HUBUNGAN ANTARA BERBAGAI SIFAT FISIK TANAH TERHADAP NILAI HANTARAN HIDRAULIK (HYDRAULIC CONDUCTIVITY) PADA BERBAGAI JENIS TANAH DI BOGOR

Oleh

Latief Mahir Rachman [1/]

ABSTRAK

Serangkaian percobaan telah dilakukan untuk melihat perbandingan nilai hantaran hidraulik (*hydraulic conductivity*) pada tanah Latosol Darmaga dan Semplak serta Regosol Sindangbarang, dan sekaligus untuk meneliti sifat fisik yang menentukan nilai hantaran hidraulik tersebut.

Nilai hantaran hidarulik ditetapkan di laboratorium dengan menggunakan tanah tidak terganggu (*undisturb soil sample*) dalam *ring sample* dan menggunakan peralatan yang dirancang sesuai dengan Hukum Darcy pada kondisi jenuh air. Sifat lainnya yang diteliti adalah tekstur, struktur, bobot isi, pori total, distribusi pori. Sebagai data penunjang dianalisa kadar bahan organik, dan basa-basa yaitu Na, Ca, dan Mg.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai hantaran hidraulik yang terbesar terjadi pada tanah Regosol Sindangbarang b yakni 14.01 cm/jam, kemudian berturut-turut disusul oleh Regosol Sindangbaran a (5.81 cm/jam), Latosol Darmaga a (5.37 cm/jam), Latosol Seplak a (4.80 cm/jam, Latosol Semplak b (1.25 cm/jam, dan yang paling lambat adalah Latosol Darmaga b (0.81 cm/jam). Sifat fisik yang menentukan terhadap nilai hantaran hidraulik dalam percobaan ini adalah pori makro dan indeks stabilitas.

PENDAHULUAN

Hantaran hidraulik tanah merupakan parameter sifat fisik yang berperan dalam pengelolaan air pada lahan pertanian dan penambahan air bawah tanah (*ground water*).

Oleh para ahli, hantaran hidraulik (jenuh) didefinisikan sebagai kecepatan bergeraknya air dalam tanah pada keadaan jenuh.

1/ Staf Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB.

Beberapa ahli seperti Baver (1959), Hillel (1971), Foth (1978) dan Landon (1984) mengemukakan bahwa hantaran hidraulik ditentukan oleh sifat fisik tanah seperti tekstur, struktur, porositas tanah, juga bahan organik dan kekentalan cairan yang mengaliri tanah tersebut.

Menurut Israelsen dan Hansen (1962), hantaran hidraulik dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran ruang pori yang dilalui air dan berat specifik (specific weight) serta kekentalan cairan.

Menurut Heudjito (1979), infiltrasi dan permeabilitas (hantaran hidraulik) mempunyai hubungan yang erat dengan distibusi ukuran pori dan kemantapan struktur tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai hantaran hidraulik tiga jenis tanah di Bogor (Latosol Darmaga, Latosol Semplak, dan Regosol Sindangbarang) pada lapisan a (0 - 20 cm) dan lapisan b (20 - 40 cm) serta mencari sifat fisik tanah yang menentukan nilai hantaran hidraulik.

BAHAN DAN METODA

Pendekatan Masalah

Sifat-sifat fisik yang dianalisa selain hantaran hidraulik adalah yang diperkirakan akan mempengaruhi nilai hantaran hidraulik yang ditetapkan. Sifat-sifat kimia seperti kandungan bahan organik dan basa-basa seperti Na, Ca, dan Mg juga dianalisa sebagai data penunjang. Sifat-sifat fisik yang dianalisa adalah tekstur, struktur (lapang dan laboratoruum), bobot isi, pori total, dan distribusi pori.

Dari ketiga jenis tanah yang diteliti, masing-masing diambil contoh pada lapisan a (0 - 20 cm) dan lapisan b (20 - 40 cm). Kedua lapisan tersebut mempunyai sifat-sifat yang berbeda sehingga dalam penelitian ini terdapat 6 unit tanah yang diteliti.

