisol

Porositas

Dari hasil analisis porositas tanah diketahui bahwa porositas tanah vertisol asal Jeneponto berkisar antara 49.05 sampai 64.90 % atau jika dirata-ratakan berkisar 56.49 %. Dimana nilai rata-rata porositas tanah pada lahan budidaya sebesar 57,45 % lebih besar dibandingkan lahan yang bera sebesar 55,85 % (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik Pori Tanah Vertisol

Lokasi	Porositas (%)	Sebaran Pori (%)			Stabilitas Pori (%)	Tipe Lahan
		PDC	PAT	PM		
T1	58,11	2	19	30	28,33	LB
T2	56,98	1	18	32	33,22	LB
T3	63,02	16	14	28	31,75	LB
T4	56,98	6	14	33	43,48	LB
T5	58,11	1	27	31	36,50	B
T6	53,96	3	19	33	36,50	B
T7	53,21	4	19	33	54,35	B
T8	50,57	3	18	35	39,22	B
T9	64,91	11	8	30	25,51	B
T10	61,51	5	9	33	30,49	B
T11	55,09	2	20	37	33,56	B
T12	54,34	7	21	37	31,45	B
T13	59,25	3	22	32	31,95	B
T14	49,81	2	19	35	31,45	B
T15	56,23	10	20	33	32,47	B
T16	53,21	2	17	35	34,25	B
T17	63,02	2	24	25	51,28	LB
T18	49,06	2	13	35	34,60	LB
T19	55,47	3	19	32	44,64	LB
T20	56,98	2	16	31	44,25	LB

Keterangan : PDC (pori drainase cepat), PAT (Pori air tersedia), PM (pori mikro)

Total porositas akan mengalami peningkatan tergantung pada jumlah dan jenis material bahan organik yang ditambahkan. Sumber utama bahan organik pada lahan budidaya dilokasi penelitian berasal dari sisa brangkasan tanaman jagung yang ditanam satu kali setahun. Garza *et al* (2009) melaporkan bahwa penambahan bahan organik berupa residu jagung mampu meningkatkan total porositas pada tanah Vertisol.

Sebaran Pori

Sebaran pori drainase cepat pada tanah dilokasi penelitian rata-rata 4,35 atau berkisar 1-16 % , rata-rata pori air tersedia 17,8 % atau berkisar 8-24 % dan rata-rata pori mikro 32,5 % atau berkisar 28-37 %. Berdasarkan sebaran tersebut diketahui bahwa pori-pori mikro menempati ruang terbanyak di dalam pori tanah. Sistem pori tanah sangat dipengaruhi oleh bahan organik tanah, tipe dan kandungan liat, kelembaban, pemadatan dan manajemen tanah (Kutilek *et al.*, 2006; Wairiu dan Lal, 2006; Chun *et al.*, 2008; Churchman *et al.*, 2010). Distribusi ukuran pori merupakan kombinasi dari tekstur dan struktur tanah (Balbino *et al.*, 2002; Bruand *et al.*, 2004). Tanah-tanah yang didominasi fraksi pasir akan mempunyai pori makro (porous), tanah dengan dominasi debu akan banyak mempunyai pori meso (agak porous), sementara tanah dengan fraksi liat akan mempunyai banyak pori mikro (kecil) atau tidak porous (Hanafiah, 2007). Kandungan liat tanah vertisol di lokasi penelitian berkisar 59-91 %.

Stabilitas Pori

Stabilitas pori tanah berkisar 28,33-51,28 % dan tergolong dalam kelas indeks stabilitas tidak mantap sampai agak mantap. Secara umum stabilitas agregat tanah sangat ditentukan oleh jumlah bahan organik di dalam tanah. Siklus bahan organik sangat

berperanan dalam mempengaruhi agregasi tanah melalui proses humifikasi, aktivitas mikroorganisme tanah dan eksudat yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah. Bravo-Garza dan Bryan (2005) melaporkan bahwa terdapat korelasi antara pengurangan agregat dan kehilangan C organik akibat peningkatan penggunaan lahan, tetapi tidak ada hubungan yang ditemukan untuk parameter yang sama pada lahan yang tidak terganggu.

Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik khas dari smektit pada peran bahan organik dalam pembentukan agregat. Proses mengembang dan mengerut pada smektit dapat mempengaruhi proses mineralisasi bahan organik dan perkembangan mikrobial (Six *et al.*, 2000). Smektit meningkatkan perlindungan terhadap bahan organik karena adanya ikatan kompleks antara bahan organik dan liat (Ranson *et al.*, 1998 dalam Bravo-Garza *et al.*, 2009) dan jebakan bahan organik dan mikroba dalam agregat (Golchin *et al.*, 1994). Perubahan pori akibat proses mengembang dan mengerut mempengaruhi aktivitas mikroba yang akhirnya mempengaruhi tingkat dan hasil mineralisasi (Baldock, 2002 dalam Bravo-Garza *et al.*, 2009). Pemberian bahan organik meningkatkan pembentukan makroagregat (>200 mm), akan tetapi proses mengembang dan mengerut mempengaruhi pembentukan dan stabilisasi makroagregat (Bravo-Garza *et al.*, 2009).

Hubungan Karakteristik Pori dengan Pergerakan Air pada Tanah Vertisol

Rata-rata nilai permeabilitas tanah (konduktivitas hidraulik jenuh) sebesar 0,29 cm/jam atau tergolong lambat, dengan koefisien variasi 67,68 %. Dengan nilai koefisien variasi sebesar 67,68 % tergolong normal, sebab permeabilitas tanah dan karakteristik pergerakan gas dan air dapat

mempunyai koefisien keragaman > 100 % (Jury *et al.*, 1989; Wilding, 1985).

Tabel 2. Nilai rata-rata Permeabilitas Tanah

Parameter	Nilai
Permeabilitas	0,2975
sd	0,20165
CV	67,68 %
N	20

Untuk melihat hubungan antara karakteristik pori dengan permeabilitas tanah dilakukan analisis regresi dan korelasi baik secara tunggal dan ganda, yang disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan analisis regresi dan korelasi tunggal diketahui bahwa ruang pori total mempunyai hubungan yang lebih besar dibandingkan indeks stabilitas pori, Pori drainase cepat dan pori air tersedia. Tabel 3 menunjukkan bahwa permeabilitas tanah meningkat dengan makin besarnya ruang pori total dan stabilitas agregat dengan koefisien korelasi sebesar 0,61. Begitu juga dengan pori drainase cepat dan pori air tersedia yang semakin meningkatkan pergerakan air dengan meningkatnya stabilitas agregat.

Ruang pori drainase cepat merupakan ruang pori dengan selang ukuran diameter pori lebih besar daripada ruang pori drainase maupun ruang pori tersedia. Seperti telah disebutkan oleh Korevaar *et al.* (1983), ruang pori yang paling berpengaruh terhadap permeabilitas adalah ruang pori terbesar yang masih terisi air, sehingga ruang pori drainase cepat bersama stabilitas agregat berkorelasi/berpengaruh paling besar terhadap permeabilitas. Semakin banyak proporsi ruang pori dengan selang ukuran lebih besar dan makin stabil pori di dalam agregat tanah, maka lebih banyak ruang pori yang dapat menghantarkan air sehingga permeabilitas makin besar.