Selama penetapan hantaran hidraulik digunakan air leding (air kran) dari Perusahaan Air Minum Bogor. Viskositas serta kandungan sedimen dan bahan kimia tidak diteliti. Air tersebut diasumsikan homogen dan mempunyai pengaruh yang sama terhadap ke 6 unit tanah yang diteliti. Dengan demikian nilai hantaran hidraulik yang diperoleh dapat dibandingkan terhadap sifat-sifat tanah lainnya.

Bahan

Bahan tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Latosol Darmaga terdiri dari Latosol Darmaga a (0 - 20 cm) dan Latosol Darmaga b (20 - 40 cm), Regosol Sindangbarang a (0 - 20 cm) dan b (20-40 cm), serta Latosol Semplak a (0 - 20 cm) dan b (20 - 40 cm). Huruf a dan b hanya menunjukkan perbedaan kedalaman pengambilan contoh tanah, tetapi pada satu tempat (satu profil). Dengan demikian terdapat 6 unit tanah.

Selain bahan tanah di atas, juga dipakai berbagai macam bahan untuk menganalisa sifat-sifat fisika dan kimia yang ditetapkan.

Metoda

Hantaran hidraulik ditetapkan di Laboratorium Jurusan Tanah, Institut Pertanian Bogor yang sistem penetapannya dilakukan mengikuti cara yang dikemukakan oleh De Boodt berdasarkan Hukum Darcy (Anonymous, dalam Sitorus dan kawan-kawan, 1981), yakni :

$$K = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{h} \times \frac{1}{A}$$

dimana : K = hantaran hidraulik (cm/jam)

Q = banyaknya air yang tertampung selama pengukuran t jam (ml)

t = waktu pengukuran (jam)

h = "water head", tinggi air di atas permukaan tanah

L = tebal contoh tanah (cm)

A = luas permukaan contoh tanah (cm^2).

Sedangkan metoda-metoda lainnya yang dipakai untuk menetapkan sifat-sifat fisik dan kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metoda yang Dipakai dalam Penetapan Sifat Fisik dan Kimia yang Dianalisa

No	Sifat Fisik dan Kimia yang Dianalisa	Metoda
1.	Tekstur	Pipet
2.	Struktur	Lapang dan laboratorium (indeks stabilitas) dengan pengayakan kering dan basah.
3.	Bobot isi	Ring sample dan gravimetri
4.	Pori total	Ring sample dan gravimetri
5.	Distribusi pori	pF (plate and membrane apparatus)
6.	Bahan organik	Walkey and Black
7.	Na	Flamephotometer, ekstrak NH_4OAc pH 7
8.	Mg	Spectronic, kuning thiazol, ekstrak NH_4OAc pH 7

Semua penetapan sifat fisik dan kimia tersebut dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Selanjutnya nilai hantaran hidraulik diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi yang dikemukakan oleh Uhland dan O'neal (1951) dalam Sitorus dan kawan-kawan (1981), lihat Tabel 2.

Tbael 2. Klasifikasi Hantaran Hidarulik Menurut Uhland dan O'neal (1951)

Kelas	Hantaran Hidraulik (cm/jam)
Sangat lambat	$<$ 0.125
Lambat	0.125 - 0.500
Agal lambat	0.500 - 2.000
Sedang	2.000 - 6.250
Agak cepat	6.250 - 12.50
Cepat	12.50 - 25.00
Sangat cepat	$>$ 25.00

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis berbagai sifat fisik dan kimia secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Pembahasan dari berbagai sifat fisik dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tekstur

Latosol Darmaga a dan b serta Latosol Semplak a dan b mempunyai kelas tekstur liat namun Latosol Semplak mempunyai kandungan liat yang lebih besar. Pada kedua jenis tanah ini mempunyai lapisan a yang kandungan liatnya lebih tinggi daripada lapisan b. Diduga lapisan b pada kedua jenis tanah ini mengalami proses pencucian dan merupakan horison eluviasi.

Regosol Sindangbarang a dan b mempunyai kelas tekstur pasir berlempung dan merupakan kelas tekstur yang lebih kasar dibandingkan kedua jenis tanah terdahulu. Pada jenis tanah ini lapisan b mempunyai kandungan liat yang lebih tinggi dibanding lapisan a. Diduga lapisan b tersebut mendapat translokasi liat dari lapisan a di atas nya.