Tabel 3. Regresi antara Karakteristik Pori dengan Pergerakan Air Tanah

No	Peubah	Persamaan Regresi	Korelasi
1.	RPT	$Y = -1,088 + 0,25 x$	0,53
2.	ISA	$Y = 0,094 + 0,06 X$	0,20
3.	PDC	$Y = 0,218 + 0,18 x$	0,35
4.	PAT	$Y = 0,319 - 0,01X$	-0,02
5.	RPT,ISA	$Y = -1,478 + 0,26 RPT + 0,08 ISA$	0,61
6.	PDC, ISA	$Y = -1,40 + 0,23 PMk + 0,09 ISA$	0,37
7.	PAT, ISA	$Y = 0,143 - 0,005 PMS + 0,06 ISA$	0,41

Keterangan : RPT (ruang pori total), ISA (indeks stabilitas agregat), PDC (pori drainase cepat), PAT (pori air tersedia).

Lebih rendahnya pengaruh ruang pori air tersedia dibanding ruang pori drainase cepat

bersama stabilitas pori dalam agregat; karena ruang pori air tersedia terdiri dari ruang pori makro dan sebagian ruang pori mikro yang dapat mengikat air secara kuat sehingga dapat menghambat pergerakan air. Air dalam ruang pori kapiler (ruang pori air tersedia) dapat bergerak apabila ada tekanan (potensial) hidrolik yang tinggi. Keadaan ini dapat tercapai bila lapisan tanah di atas ruang pori air tersedia tersebut mencapai jenuh dengan ketebalan tertentu.

KESIMPULAN

1. Nilai rata-rata karakteristik pori tanah vertisol sebagai berikut porositas berkisar 56,49 %, pori drainase cepat sebesar 4,35 %, pori air tersedia 17,8 % dan pori mikro 32,5 %, dan stabilitas pori sebesar 36,46 %.
2. Berdasarkan uji regresi dan korelasi diketahui bahwa karakter Porositas dan kombinasi porositas dan indeks stabilitas pori mempunyai pengaruh terbesar terhadap permeabilitas tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Alaoui, A., Lipiec, J. and Gerke, H. H. 2011. A review of the changes in the soil pore system due to soil deformation: A

hydrodynamic perspective. *Soil Till. Res.* 115-116: 1-15.

Balbino, L. C., Bruand, A., Brossard, M., Grimaldi, M., Hajnos, M. and Guimarães, M. F. 2002. Changes in porosity and microaggregation in clayey Ferralsols of the Brailian Cerrado on clearing for pasture. *Eur. J. Soil Sci.* 53: 219-230.

Bravo-Garza, M.R., Bryan, R.B., 2005. Soil properties along cultivation and fallow time sequences on Vertisols in Northeastern Mexico. *Soil Science Society of America Journal* 69, 473–481.

Cameron, K. C. and Buchan, G. D. 2006. Porosity and pore size distribution. In Lal, R. (ed.) *Encyclopedia of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton. pp. 1350-1353.

Chun, H. C., Giménez, D. and Yoon, S. W. 2008. Morphology, lacunarity and entropy of intra-aggregate pores: Aggregate size and soil management effects. *Geoderma*. 146: 83-93.

Dixon J.B, 1991. Roles of Clays in Soils. *Applied Clay Science*, (5); 489-503.

De Boodt, M., De Leenheer, L., dan Kirkham, D. 1961. Soil aggregate stability indexes and crop yield. *Soil Sci.* 91:138-146.

Hanafiah, K, A., 2007. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Rajawali Pers. Jakarta.

Hillel, D., 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press. New York.