Struktur

Struktur ketiga jenis tanah mempunyai bentuk dan ukuran yang hampir sama. Yang menunjukkan perbedaan nyata adalah pada Latosol Darmaga a dan b yang mempunyai bantuk lebih menyudut dibandingkan lainnya, serta Latosol Semplak a dan b yang mempunyai ukuran agregat lebih kecil dibanding lainnya. Selain itu Latosol Darmaga a merupakan satu-satunya lapisan yang mempunyai tingkat perkembangan cukup dibandingkan lainnya yang mempunyai tingkat perkembangan lemah.

Secara kuantitatif struktur tanah ke 6 unit tanah tersebut ditetapkan di laboratorium dengan menilai dari indeks stabilitasnya. Indeks stabilitas tersebut ditetapkan dengan metoda pengayakan kering dan basah. Dari hasil penetapan diperoleh bahwa Latosol Darmaga

Tabel 3. Hasil Penetapan Berbagai Sifat Fisik dan Kimia pada Ketiga Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Hantaran Hidrolik (cm/jam)	Bobot Isi (g/cm)	Porositas Tanah: PT	POSC	PDC	PDL	PM	Tekstur: Pasir	Debu	Liat	Kelas	Struktur: Lapang	Indeks Stabilitas	Bahan Organik	Basa-basa: Na	Ca	Mg	Ca+Mg
				....	....	....	....	(%)	....	....	....				....	....	(%)	....	....
1.	LO a (0 - 20 cm)	5.37	0.85	67.9	7.6	6.5	5.6	21.7	5.96	33.88	60.16	C	ab,F,2	71 (stabil)	4.67	0.18	5.80	1.89	7.69
2.	LO b (20 - 40 cm)	0.81	0.94	64.5	1.6	7.0	1.9	10.5	5.17	36.53	58.30	C	ab,F,1	28 (tidak stabil)	0.96	0.16	3.71	0.77	4.48
3.	LS a (0 - 20 cm)	4.80	0.98	63.6	6.9	4.5	5.2	26.6	5.95	14.33	79.72	C	sb,VF,1	51 (agak stabil)	3.50	0.33	1.45	0.74	4.82
4.	LS b (20 - 40 cm)	1.25	1.00	63.7	3.0	4.4	3.3	10.7	8.05	15.36	76.59	C	ab,VF,1	46 (kurang stabil)	2.81	0.29	0.97	0.79	2.06
5.	RSd a (0 - 20 cm)	5.81	1.27	52.1	10.7	15.0	4.3	30.0	82.89	9.40	7.71	LS	sb,F,1	48 (kurang stabil)	3.16	0.77	3.62	1.20	2.19
6.	RSd b (20 - 40 cm)	14.01	1.26	52.5	5.3	11.3	5.5	29.1	80.67	8.69	10.64	LS	sb,F,1	66 (agak stabil)	2.69	0.19	1.42	0.64	1.76

Keterangan:

1. LO = Latosol Darmaga; LS = Latosol Semplak; RSd = Regosol Sindangbarang
2. PT = pori tanah; PDSC = pori drainase sangat cepat; PDC = pori darinase cepat; PDL = pori drainase lambat; PM = pori makro
3. C = clay = liat; LS = loamy sand = pasir berlempung
4. ab = angular blocky = gumpal menyudut; sb = subangular blocky = gumpal membulat; F = fine = halus; VF = very fine = sangat halus; 1 = lemah; 2 = cukup (menunjukkan tingkat perkembangan struktur)

mempunyai nilai indeks stabilitas tertinggi (71, stabil), kemudian berturut-turut disusul Regosol Sindangbarang b (66, agak stabil), Latosol Semplak a (51, agak stabil), Regosol Sindangbarang a (48, kurang stabil), Latosol Semplak b (46, kurang stabil), dan terendah Latosol Darmaga b (28, tidak stabil). Urutan ini nampaknya sesuai dengan tingkat perkembangan struktur di lapangan.

Pembentukan agregat yang membangun struktur tanah sangat ditentukan oleh kadar bahan organik, jumlah dan jenis liat, jenis kation yang mendominasi kompleks jerapan, dan adanya zat-zat penyemen.

Menurut Soepardi (1979) ion Na cenderung mendispersi tanah, sedangkan Ca dan Mg menjonjotkan tanah. Penjonjotan tersebut merupakan tahap awal dari pembentukan agregat. Lebih lanjut William (1935) dalam Herudjito (1979) menyatakan bahwa campuran bahan organik koloid dan Ca merupakan penyemen berkelompoknya granul-granul. Demikian pula menurut Peterson (1947) dalam Herudjito (1979) bahwa Ca dapat membentuk ikatan antara bahan organik dan liat yang dapat digambarkan:

Liat - Ca - OOC - R - OOC - Ca - liat

Sedang menurut Kohl dan Taylor (1961) dalam Herudjito (1979) ikatan hidrogen antara kelompok karbonil bahan organik dengan liat merupakan mekanisme pengikatan partikel liat menjadi agregat mikro (<u>clay domains</u>)

Agregat mempunyai indeks stabilitas yang berbeda karena adanya perbedaan ikatan antar partikel tanah. Ikatan intergranuler yang disebabkan oleh miniskus air jauh lebih lemah dibandingkan ikatan intergranuler yang disebabkan adanya humus atau liat terflokulasi ataupun dibanding ikatan peripherical yang terbentuk dari kapur - semen.

Bobot Isi

Bobot isi merupakan refleksi dari tekstur dan struktur tanah. Regosol Sindangbarang a dan b mempunyai bobot isi lebih besar dibanding Latosol Darmaga a dan b serta Latosol Semplak a dan b. Pada

Latosl Darmaga, lapisan a mempunyai bobot isi lebih kecil dibanding lapisan b. Sedang pada Latosol Semplak dan Regosol Sindangbarang, lapisan a mempunyai bobot isi yang hampir sama dengan lapisan b.

Jika bobot isi tanah sudah diperoleh, maka pori total tanah dapat ditentukan.

Porositas

Selain pori total, yang lebih diharapkan untuk menjelaskan proses pergerakan air dan udara dalam tanah adalah distribusi pori.

Jumlah pori total Regosol Sindangbarang lebih rendah dibanding kedua jenis tanah lainnya yang mempunyai kelas tekstur yang lebih halus. Tetapi Latsosol Semplak yang mempunyai kelas tekstur lebih halus (kandungan liatnya lebih besar) dibanding Latosol Darmaga mempunyai pori total yang lebih rendah. Dengan demikian pori total tidak hanya ditentukan oleh tekstur saja, tetapi mungkin oleh tekstur dan struktur secara bersama-sama (simultan).

Distribusi pori ke 6 unit tanah menarik untuk dibahas. Regosol Sindangbarang a dan b yang mempunyai pori total lebih rendah dari Latosol Darmaga a da b serta Latosol Semplak a dan b ternyata mempunyai pori makro (gabungan antara pori drainase sangat cepat, cepat, dan lambat) berkisar 1½ sampai 3 kali tanah lainnya. Regosol Sindangbarang lapisan a mempunyai jumlah pori makro yang hampir sama dengan lapisan b, sedangkan pada Latosol Darmaga dan Semplak lapisan a mempunyai pori makro jauh lebih tinggi dibanding lapisan b.

Hantaran Hidraulik

Dari hasil penetapan diperoleh bahwa Regosol Sindangbarang b mempunyai nilai hantaran hidraulik tertinggi yaitu 14.01 cm/jam (cepat), dan terendah pada Latosol Darmaga b yaitu 0.81 cm/jam (sangat lambat). Hantaran hidraulik lainnya berturut-turut Regosol Sindangbarang a (5.81 cm/jam, sedang), Latosol Darmaga a (5.37 cm/ja, sedang), Latosol Semplak a (4.80 cm/jam, sedang), Latosol Semplak b (1.25 cm/jam, lambat).

Hubungan hantaran hidraulik dengan tekstur. Hasil percobaan menunjukkan hubungan antara kedua sifat fisik ini tidak jelas. Regosol Sindangbarang yang teksturnya lebih kasar dibandingkan kedua jenis tanah lainnya mempunyai nilai hantaran hidraulik yang lebih tinggi. Tetapi Regosol Sindangbarang a yang teksturnya sedikit lebih kasar daripada Regosol Sindangbarang b ternyata mempunyai nilai hantaran hidraulik yang jauh lebih kecil. Demikian pula pada Latosol Darmaga dan Semplak yang mana lapisan a mempunyai nilai hantaran hidraulik yang lebih tinggi dibanding lapisan b meskipun tekstur kedua lapisan tersebut hampir sama.