Hajnos, M., Lipiec, J., Świeboda, R., Sokołowska, Z. and Witkowska-

- Walczak, B. 2006. Complete characterization of pore size distribution of tilled and orchard loamy soil using water retention curve, mercury porosimetry, nitrogen adsorption, and water desorption methods. *Geoderma*. 135: 307-314.
- Jury, W.A., Sposito, G. And R.E. White. 1989. A Transfer Function Model of Solute Transport Through Soil. I. Fundamental Concepts. *Water Resources Research*. 22 : 243-247.
- Kay, D. 1990. Rates of changes of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.* 12:1-52.
- Kutilek, M., Jendele, L. and Panayiotopoulos, K. P. 2006. The influence of uniaxial compression upon pore size distribution in bi-modal soils. *Soil Till. Res.* 86: 27-37.
- Lal, R. dan M. K. Shukla. 2004. Principles of Soil Physics. Marcel Dekker, Inc. New York
- Klute, A. dan C. Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In A. Klute (eds) *Methods of Soil Analysis*. Am. Soc. Agron. Inc, Soil Sci. Soc. Am. Inc Madison, Wisconsin USA.
- Lipiec, J., Hajnos, M. and Swieboda, R. 2012. Estimating effects of compaction on pore size distribution of soil aggregates by mercury porosimeter. *Geoderma*. 179-180: 20-27.
- Munkholm, L. J., Heck, R. J. and Deen, B. 2012. Soil pore characteristics assessed from X-ray micro-CT derived images and correlations to soil friability. *Geoderma*. 181-182: 22-29.
- Munkholm, L. J., Heck, R. J. and Deen, B. 2012. Soil pore characteristics assessed from X-ray micro-CT derived images and correlations to soil friability. *Geoderma*. 181-182: 22-29
- Oorts, K., Bossuyt, H., Labreuche, J., Merckx, R. and Nicolardot, B. 2007. Carbon and nitrogen stocks in relation to organic matter fractions, aggregation and pore size distribution in no-tillage and conventional tillage in northern France. *Eur. J. Soil Sci.* 58: 248-259.
- Pagliai, M., Vignozzi, N. and Pellegrini, S. 2004. *Soil structure and the effect of management practices*. *Soil Till. Res.* 79: 131-143.
- Six, J., E.T. Elliott, dan K. Paustian. 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage system. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 63:1350-1358.
- Sleutel, S., Bouckaert, L., Buchan, D., Van Loo, D., Cornelis, W.M. and Sanga, H. G. 2012. Manipulation of the soil pore and microbial community structure in soil mesocosm incubation studies. *Soil Biol. Biochem.* 45: 40-48.
- Smucker, A. J. M., Park, E. J., Dorner, J. and Horn, R. 2007. Soil micropore development and contributions to soluble carbon transport within macroaggregates. *Vadose Zone J.* 6:282-290.
- Schjonning, P., Christensen, B.T., Carstensen, B., 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. *Eur. J. Soil Sci.* 45, 257-268.

- Wahjunie, E.D., Haridjaja, O., Soedodo, H., Sudarsono. 2006. Pergerakan Air Tanah pada Pori Berbeda dan Pengaruhnya pada Ketersediaan Air bagi Tanaman. *Jurnal Tanah dan Iklim* (28) : 15-26.
- Wairiu, M. and Lal, R. 2006. Tillage and land use effects on soil microporosity in Ohio, USA and Kolombangara, Solomon Islands. *Soil Till. Res.* 88: 80-84.
- Wanjari, R.H., Ravankar, H.N., Mishra, B., Saha, M.N., Singh, Y.V., Sahi, D.K., Sarap, P.A., 2005. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustainability under sub-humid and semi-arid tropical India. *Field Crops Res.* 93, 264–280.
- Wilding, L.P. 1985. Spatial Variability : Its Documentation, Accomodation, and Implication to Soil Surveys. P. 166-189. In Nielsen, D.R., and J. Bouma (eds). *Soil Spatial Variability. Proceeding of the Workshop ISSS and SSSA, Las Vegas, N.V. 30 November-1 December 1984.* PUDOC, Wageningen. The Netherlands.
- Tiarks, A.E., Mazurak, A.P., Chesnin, L., 1974. Physical and chemical properties of soil associated with heavy applications of manure from cattle feedlots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38, 826–830.
- Zaffar, M., Gao, L.S. 2015. . *Pore Size Distribution of Clayey Soils and Its Correlation with Soil Organic Matter.* *Pedhospere* (25) 240-249.