Hubungan hantaran hidraulik dengan bobot isi. Hubungan kedua sifat fisik ini juga tidak menunjukkan pola yang jelas. Regosol Sindangbarang yang mempunyai bobot isi lebih besar dari kedua jenis tanah lainnya mempunyai hantaran hidraulik yang lebih tinggi, tetapi lapisan a mempunyai hantaran hidraulik yang jauh lebih rendah dibanding lapisan b meskipun kedua lapisan tersebut mempunyai bobot isi yang hampir sama. Sebaliknya pada Latosol lapisan a mempunyai nilai hantaran hidraulik yang lebih tinggi dibanding lapisan b dalam keadaan bobot ini kedua lapisan tersebut hampir sama.

Hubungan hantaran hiaraulik dengan porositas. Porositas dapat dinilai dari pori total atau dari distribusi perinya.

Serupa dengan bobot isi, pori total tidak menunjukkan adanya hubungan yang erat dengan hantaran hidraulik. Hal ini mudah dimengerti karena pori total ditentukan oleh bobot isi. Sebagai contoh Regosol Sindangbarang a mempunyai nilai hantaran hidraulik yang lebih tinggi daripada Regosol Sindangbarang b padahal keduanya mempunyai pori total yang hampir sama, sebaliknya Latosol Semplak dan Darmaga lapisan a mempunyai hantaran hiraulik yang lebih tinggi dibanding lapisan b padahal pori total kedua lapisan tersebut hampir sama.

Sekarang mari kita lihat hubungan antara distribusi pori dengan hantaran hidraulik. Pori-pori yang mudah melewatkan air terdiri dari pori drainase sangat cepat, cepat dan lambat, seringkali gabungan dari pori-pori tersebut dikenal sebagai pori makro ($>$ 8.6 mikron). Pori makro inilah yang ternyata berperanan dalam gerakan air dalam tanah pada percobaan ini.

Secara keseluruhan tampak adanya hubungan antara pori makro dengan hantaran hidraulik dengan pola semakin tinggi pori makronya maka nilai hantaran hidrauliknya makin meningkat. Penyimpangan dari pola ini hanya dijumpai pada Regosol Sindangbarang dimana lapisan b yang mempunyai pori makro yang lebih rendah daripada lapisan a ternyata mempunyai hantaran hidraulik yang jauh lebih tinggi (hampir 3 kali). Ditinjau dari bobot isi, pori total, dan tekstur kedua lapisan ini mempunyai sifat yang hampir sama sehingga perbedaan hantaran hidraulik tersebut diperkirakan bukan disebabkan oleh sifat-sifat fisik tersebut. Yang berbeda dari kedua lapisan ini adalah indeks stabilitasnya dimana lapisan a mempunyai indeks stabilitas yang lebih rendah dibanding lapisan b. Sifat inilah yang diperkirakan merupakan penyebab utama perbedaan nilai hantaran hidraulik tersebut. Kemungkinan lain seperti pengembangan tanah ada tetapi karena kandungan liatnya rendah maka pengaruh pengembangan tersebut bukan merupakan faktor yang menentukan.

Agregat yang indeks stabilitasnya rendah mudah mengalami disagregasi (pecahnya agregat menjadi agregat yang lebih kecil) dan dispersi (terlepasnya butir-butir tanah dari agregat atau butir tanah lainnya) jika mengalami pembasahan atau goncangan. Jika terjadi disagregasi dan atau dispersi maka akan menurunkan nilai hantaran hidrauliknya.

<u>Hubungan hantaran hidraulik dengan struktur tanah</u>. Hubungan antara struktur tanah dengan hantaran hidraulik tidak dapat dibahas secara memuaskan karena pengamatan struktur di lapangan hanya memberikan data kualitatif. Data yang ditetapkan secara kualitatif masih dapat digunakan meski sering memberikan hasil yang kurang memuaskan karena banyak dipengaruhi oleh faktor subyektivitas.

Herudjito (1979) mengemukakan bahwa struktur tanah dapat dipelajari dari 2 aspek: