

PENUNTUN PRAKTIKUM FISIKA TANAH

OLEH

DR. SITI MASREAH BERNAS.
PROF. DR. ROBIANTO HENDRO SOESANTO.
DR. SATRIA JAYA PRIATNA
DR. MOMON SODIQ IMANUDDIN
IR. BAKRI, M.Si.

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
BIDANG PEMINATAN ILMU TANAH
JURUSAN TANAH

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2015

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah S.W.T. karena berkat rahmat-Nya penuntun praktikum ini dapat diselesaikan dengan baik.

Susunan dari bahan praktikum semaksimal mungkin disesuaikan dengan bahan yang diajarkan dalam mata kuliah Fisika Tanah. Metoda dalam analisa tanah disitir dari beberapa buku teori fisika tanah dan juga metoda analisa fisika tanah lainnya. Bahan praktikum ini juga disesuaikan dengan peralatan yang ada di Laboratorium Fisika Tanah, baik yang dirancang sendiri seperti alat pengukur hidraulik konduktifiti, pengayakan agregat basah dan juga alat dari luar negeri seperti pF meter atau alat pengukur potensi air tanah, permeameter, tensiometer dsb.

Dengan adanya praktikum Fisika Tanah ini diharapkan mahasiswa dapat lebih mendalami dan memahami teori yang telah diberikan dan dapat melaksanakannya secara akurat dan benar.

Demikianlah atas perhatian dan kerjasama kami sebagai penyusun mengucapkan banyak terima kasih, tentu saja keritik dan saran selalau kami harapkan untuk perbaikan bahan praktikum ini.

Hormat kami,
Penyusun

(Dr. Siti Masreah Bernas)

DAFTAR ISI

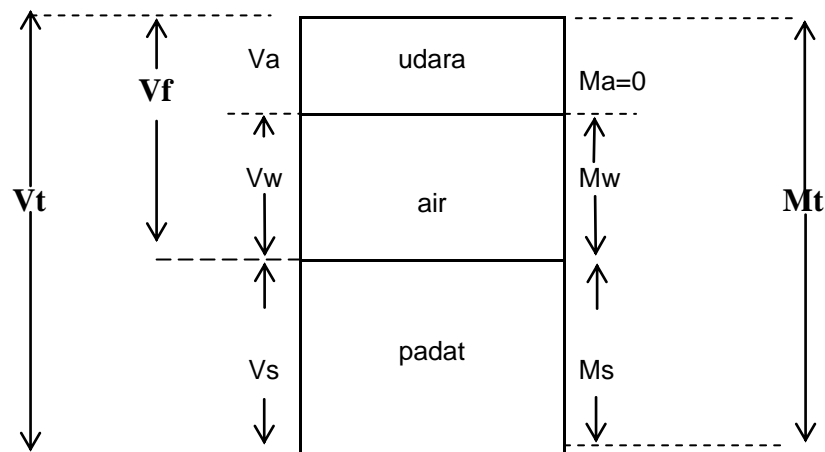
KATA PENGANTAR.....	2
1. ANALISA BAHAN PADAT, CAIR DAN UDARA TANAH.....	4
2. SEBARAN BUTIRAN AGREGAT TANAH.....	10
3. ANALISA SEBARAN BUTIR PRIMER TANAH (TEKSTUR TANAH .	18
4. KEKERASAN TANAH (SOIL STRENGTH)	21
5. KEGEMBURAN TANAH (SOIL FRIABILITY).....	23
6. DISPERSI LIAT SECARA MEKANIK DAN SPONTAN.....	24
7. PENGUKURAN KADAR AIR DAN UKURAN PORI TANAH.....	25
8. PERMEABILITAS DAN HYDRAULIC CONDUCTIVITY (DAYA HANTAR AIR) di LABORATORIUM.....	31
9. PERMEABILITAS DAN HYDRAULIC CONDUCTIVITY (DAYA HANTAR AIR) DI LAHAN KERING DAN BASAH.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	58

PRAKTIKUM 1.

ANALISA BAHAN PADAT, CAIR DAN UDARA TANAH

a. Teori

Tanah merupakan suatu system yang terbentuk secara alami yang biasanya terdiri dari tiga fase yaitu bahan padat, cair dan udara. Bahan padat berupa mineral dan bahan organik, dimana untuk tanah mineral hanya mengandung bahan organik <5% di lapisan atas dan semakin ke lapisan dalam maka kandungan bahan organik semakin menurun. Bahan cair dan udara akan menempati ruang pori di tanah secara bersama, bila 40% ruang pori diisi air maka 60% akan terisi udara demikian sebaliknya. Bahan padat di tanah dapat diukur berdasarkan volume (V_s) dan berat (W_s), demikian juga dengan bahan cair (V_w atau w), sedangkan udara tanah hanya dinyatakan dalam bentuk volume (persen atau satuan) dengan symbol V_a atau f (total ruang pori). Berikut gambar skema hubungan 3 fase di tanah dan beberapa rumus yang menyatakan hubungan antara bahan padat, cair dan udara tanah :



Gambar 1. Skema diagram hubungan di tanah sebagai sistem 3 fase (Daniel, 1982)

1. Density of Solids (kerapatan zarah) ρ_s

$$\rho_s = M_s / V_s \quad (1.1)$$

2. Dry Bulk Density (ρ_b)(Kerapatan Isi)

$$\rho_b = M_s / V_t = (V_s + V_a + V_w) \quad (1.2)$$

3. Porosity (f)

$$f = V_f / V_t = (V_a + V_w) / (V_s + V_a + V_w) \quad (1.3)$$

4. Void Ratio (Perbandingan Ruang Pori) (e)

$$e = (V_a + V_w) / V_s = V_f / (V_t - V_f) \quad (1.4)$$

5. Soil Wetness (Kadar air tanah)

a. Mass Air (w)

$$w = M_w / M_s \quad (1.5)$$

b. Volume Air (θ)

$$\theta = V_w / V_t = V_w / (V_s + V_t) \quad (1.6)$$

c. Degree of Saturation (s) (Derajat Kejenuhan air)

$$s = V_w / V_f = V_w / (V_a + V_w) \quad (1.7)$$

6. Air-Filled Porosity (Pori berisi udara) f_a

$$f_a = V_a / V_t = V_a / (V_w + V_a + V_s) \quad (1.8)$$

7. Additional Interrelations (Hubungan lainnya) :

(1) Perbandingan antara (Ruang Pori Total) dan void ratio (Perbandingan Pori):

$$e = f / (1 - f) \quad (1.9)$$

$$f = e / (1 + e) \quad (1.10)$$

(2) Perbandingan antara Volume Kadar Air dengan Derajat Kejenuhan Air:

$$\theta = sf \quad (1.11)$$

$$s = \theta / f \quad (1.12)$$

(3) Relation between porosity and bulk density:

$$f = (\rho_s - \rho_b) / \rho_s = 1 - \rho_b / \rho_s \quad (1.13)$$

$$\rho_b = (1 - f) \rho_s \quad (1.14)$$

(4) Relation between mass wetness and volume wetness:

$$\theta = w \rho_b / \rho_w \quad (1.15)$$

$$w = \theta \rho_w / \rho_b \quad (1.16)$$

ρ_w adalah kerapatan air (M_w / V_w), sama dengan 1 g / cc.

(5) Hubungan antara volume kadar air, kadar udara tanah dan derajat kejenuhan air tanah:

$$f_a = f - \theta = f(1 - s) \quad (1.17)$$

$$\theta = f - f_a \quad (1.18)$$

Dari rumus di atas maka dalam praktikum ini mahasiswa diharuskan untuk mengukur bahan padat, cair dan pori yang ada di dalam tanah dari berbagai lokasi yaitu lokasi kebun percobaan, lokasi Arboretum dan lokasi lahan lebak.

b. Tujuan dan manfaat dari praktikum ini :

1. Mahasiswa/i dapat menggunakan alat secara benar dan teliti.
2. Mahasiswa/i dapat melakukan pengambilan sampel secara benar dan teliti.
3. Mahasiswa dapat mengetahui cara pengukuran bahan padat, cair dan udara di sampel tanah.
4. Mahasiswa dapat membandingkan perbedaan yang terjadi bila sampel tanah diambil dari lokasi dan penggunaan lahan yang berbeda.
5. Mahasiswa dapat membuat laporan yang berisi data dan kajian yang ilmiah.

c. Alat yang harus disiapkan :

1. Ring sampel setiap orang 6 ring sampel.
2. Pisau lapang
3. Cangkul atau skop.

d. Pengambilan Contoh Tanah :

1. Ambil contoh tanah utuh lapisan atas tanah 0 – 30 cm dan lapisan bawah 30-60 cm dengan ring sampel, setiap satu lapisan ambil 2 dengan ring sampel, beri kode masing-masing ring dan catat semua informasi tempat pengambilan sampel tanah.
2. Ambil juga tanah dari setiap lapisan sebanyak sekitar 3 kg masukkan dalam kantong plastic (*untuk analisa lanjut*).
3. Tanah dari 2 lapisan diambil dengan cangkul atau skop dalam bentuk bongkahan sebanyak 2 kg (*pisahkan dengan No. 2*).

e. Metoda Pengukuran :

1. Timbang semua tanah beserta ring sampel satu contoh ring dari tiap lapisan masukkan dalam oven 105°C selama 24 jam.

2. Satu ring lagi dari tiap lapisan masukkan dalam nampan untuk dijenuhkan selama 24 jam, dibawah ring diberi kain kasa agar tanah tidak keluar ring atau runtuh.
3. Dari tanah dalam ring sampel tersebut maka hitunglah :
 - a. Ruang pori total (f) dengan metode penjenuhan dengan air dan menggunakan rumus (1.13).
 - b. Hitung juga pori berisi udara (f_a).
 - c. Kadar air berdasarkan massa (w) dan kadar air berdasarkan volume (θ), serta derajat kejenuhan basah (s).
4. Setelah diketahui kadar air dan kerapian isi masing-masing lapisan tanah, maka hitunglah berapa banyak kandungan air (liter) per m^2 di tiap lahan sampai kedalaman 90 cm.

LAPORAN PRAKTIKUM 1.
ANALISA BAHAN PADAT, CAIR DAN UDARA TANAH

.....

a. Hasil analisa kadar air, kerapatan isi, dan ruang pori

.....

Tabel 1. Data hasil analisa

Sifat Fisik Tanah	Tanah Kebun Percobaan	Tanah Arboretum	Tanah Lebak
Ruang pori total (jenuh air)			
Ruang pori total (rumus)			
Ruang pori total berisi udara (fa)			
Kadar air (massa)			
Kadar air (volume)			
Derajat kejenuhan (s)			
Jumlah air (liter) pd kedalaman 90 cm			

b. Pembahasan

.....

c. Kesimpulan dan Saran

PRAKTIKUM 2.

SEBARAN BUTIRAN AGREGAT (STRUKTUR) TANAH

a. Teori

Agregat atau struktur tanah didefinisikan sebagai pengelompokan butir-butir primer tanah oleh bahan pengikat semen seperti bahan organik, basa-basa tanah, dan kation lainnya yang di dalamnya terdapat ruang pori serta dibatasi oleh bidang belah alami. Sebenarnya agregat dapat berukuran dari sangat kecil (mikroskopik) sampai sangat besar (bongkah). Agregat dengan ukuran mikroskopik dapat juga terbentuk tanpa bantuan bahan pengikat seperti domain liat, dimana dapat berikatan satu dengan lainnya sebagai akibat pinggiran kristal yang bermuatan positif dan lempengan yang bermuatan negatif. Pengukuran agregat yang banyak dilakukan adalah berdasarkan bentuk, ukuran, orientasinya serta kemantapan agregat.

Butiran agregat secara alami akan sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, basa-basa tanah, kandungan liat, besi, kadar air tanah. Dimana sifat dan ciri tanah yang sangat berhubungan dengan fisik dan kimia tanah secara langsung akan mencirikan agregat tanah tersebut. Sebagai contoh Tanah Andosol (Inseptisol), Vertisol, Mollisol akan mempunyai agregat granular (berbutir-butir) dan lepas terutama di lapisan olah (atas). Sedangkan tanah Ultisol, Alfisol, Latosol akan mempunyai agregat sekitar bloky sampai prismatic dan kompak. Di tanah Alluvial (Inseptisol) dan Colluvial banyak dijumpai agregat lempeng atau massive, karena merupakan hasil endapan dan tanah-tanah yang baru terbentuk sehingga perkembangan agregat sangat lemah (belum matang).

Ukuran agregat dari mikro sampai bongkah secara rinci disajikan pada Tabel (Dexter, 1988 dan Oades, 1986). Ukuran agregat dari kecil sampai bongkah, serta proses pembentukannya sudah banyak diteliti. Tentu saja yang paling mewakili atau dapat menggambarkan secara langsung keadaan agregat di dalam tanah adalah dengan sistem "Micro section" atau melihat agregat di bawah mikroskop setelah tanah yang dikeraskan dengan resin dan dipotong tipis sampai beberapa micron.

Tabel 1. Hubungan ukuran partikel, agregat, pori dan biota yang berperanan (Dexter, 1988).

Partikel primer	liat	debu	pasir	kerikil	batu	→
Kelompok partikel	domain	clusters	Agregat mikro	agregat	bongkah	→
Pori	Pori mikro	Pori meso	Pori makro	→		
Biota	bakteri	Hifa cendawan/ rambut akar	akar	cacing	Tikus, laba-laba dll	→
m	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}
10						10^{-1}

Di laboratorium agregat biasanya diukur langsung dilakukan dengan pengayakan, apakah di ayak dalam air atau di ayak dalam keadaan kering. Tetapi agregat tanah yang di ayak dalam keadaan kering kadang-kadang juga tidak mewakili ukuran sebenarnya, karena adanya gesekan dengan ayakan. Bila terlalu lama kadang-kadang agregat cenderung menjadi bundar sebagai akibat gesekan tersebut. Sehingga dalam penelitian yang menggunakan agregat kering, biasanya dilakukan pengayakan hanya selama satu menit.

b. Tujuan Praktikum ke 2

1. Mahasiswa dapat menggunakan alat ayakan basah dan kering secara benar dan teliti.
2. Mahasiswa dapat mengukur sebaran ukuran agregat dan kualitasnya.
3. Mahasiswa dapat membandingkan dan mengetahui mengapa sebaran agregat basah dan kering berbeda.
4. Mahasiswa dapat membahas hasil sebaran ukuran agregat yang diambil dari lokasi dan kedalaman yang berbeda.

c. **Metoda Pengukuran Dengan Pengayakan Agregat Basah atau Kering :**

Pengayakan dilakukan dengan dua cara yaitu kering dan basah, setelah pengayakan nanti bandingkan banyaknya agregat dari masing-masing rerata ukuran ayakan.

1. Tanah diambil dari lapangan secara utuh kemudian dipecahkan dengan tangan, ini dilakukan agar pecahan agregat terjadi secara alami (bidang belah alami terjaga). Pengambilan tanah dilakukan harus cukup banyak untuk setiap kali pengukuran, yaitu sekitar 1 kg (dari Praktikum 1).
2. Tanah tersebut dikeringkan anginkan selama 1 minggu atau dikeringkan di oven selama 24 jam pada temperatur 30°C, kemudian di ayak dengan ukuran 10 mm.
3. Kemudian tanah dimasukkan ke dalam ayakan dari berbagai ukuran, yang paling atas biasanya 5 mm, disusul oleh 1; 0,25 dan 0,125 mm (utk praktikum), walau boleh ukuran lainnya tergantung pada kebutuhan yang di inginkan.
4. Selanjutnya tanah yang berada di tiap ayakan ditimbang, dan dihitung berapa "mean weight diameter" atau diameter berat rerata tanah dengan rumus sebagai berikut :

$$X = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

Dimana x_i = rata-rata diameter ukuran agregat.

w_i = berat semua agregat dalam ayakan tersebut.

5. Diameter agregat dihitung dengan cara menambahkan ukuran ayakan bagian atas dan bagian bawah kemudian dibagi dua. Seperti contoh kalau kita menggunakan ayakan dengan lubang ayakan sebesar 5 mm, 1 mm, 0,25 mm dan 0,125 mm dan tanah dari lapangan di ayak dengan ayakan 10 mm. Maka diameter agregat pada ayakan:
 - a) 5 mm = (5 + 10)/2 = 7,5 mm.
 - b) 1 mm = (1+5)/2 = 3 mm.

- c) $0,25 \text{ mm} = (0,25+1)/2 = 0,625 \text{ mm}$.
 - d) $0,125 \text{ mm} = (0,125+0,25)/2 = 0,315 \text{ mm}$.
 - e) $<0,125 \text{ mm} = (0,125+0)/2 = 0,0625 \text{ mm}$.
6. Kalau berat tanah masing-masing di ayakan adalah : 40, 50, 30, 10, dan sisanya 25 maka diameter berat rerata tanah di masing-masing ayakan adalah:
- a) $7,5 \text{ mm} \times 40 \text{ g} = 300 \text{ mmg}$.
 - b) $3 \text{ mm} \times 50 \text{ g} = 150 \text{ mmg}$.
 - c) $0,625 \text{ mm} \times 30 \text{ g} = 18,75 \text{ mmg}$.
 - d) $0,315 \text{ mm} \times 10 \text{ g} = 3,15 \text{ mmg}$.
 - e) $0,0625 \text{ mm} \times 25 \text{ g} = 1,56 \text{ mmg}$.

Dari masing-masing agregat yang didapatkan, coba kelompokkan antara agregat makro, mikro dan $<0,125 \text{ mm}$ (sebagai agregat sangat halus), dimana semakin tinggi jumlah agregat sangat halus maka semakin tidak stabil tanah tersebut. Buatlah grafik (Kolum) untuk setiap ukuran agregat dan bandingkan antar lokasi pengambilan sampel, bahas bila ada perbedaan.

d. Metoda Pengukuran Individu Agregat dengan menggunakan getah karet (Latex)

Metode ini masih belum banyak digunakan walaupun caranya cukup sederhana. Kelebihan metode ini adalah dapat mengukur berat, volume dan diameter individu agregat secara akurat. Kekurangannya memakan waktu lebih lama dan perlu ketelatenan, kemungkinan juga lebih mahal apalagi kalau bukan negara penghasil latex. Namun di negara kita pengukuran individu agregat dengan cara ini murah dan mudah untuk dilakukan.

e. Tujuan

1. Mahasiswa dapat mengetahui cara pengukuran agregat dengan getah lateks

2. Mahasiswa dapat mengetahui sebaran dan berat agregat secara rinci tanpa rusak atau dalaman ke adaan alami.
3. Mahasiswa dapat membandingkan dan membahas mengapa terjadi perbedaan yang besar antara agregat hasil ayakan kering dan yang hasil dicelupkan dengan getah karet (latex)

f. **Metoda :**

Penyiapan Contoh Agregat Tanah

1. Pilih tanah dengan kandungan liat, bahan organik, basa-basa yang berbeda, pilih salah satu bila tidak mendapatkan semua tanah-tanah tersebut, misal yang lebih mudah dengan kandungan bahan organik dan liat yang berbeda.
2. Ambil tanah dalam bentuk bongkahan dari lapangan sesuai kebutuhan, pecahkan tanah tersebut lalu kering anginkan atau kering oven. Setelah kering pisahkan agregat dengan tangan menurut ukuran masing-masing.

Penyiapan bahan latex :

3. Latex (getah karet) yang segar dan telah dicampur dengan ammonia disiapkan dan selalu ditutup, agar tidak menguap karena penguapan akan menyebabkan latex menjadi kering. Ammonia penting untuk mempertahankan agar pH latex sekitar 10 dan latex tetap dalam keadaan cair atau tidak terjadi pembekuan (koagulasi). Campuran latex ammonia ini sebaiknya disimpan dalam lemari pendingin sehingga dapat digunakan lagi.
4. Sediakan benang dan rak tempat menggantungkan agregat pada waktu pengeringan.
5. Ambil agregat tanah yang sudah kering (1), kemudian timbang dan ikatlah dengan benang.
6. Setelah itu celupkan agregat tersebut ke dalam latex campur ammonia dan ikatlah di rak yang sudah disediakan, dan keringkan sekitar 24 jam pada temperatur kamar (tidak perlu di jemur). Pada waktu penjemuran jangan berdempetan satu agregat dengan lainnya.

7. Setelah kering ukurlah diameter agregat dan apa bentuknya.
8. Kemudian untuk mengukur volume agregat tersebut, celupkan agregat dalam gelas ukur yang berisi air dan catatlah berapa banyak air yang dipindahkan (sama dengan volume agregat).
9. Lakukan ini untuk setiap kelompok ukuran agregat dan setiap kelompok diukur sebanyak minimal 5 butir agregat.

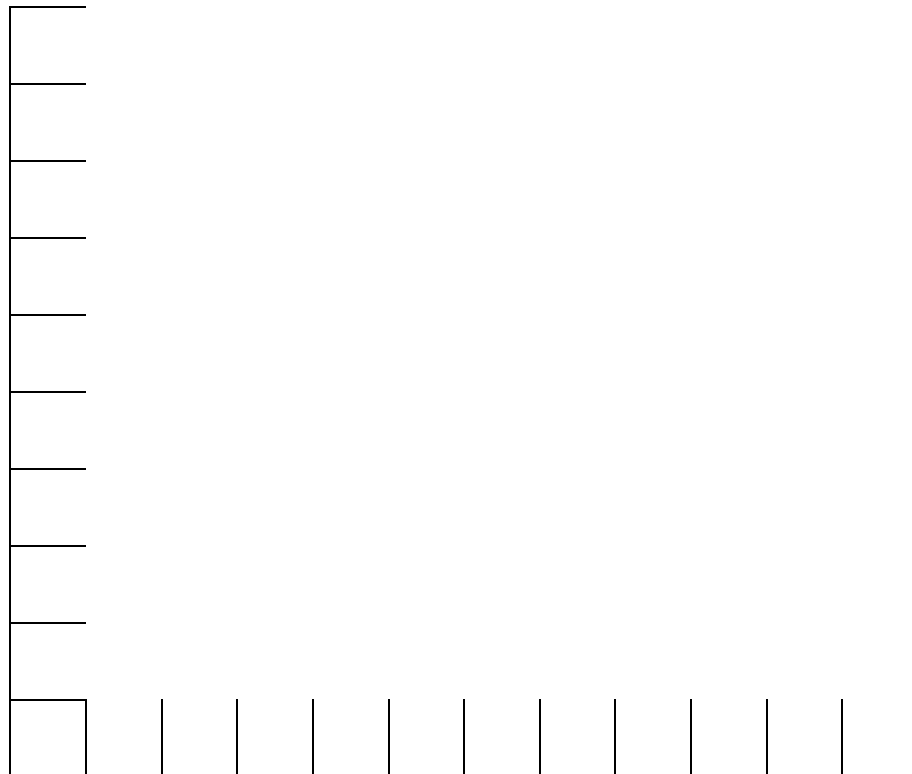
Bandungkan hasil yang saudara dapat ini dengan metoda pengayakan kering, bahas mengapa beda. Pada tanah-tanah tertentu bedanya hanya sedikit tetapi tanah lain dapat berbeda sangat banyak.

Buatlah kurva dengan berat versus volume atau diameter dari kedua metoda tersebut.

LAPORAN PRAKTIKUM 2.
SEBARAN BUTIRAN AGREGAT (STRUKTUR) TANAH

.....

Tabel Hasil pengukuran ukuran agregat tanah



Pembahasan

Kesimpulan

Praktikum 3.

ANALISA UKURAN BUTIR PRIMER TANAH ATAU TEKSTUR TANAH

a. Teori

Butir primer tanah merupakan bahan kerangka (skeleton) tanah mudanya hanya butir pasir, debu dan liat tanpa bahan semen lainnya seperti bahan organik, Ca, Mg dan basa-basa lainnya, atau Al,Fe dan dst. Sehingga tekstur didefinisikan sebagai perbandingan relative dari butir-butir primer tanah (pasir,debu dan liat) yang dinyatakan dalam persen. Ukuran dari masing-masing butir primer (partikel) tanah menurut klasifikasi Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) dan International Soil Science Society (ISSS) atau Himpunan Ilmu Tanah Internasional disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 . Klasifikasi ukuran partikel tanah

Sistem USDA (Departemen Pertanian USA)		Sistem ISSS (International Soil Science Society)	
Partikel	Ukuran (mm)	Partikel	Ukuran (mm)
Pasir sangat kasar	2 - 1,00	Pasir kasar	2,00 – 0,20
Pasir kasar	1 - 0,50	Pasir halus	0,20 – 0,02
Pasir sedang	0,5 - 0,25	Debu	0,02 – 0,002
Pasir halus	0,25- 0,10	Liat	<0,002
Psr sgt halus	0,10- 0,05		
Debu	0,05- 0,002		
Liat	<0,002		

Dalam analisa tekstur tanah maka perlakuan utama adalah menghilangkan bahan-bahan semen yang ada di tanah, dengan cara menambahkan bahan oxidant seperti hydrogen peroksida (H_2O_2), natrium hipoklorida, atau kalium permanganate atau calgon. Serta diikuti dengan pemanasan untuk menghilangkan bahan organik. Selanjutnya bahan-bahan oksida besi, karbonat dan garam-garam terlarut juga harus dihilangkan.

Selanjutnya untuk memisahkan antar butir primer maka dilakukan secara kimia dan fisika, secara kimia dengan natrium dan secara mekanik dengan di aduk dengan mixer atau didispersikan dengan ultrasonic (Gee and Bauder, 1986).

Ada 3 metoda pengukuran partikel tanah yaitu pengayakan, pipet dan Hydrometer. Metode pengayakan biasanya lebih sesuai digunakan untuk butir primer yang kasar seperti pasir, namun demikian butiran pasir biasanya tidak bulat atau persegi sama sisi, kadang lebih panjang dan bentuk tidak beraturan, sehingga seharusnya lolos pada ukuran tertentu tetapi tetap di ayakan, ini kelemahan metode pengayakan. Sehingga metoda paling teliti adalah system pengendapan. Rumus yang digunakan untuk pengendapan butiran di dalam cairan menurut Hukum Stoke sbb :

$$t = 18h\eta/d^2g(\rho_s - \rho_w)$$

dimana :

t = lama pengendapan

h = dalamnya partikel di endapkan pada waktu t.

CONTOH PENYELESAIAN SOAL FISIKA TANAH LANJUTAN :

1. Hitung waktu yg dibutuhkan untuk mengendapkan semua partikel pasir >50 μm untuk mengendap sampai ke kedalaman 20 cm dalam air pada temp 30°C. Berapa lama untuk partikel debu mengendap? Dan berapa lama utk partikel liat kasar >1 μm ?

Jawab:

Gunakan Hukum Stoke dimana $t = 18h\eta/d^2g(\rho_s - \rho_w)$

Masukkan nilai kedalaman (h) = 20 cm

Kekentalan (η) = 0,008 g/cm dtk.

Diameter partikel (d) = (50 μm , 2 μm , dan 1 μm) utk batas nilai terendah pasir, debu dan liat kasar.

Gaya gravitasi (g) = 981 g/dtk

Kerapatan jenis partikel (ρ_s) = 2,65 g/cm³

Kerapatan air (ρ_w) = 1 g/cm³

Dengan demikian :

- a. Utk semua pasir mengendap sehingga dilarutan hanya ada debu dan liat (t) =

$$\frac{18 \times 20 \times (8 \times 10^{-3})}{(50 \times 10^{-4})^2 \times 981 \times (2,65 - 1)}$$

Maka (t) sekitar 71 detik.

- b. t untuk debu =

$$\frac{18 \times 20 \times (8 \times 10^{-3})}{(2 \times 10^{-4})^2 \times 981 \times (2,65 - 1)}$$

Maka (t) sekitar 44500 detik atau 12,36 jam.

- c. t untuk liat ukuran 1 μm =

$$\frac{18 \times 20 \times (8 \times 10^{-3})}{(1 \times 10^{-4})^2 \times 981 \times (2,65 - 1)}$$

Maka (t) sekitar 178000 detik atau 49,44 jam.

PRAKTIKUM 4. KEKERASAN TANAH (TENSILE STRENGTH)

Kekerasan tanah atau kekuatan tensil tanah merupakan merupakan manifestasi kohesi tanah. Karena itu mudah-tidaknya suatu tanah dipecahkan, retak atau belah akan tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kohesi tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tensil tanah adalah :

1. Kandungan air (Kemper dan Rosenau, 1984)
2. Bahan organik dan liat (Kemper, *et. al.*, 1987),
3. Kejenuhan liat oleh K, Fe, Na, Al, dan Ca (Dowdy dan Larson, 1971),
4. Serta tipe liat, ukuran liat, kapasitas tukar kation liat (Barzegar, *et. al.*, 1995).

Kalau ingin melihat bagaimana faktor-faktor di atas dapat mempengaruhi kekerasan tanah, maka sampel yang anda gunakan harus berbeda kandungan bahan organik, liat serta tipe liat dan juga kadar airnya.

Pengukuran dilakukan dengan alat penetrometer, alat ini secara garis besar ada 2 tipe yaitu untuk pengukuran di lapangan atau alat yang menggunakan penekanan dengan dua bidang datar antar agregat yang akan diukur. Di lapangan biasanya yang digunakan adalah dengan ujung yang runcing. Lihat gambar berikut untuk kedua tipe tersebut.

Ada juga alat penetrometer buatan Jepang yang dapat digunakan untuk mengukur kekerasan tanah sampai kedalaman 60 cm di lahan. Alat tersebut cukup mewakili bila ingin mengetahui kekerasan tanah, dan dihubungkan dengan kedalaman akar tanaman dan juga dihubungkan dengan lapisan krokos atau lapisan tapak bajak.

Cara Mengukur Kekerasan Agregat Tanah Alami di Laboratorium :

1. Ambil tanah dari lapangan dan kering anginkan selama 3 sampai 7 hari tergantung musim, pada saat kemarau yang kering 3 hari cukup.
2. Pecahkan tanah yang bongkahannya besar agar menjadi agregat yang lebih kecil.

3. Ayaklah menurut ukuran agregat masing-masing dari 8, 5, 3, 2, 1 dan 0,5 mm atau tergantung kebutuhan.
4. Setiap kelompok minimal diukur 15 agregat dan jangan lupa untuk mengukur kadar air setiap kelompok agregat, karena kadar air berbeda untuk setiap kelompok agregat walau dari tanah yang sama.
5. Setelah selesai buatlah kurva antara log volume (m^3) dan kekerasan tanah log (kPa), maka yang akan didapat adalah kurva dengan korelasi negatif.
6. Selanjutnya dengan kurva tersebut dapat diketahui friability atau kegemburan suatu tanah (Utomo dan Dexter, 1981).

Cara Mengukur Kekerasan Agregat Tanah Buatan di Laboratorium :

Ambil tanah dari lapangan dan ayak dengan ayakan ukuran lubang 1 mm.

Ukurlah kadar air tanah tersebut pada pF 2,3 (kapasitas lapang).

Kemudian bentuklah tanah pada kadar air kapasitas lapang, dapat berbentuk bundar atau dicetak dengan alat seperti potongan pipa plastik sekitar 1,5 cm diameter dan tinggi. Gunakan tekanan dan berat tanah yang sama untuk setiap perlakuan dan ukuran.

Untuk melihat pengaruh kadar air, maka letakkan setiap agregat buatan tersebut pada pF yang berbeda dari 0; 1; 1,5; 2; 3 dan 4.

Kemudian ukur kekuatan tensil (kekerasan) tiap agregat dengan menggunakan alat (Gambar).

Buatlah kurva pF versus kekuatan tensil (kPa), bahaslah mengapa kurva yang didapat demikian.

Selain kadar air, faktor lain seperti kandungan bahan organik dan liat dapat di variasikan. Sehingga akan didapat kurva antara kandungan bahan organik dan liat dengan kekuatan tensil tanah. Selanjutnya bahas mengapa kurvanya demikian.

Pengukuran Kekerasan Tanah Di Lapangan :

Dengan menggunakan alat "Fall-cone-type" dimana alat ini mempunyai ujung yang agak runcing dan dengan beban di atasnya sekitar 2 kg. Alat ini dijatuhkan ke tanah dan dihitung berapa kali dijatuhkan untuk setiap ke dalaman

tertentu misal setiap 10 cm. Kekerasan tanah diklasifikasikan berdasarkan pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :

Sangat keras

Keras

Sedang

Lembut

Kekerasan tanah per lapisan tanah sampai kedalaman 60 cm dapat juga di buat plot (grafik) dengan kedalaman sebagai sumbu X dan kekerasan sebagai sumbu Y. Dari gradik dapat dibandingkan kekerasan tanah setiap lapisan dan dapat dijumpai kalau ada lapisan krokos atau tapak bajak.

Lakukan percobaan di lahan terutama lahan kering dan lahan lebak dan bandingkan perbedaannya.

PRAKTIKUM 5. KEGEMBURAN TANAH (SOIL FRIABILITY)

Kegemburan suatu tanah disini didefinisikan sebagai mudah tidaknya tanah untuk dipecahkan menjadi agregat yang lebih kecil setelah digunakan tekanan pada tanah tersebut (Boldman, 1949 *dalam* Utomo dan Dexter, 1981). Bila dibuat kurva antara log (volume) agregat versus kekuatan tensil agregat (kPa), maka akan didapat persamaan garis lurus, dan koefisien arah (k) dari garis tersebut merupakan friabiliti tanah (Utomo dan Dexter, 1981). Klasifikasi friabilitas (kegemburan) tanah menurut kedua author adalah :

- | | |
|--------------------|---------------|
| a. $k < 0,05$ | tidak friabel |
| b. $k = 0,05-0,10$ | agak friabel |
| c. $k = 0,10-0,25$ | friabel |
| d. $k = 0,25-0,40$ | sangat gembur |
| e. $k > 40$ | tidak stabil |

Cara kerja pengukuran kegemburan ata remah tidaknya suatu tanah :

1. Prosedurnya sama dengan pengukuran tensil tanah (lihat point 6).
2. Sampel tanah diambil dari lapisan atas dan untuk membandingkan antar tanah lebih baik kalau tanah diambil dari lahan di bawah pengelolaan yang berbeda dalam waktu yang lama.

3. Tetapi pada kurva tersebut dibuat persamaan garisnya (korelasi), maka akan membentuk persamaan $Y = A + BX$ maka B adalah k (nilai friabiliti). Kemudian saudara klasifikasikan tanah yang didapat seperti di atas.

PRAKTIKUM 6. DISPERSI LIAT SECARA MEKANIK DAN SPONTAN

Dispersi liat terjadi bila liat terurai menjadi butir-butir primer dan larut dalam air sehingga air menjadi keruh. Perinsip pengukurannya adalah mengambil air yang keruh tersebut dan mengukur kandungan liatnya. Secara mekanik artinya kita melakukan agitasi terhadap agregat, sedangkan dispersi spontan adalah tanpa gangguan terhadap agregat tetapi liatnya langsung terdispersi. Secara mekanik dapat diartikan bagaimana pengolahan tanah oleh alat berat dapat mempengaruhi dispersi liat. Sedangkan dispersi spontan dapat menggambarkan tanah-tanah yang sangat tidak stabil, biasanya tanah ini kandungan garamnya sangat tinggi sehingga bila kena hujan tanah akan mudah terdispersi dan dapat dengan mudah membentuk lapisan kerak di permukaan tanah. Terjadi di daerah arid atau mediteran yang biasanya curah hujan lebih kecil dari evapotranspirasi.

a. Metode Pengukuran Dispersi Liat secara Mekanik :

1. Timbang tanah (sudah kering angin) sebanyak 5 gram.
2. Masukkan tanah tersebut kedalam botol plastik dan tutup rapat.
3. Agitasilah (kocoklah) dengan alat shaker end-over-end selama 15 menit atau lebih tergantung kebutuhan tetapi paling lama 1 jam.
4. Kemudian endapkan selama 2 jam.
5. Ambil larutan sedalam 10 cm.
6. Di ukur berdasarkan kekeruhan air tersebut dengan menggunakan Turbidimeter.
7. Tetapi dibuatkan standar larutan liat dahulu dengan cara melarutkan liat ke aquadest pada berbagai konsentrasi.

8. Bila tidak mempunyai liat murni, maka pengukuran dapat dilakukan dengan pengeringan dan penimbangan dengan baker atau piring gelas kecil.

Perhitungan adalah berdasarkan berat liat berberat tanah atau berat liat per berat liat terdispersi per berat liat di tanah.

b. Metode Pengukuran Dispersi Liat secara Spontan :

1. Timbang tanah sebanyak 5 g.
2. Masukkan ke dalam baker 50 cc.
3. Tuangkan aquadest sebanyak 10 cc, tuangkan secara perlahan dari pinggir baker (agak miringkan sedikit supaya air tidak langsung menimpa tanah).
4. Kemudian diamkan selama 2 jam dan ambil larutannya.
5. Pengukuran kandungan liat dilakukan seperti pada cara mekanik di atas.

Bandingkan dispersi pada kedua cara tersebut, dan bandingkan pula tanah-tanah dengan kandungan liat dan bahan organik yang berbeda.

PRAKTIKUM 7. PENGUKURAN KADAR AIR TANAH DENGAN METODA GRAVIMETRIK, KETAHANAN LISTRIK DAN pF-METER.

Metode pengukuran kadar air tanah yang biasa dilakukan adalah Gravimetrik. Merupakan metoda pengukuran kadar air tanah mutlak, dimana tanah di ambil dari lapangan kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C dan ditimbang untuk diketahui kadar airnya.

7.1. Pengukuran Kadar Air Secara Gravimetrik

Caranya :

1. Ambil contoh tanah dari lapangan atau sampel yang akan diukur kadar airnya.

2. Timbang sampel tersebut beserta tempatnya (cawan tembaga) didapat X.
3. Masukkan ke dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam.
4. Setelah itu keluarkan dan masukkan ke dalam eksikator yang terdapat silika gel di dalamnya sampai dingin.
5. Kemudian timbanglah tanah dan tempatnya maka didapat (Y)
6. Bila belum diketahui berat cawan maka bersihkan cawan tersebut dan timbang didapat Z

Perhitungan kadar air (%) :

$$KA = \frac{Y - X}{Y - Z} \times 100\%$$

7.2. Pengukuran Dengan Menggunakan Kotak Ketahanan Listrik

Alat ini menggunakan elektrode yang ditanamkan dalam blok gipsum dan dihubungkan dengan alat recorder. Gipsum merupakan bahan yang poreus, sehingga air yang ada di tanah akan masuk kedalam gipsum dan dibaca oleh recorder. Tetapi gipsum ini mudah rusak sehingga hanya dapat dipakai dalam beberapa kali sudah rusak, tetapi alat ini cukup sederhana dan dapat dibuat dengan mudah dan begitu gipsumnya hancur (rusak) langsung ganti yang baru. Prinsipnya alat ini sensitif terhadap perubahan kadar air di lapangan dan alat ini biasanya digunakan untuk memonitor kadar air tanah dalam beberapa waktu atau musim di lahan yang agak luas.

Gambar Kotak Ketahanan Listrik

Cara Pengukurannya :

1. Tentukan titik pengamatan yang akan di ukur, baik secara horizontal si permukaan tanah maupun berdasarkan ke dalaman tanah (Vertikal).

2. Buatlah lubang untuk memasukkan alat tersebut sesuaikan dengan besarnya, usahakan pas dengan gipsum, atau gipsum dapat menyentuh atau bersinggungan dengan tanah.
3. Tanamkan atau masukkan alat ini di dalam lubang tanah yang akan diukur kadar airnya.
4. Catatlah bacaan pada recorder pada setiap titik pengamatan.
5. Ambil sampel tanah di beberapa titik pengamatan yang sudah diukur, kalau bisa ambil minimal 10 sampel baik dari setiap kedalaman atau titik pengamatan.
6. Ambil tanah yang secara kasab mata kandungan airnya berbeda, paling tidak kadar air tertinggi dan terendah didapatkan.
7. Kemudian ukur kadar air dari point 4 tersebut secara gravimetrik (kering oven).
8. Buatlah kurva dengan Sumbu X sebagai bacaan dari recorder dan Sumbu Y sebagai kadar air. Buatlah persamaan garis lurus $Y = aX + b$.

Berdasarkan persamaan yang saudara dapatkan maka kadar air pada setiap titik pengamatan dapat dicari dengan memasukkan nilai X pada persamaan tersebut.

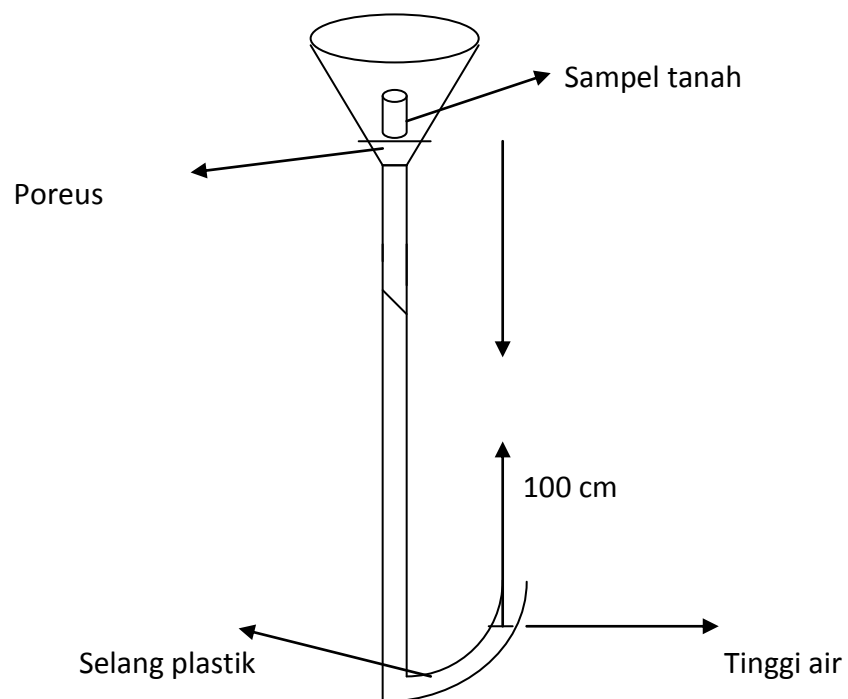
7.3. Pengukuran Potensi Air Tanah (Energi per satuan berat)

Pengukuran suatu tekanan hidrostatik dapat juga disamakan dengan tekanan tinggi kolom air, dimana tingginya suatu kolom air sama dengan tekanan yang ditetapkan (Hillel, 1982). Sebagai contoh tekanan 1 atm atau 1 bar sama dengan tekanan tinggi kolom air sebesar 1033 cm atau 76 cm Hg. Tetapi karena dalam pernyataan tinggi kolom air nilainya sangat besar maka seperti pada pengukuran pH, juga digunakan dalam pengukuran tinggi kolom air yaitu $-\log$ tinggi kolom air (pF). Jadi bila pF adalah 3 maka tinggi kolom air adalah 1000 cm dan bila dalam bar nilainya 1 (satu).

7.3.a. Cara Pengukuran dengan menggunakan tekanan tinggi kolom air :

Di laboratorium selain alat yang telah ada, metoda ini dapat juga dibuat sendiri alatnya, dengan cara menyediakan selang plastik ukuran 1 cm dan corong

yang berpori. Tentu saja alat ini hanya dapat mengukur tekanan rendah sehingga akan sangat dipengaruhi oleh struktur tanah dan sebaran ukuran pori. Tanah yang digunakan harus tanah utuh dari lapangan (ambil tanah dengan ring), bukan struktur tanah buatan. Secara sederhana alat dapat dibuat seperti gambar berikut :



Gambar . Alat untuk mengukur kadar air tanah pada tegangan (tensi) 100 cm atau 0.01 bar.

Dari gambar di atas tekanan air yang dapat di ukur adalah $-\log 100 \text{ cm}$ yaitu pF 2 atau sekitar 0.1 bar. Pengukuran dari pF 0 sampai 2,3 dapat dilakukan dengan merubah jarak antara tinggi air dengan sampel tanah. Setelah itu ukur kadar air pada sampel tanah tersebut. Dan buatlah kurva antara kadar air dengan pF, untuk mengetahui pengaruh tekstur, bahan organik atau struktur tanah maka ambillah sampel dari tanah yang berbeda kandungan bahan tersebut. Kemudian bahas mengapa terjadi perbedaan tersebut.

7.3.b. Pengukuran Dengan Menggunakan Alat Compressor.

Alat dengan tekanan ini digunakan untuk pengukuran potensi air tanah pada tekanan yang lebih tinggi lagi. Karena alat sebelumnya hanya dapat mengukur sampai sekitar pF 2,3 maka dengan compressor dapat di ukur dari pF 1 (0,01 bar) sampai pF 15 (15 bar). Sebelum pengukuran dilakukan sebaiknya alat ini ditempatkan pada ruangan khusus atau temperatur tetap sekitar 23°C.

Karena dapat mengukur potensi air tanah pada berbagai tekanan maka alat ini dapat digunakan potensi air tanah dari tersedia untuk tanaman sampai keadaan titik layu permanen. Dengan demikian dapat dibuat kurva karakteristik air tanah dan juga kurva histeristik air tanah. Setiap jenis tanah akan mempunyai kurva dengan ciri khas sendiri yang umumnya sangat tergantung pada tekstur.

Cara kerja:

1. Ambil sampel tanah utuh langsung dari lapangan dengan menggunakan ring sampel diameter 2 cm dan tinggi 1,5 cm.
2. Jenuhi tanah dengan air dengan meletakkan sampel tanah di nampan dengan ketinggian air sekitar 0,5 cm selama 12 sampai 24 jam.
3. Kemudian masukkan sampel tersebut pada tempat yang dihubungkan dengan compressor tanpa alas dibawah sampel tanah, pastikan bahwa permukaan bawah ring sampel dan tanah sangat rata sehingga tanah menyentuh dasar poreus tersebut dengan baik.
4. Bila pengukuran dilakukan pada tekanan rendah misal 0,1 bar sampai 1 bar maka tanah dibiarkan sampai mencapai keseimbangan minimal selama 3 hari, sedangkan untuk tekanan yang lebih tinggi lagi diperlukan waktu sekitar seminggu.
5. Setelah mencapai keseimbangan maka sampel tersebut ditimbang dan masukkan lagi ke dalam alat tersebut, dan begitu seterusnya sampai pada tekanan tertinggi.
6. Setelah selesai maka keringkanlah tanah tersebut dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam untuk menghitung kadar airnya.

7. Pengukuran sebaiknya dilakukan dari 0,1 sampai 15 bar, kemudian dibuat kurva dengan tekanan sumbu Y dan kadar air sumbu X masing-masing tanah yang digunakan.

Cara Pengukuran Histerisis Air di Suatu Tanah

Merupakan hubungan antara potensi matrik dan kadar air tanah yang dilakukan dengan 2 cara yaitu desorpsion dan sorpsion. Desorpsion yaitu tanah jenuh kemudian dimasukkan dalam berbagai tekanan dari rendah sampai tinggi (tanah kering). Selanjutnya sampel yang sama setelah kering dimasukkan lagi ke dalam tekanan yang lebih rendah sampai air jenuh atau tekanan 0 bar. Maka akan terlihat kurva yang berbeda walaupun tekanannya sama. Histerisis akan nyata kelihatan pada tekanan yang rendah yaitu dibawah 0,3 bar.

Caranya :

1. Ambil sampel tanah dengan ring sampel sebanyak 10 buah.
2. Jenuhkan semua tanah tersebut selama sekitar 24 jam.
3. Masukkan kedalam alat seperti cara di atas (point 4, 5 dan 6).
4. Dari kering maka masukkan kembali ketekanan yang lebih rendah dengan catatan alat tersebut disiram dengan air di alasnya yang poreus, demikian seterusnya sampai pada tekanan terendah.

Kemudian dibuat kurvanya seperti di atas.

Akan terlihat perbedaan garis kurva antara sorption (serapan) dan desorption, catatlah titik dimulainya perbedaan dan bahas mengapa perbedaan tersebut terjadi.

PRAKTIKUM 8. PENGUKURAN PERMEABILITAS DAN DAYA HANTAR AIR (HYDRAULIC CONDUCTIVITY) TANAH

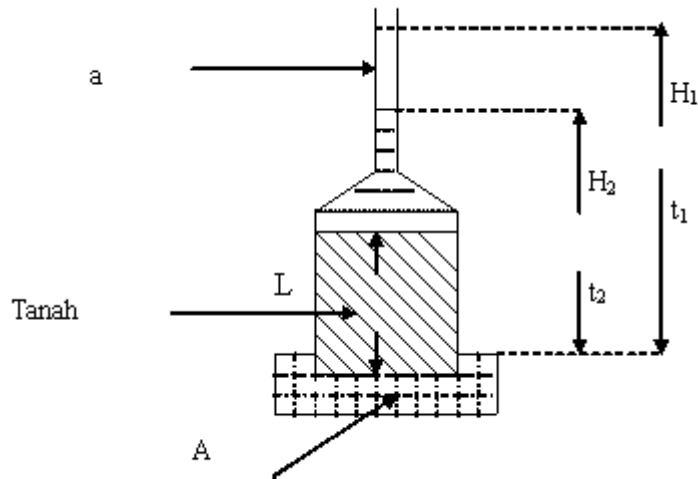
Permeabilitas dan hidraulik konduktivitas tanah adalah dua kata yang sering membingungkan atau salah dalam mengartikannya. Di dalam buku-buku fisika tanah jarang dijumpai kata-kata permeabilitas, yang banyak ditulis adalah hidraulik konduktivitas (K) tanah. Sebenarnya keduanya mempunyai arti yang hampir sama yaitu kemampuan suatu penampang tanah untuk melalukan air yang dinyatakan dalam tinggi air (cm) persatuan waktu (detik).

Berikut contoh dari Hillel, 1982. Biasanya permeabilitas tanah pasir sekitar $10^{-2} - 10^{-3}$ cm/detik dan tanah liat $10^{-4} - 10^{-7}$ cm/detik. Artinya kalau suatu tanah pasir kasar mempunyai nilai $K = 10^{-2}$ cm/dtk, maka akan kehilangan air sebanyak 10 m/hari. Tanah lempung halus dengan nilai $K = 10^{-4}$ cm/dtk akan kehilangan air sebanyak 10 cm/hari. Sedangkan tanah liat dengan nilai $K = 10^{-6}$ cm/dtk akan kehilangan air sebanyak 1 mm/hari. Dengan demikian kalau ingin mencegah kehilangan air dari suatu kolam atau bedengan sawah dapat digunakan tanah liat di dasar atau didindingnya.

7.4. Cara Pengukuran Permeabilitas Tanah Jenuh Di Laboratorium :

Prinsip yang digunakan adalah berdasarkan Hukum D'arcy, pengukuran yang dilakukan untuk di laboratorium adalah permukaan air yang konstan dan permukaan air yang turun. Permukaan air (head) yang konstan digunakan di laboratorium Fisika Tanah sedangkan metode permukaan air yang turun (falling head) cara dan sistemnya seperti gambar berikut (berdasarkan Klute, 1965a).

a. Metode Permukaan air yang turun (Falling Head)



Keterangan : H_1, H_2 = adalah tinggi muka air pada saat t_1 dan t_2 .

A = tanah di ring sampel

Rumus yang digunakan untuk mengukur permeabilitas tanah jenuh tersebut adalah =

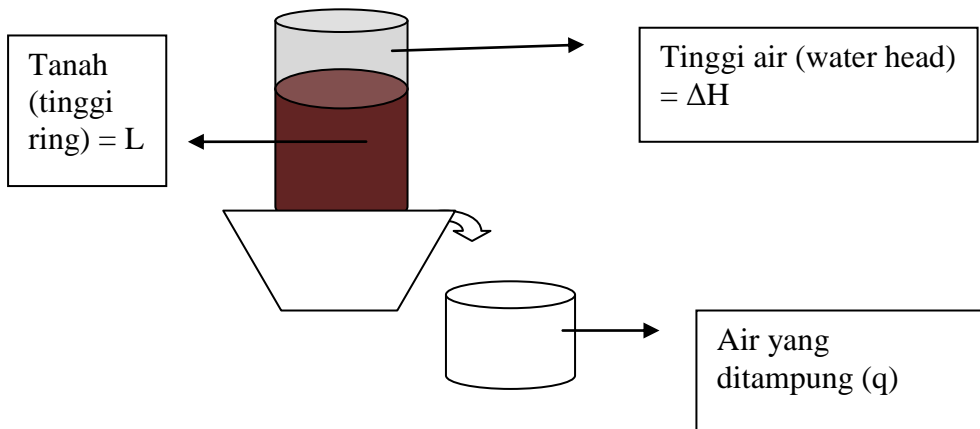
$$K = \left[\frac{2,3aL}{A(t_2 - t_1)} \right] (\log H_1 - \log H_2)$$

Caranya :

1. Ambil sampel tanah dengan ring yang sudah diketahui volumenya.
2. Letakkan di antara corong dan dasar alat tersebut.
3. Pasang corong dengan menggunakan gelang plastik atau karet (lihat alatnya).
4. Tuangkan air secara perlahan dari botol aquadest dari sisi pinggir dalam corong, tuangkan sedikit-sedikit sampai tanah jenuh dan air sampai ketinggian H_1 .
5. Hitung waktu (t_1 dan t_2) pada waktu air di H_1 dan air sampai di H_2 .
6. Kemudian permeabilitas (K) dihitung berdasarkan rumus di atas.
7. Setiap sampel minimal di lakukan ulangan sebanyak 3 kali.

b. Metode Permukaan Air yang tetap (Constant Head)

Aliran secara vertikal dengan gambar seperti berikut :



Rumus D'arcy yang digunakan dalam perhitungannya :

$$Q/A = K\Delta H/L$$

$$Q = K A\Delta H/L$$

Dimana :

- Q = air yang di tampung
- A = Luas permukaan ring
- L = Tinggi ring
- ΔH = Tinggi permukaan air.

Cara Kerja :

Caranya :

1. Ambil sampel tanah dengan ring yang sudah diketahui volumenya.
2. Pasang ring yang ada corong di atasnya dan pasang isolasi antar ring untuk menghindari air ke luar.
3. Letakkan di atas corong pada rak yang ada.
4. Hidupkan keran air secara perlahan sampai air penuh dan kelebihan akan melalui pipa yang ada.
5. Setelah mengalir konstant maka mulai hitung start waktu dimulai untuk menampung air (q).
6. Gunakan waktu 30 menit tetapi untuk yang keluar airnya di tampungan Q sangat cepat dapat digunakan waktu lebih cepat,

sebaliknya bila keluarnya air sangat lambat maka gunakan waktu lebih lama misal 1 atau 2 jam.

7. Kemudian permeabilitas (K) dihitung berdasarkan rumus di atas.
8. Setiap sampel minimal di lakukan ulangan sebanyak 3 kali.

Praktikum 9. PENGUKURAN HIDRAULIK KONDUKTIFITI DI LAHAN KERING DAN BASAH

(Terjemahan oleh R.H. Soesanto,1994)

9. I. PENDAHULUAN

Metode Auger Hole adalah metode yang cepat, sederhana dan dapat dipercaya untuk pengukuran keterhantaran hidraulik lapisan tanah yang berada di bawah muka air tanah. Metoda ini umumnya digunakan dalam perencanaan sistem drainase tanah-tanah yang berlebihan air dan juga dalam penyelidikan perembesan pada saluran-saluran air. Metoda ini yang berasal dari DISCRENS (1034), diubah oleh HOOGHOUTD (1936) dan kemudian oleh KIRKHAM (1945, 1948), VAN BAVEL (1948), ERNEST (1950), JOHNSON (1952) DAN KIRKHAM (1955).

Prinsip umum metoda ini sangat sederhana : sebuah lubang dipersiapkan dengan menggunakan bor sampai kedalaman tertentu di bawah permukaan air tanah. Ketika keseimbangan air dengan lingkungan telah tercapai, sebagian air dari lubang tadi dikeluarkan. Air akan merembes kembali ke dalam lubang, dan laju naiknya muka air tanah di dalam lubang sejalan dengan waktu dicatat. Dengan menggunakan formula yang sesuai, data pengamatan tersebut dapat digunakan untuk menentukan keterhantaran hidraulik tanah (K).

Metode Auger Hole memberikan nilai permeabilitas rata-rata lapisan tanah dari muka air tanah sampai beberapa sentimeter dibawah lubang auger. Jika ada lapisan kedap pada dasar lubang auger maka nilai K ditentukan oleh lapisan-lapisan di atas lapisan kedap ini. Jari-jari kolom tanah dimana permeabilitas ini

diukur kira-kira 30 – 50 cm. Kegunaan metode ini terbatas pada daerah-daerah dengan muka air tanah yang tinggi (paling tidak beberapa minggu dalam setahun) dan dimana lubang dengan bentuk tertentu dapat dipertahankan selama pengukuran. Untuk tanah-tanah berpasir perlu kiranya digunakan tabung berlubang.

Penggunaan tabung berlubang (dalam petunjuk ini adalah untuk tujuan praktis, oleh karena itu teori aliran air ke dalam lubang auger belum diperhitungkan. Hanya sebagian keterangan yang melatar belakangi instruksi dan rekomendasi yang diberikan. Grafik dan formula yang diberikan sebagian besar berdasarkan publikasi ERNST'S (1950), dengan sedikit pembatasan khususnya dalam jumlah air yang harus dibuang dari dalam lubang.

9.2. PEMBUATAN LUBANG BOR

Pengeboran harus dilakukan hati-hati untuk memperkecil gangguan pada tanah/lubang pengamatan. Kedalaman lubang yang dibutuhkan bergantung pada sifat alami, ketebalan dan lapisan-lapisan tanah pada areal yang diselidiki, dan sampai kedalm mana keterhantaran hidraulik akan diamati. Jika tanah adalah homogen sampai kedalaman yang cukup dalam, maka pengeboran cukup sampai kedalaman 60 – 70 cm di bawah muka air tanah, atau jika diinginkan sampai sedalam tabung-tabung pembuang (bailer) yang digunakan.

Dalam banyak kasus, profil tanah terdiri dua atau lebih lapisan yang masing-masing perlu diketahui/diinginkan nilai-nilai permeabilitas tiap lapisan. Misalnya dalam penggunaan persamaan HOOGHOUTD'S (1940 atau persamaan sejenis dalam perencanaan sistem drainase lahan, maka perlu diketahui nilai K tiap lapisan di atas dan di bawah saluran/pipa drainase.

Jika muka air tanah berada pada ketinggian yang cukup pada lapisan atas, maka keterhantaran hidraulik pada masing-masing lapisan akan mudah ditentukan. Untuk itu dua atau lebih lubang auger dengan berbagai kedalaman perlu digunakan. Dasar lubang aguer dengan berbagai kedalaman perlu digunakan. Dasar lubang terdangkal paling tidak 10 – 15 cm di atas lapisan yang dibawahnya

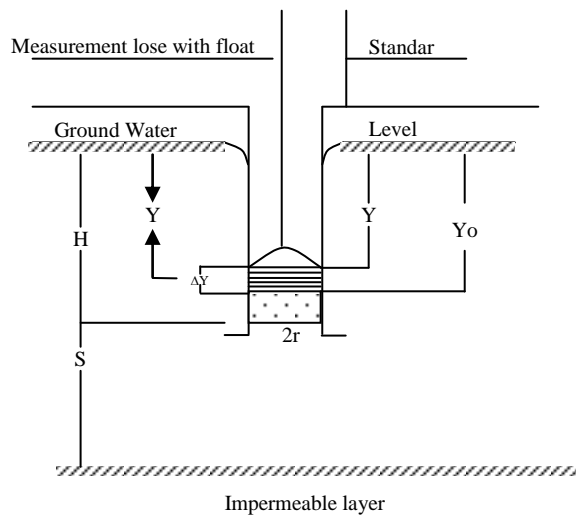
– untuk alasan praktis – 20 cm di bawah muka air tanah. Lubang auger yang dalam, untuk perencanaan tile drainage umumnya berkedalaman 2 meter, dibuat lebih dulu dan berbagai lapisan yang dijumpai dianalisa dan diberi batas khusus. Kedalaman lubang auger berikutnya dibuat dengan memperhatikan sifat-sifat lapisan profil tersebut di atas.

Jika K diduga tinggi dan tanah bersifat homogen, sebuah lubang yang dangkal – 30 sampai 50 cm di bawah muka air – adalah yang terbaik, hal ini dalam hubungannya dengan keterbatasan waktu pengukuran yang tersedia (lihat Lampiran 1).

Terlepas dari kenyataan bahwa kolom tanah yang diamati dengan metoda auger hole ini adalah jauh lebih besar dari contoh tanah utuh yang diambil untuk analisa laboratorium (1400 : 1, Reeve dan Kirkham, 1951), perlu kiranya penentuan permeabilitas ini diulangi di beberapa tempat karena penentuan permeabilitas ini diulangi di beberapa tempat karena perbedaan-perbedaan yang mungkin timbul dalam permeabilitas tanah yang dikelompokkan ke dalam suatu type tanah. Untuk penyelidikan detil tile drainage satu penentuan dalam 2 acres (0.81 ha) adalah cukup. Seorang lelaki dewasa dapat mempersiapkan kira-kira 10 – 20 lubang auger per hari. Auger yang digunakan di negeri Belanda (sebuah type lempeng/mata terbuka, Gambar 1) sangat cocok sekali untuk tanah-tanah liat yang berkadar air tinggi.



Bor bermata berlempeng tertutup yang biasa digunakan di USA adalah cocok untuk tanah-tanah kering, tetapi tidak untuk tanah liat berkadar air tinggi (Soil Survey Manual, USDA, 1951, Halaman 67).



1). Pengukuran harus sudah diakhiri sebelum $Y_n < 0.75 Y_o$ atau $dY > 0.25 Y_o$.

1) $1 \text{ m.day}^{-1} = 4.2 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-2}$

$1.16 \times 10^{-3} \text{ cm.det}^{-1}$

$3.28 \text{ cub.feet/sq.feet/day} = 24.6 \text{ US}$

Gambar 2. Diagram cara yang diikuti dalam penentuan keterhantaran hidraulik tanah dengan menggunakan metoda auger hole

Keterangan gambar :

H = kedalaman lubang di bawah muka air tanah

Y_o = jarak antar muka air tanah dan muka air di dalam lubang auger pada pembacaan pertama setelah pembuangan air

Y_n = jarak yang sama, pada akhir pengukuran. Umumnya diambil lima kali pembacaan

dY = $\sum dY_t = Y_n - Y_o$, kenaikan muka air di dalam selama pengamatan

Y = jarak antara muka air tanah dan rata-rata muka air di dalam lubang selama

pengamatan

$$Y = (Y_n - Y_o) / 2 = Y_o - 0.5 dY \text{ } ^1)$$

r = jari-jari lubang auger

s = kedalaman lapisan kedap air dari dasar lubang auger

9.3. PEMBUANGAN AIR DARI LUBANG AUGER

Pembuangan air ini dapat dimulai jika keseimbangan dengan air disekeliling lubang sudah tercapai dan kedalaman muka air tanah sudah dicatat. Umumnya dibutuhkan 10 – 30 menit untuk mengisi kembali lubang pada tanah yang berpermeabilitas sedang ($K = 1 \text{ m.hari}^{-1}$), beberapa jam pada tanah berpermeabilitas rendah ($K = 0.01 \text{ m.hari}^{-1}$)¹⁾

Perembesan air tanah ke lubang auger akan membuka kembali pori tanah pada dinding lubang yang mungkin tertutup pada saat pengeboran. Jika tipe auger dengan mata terbuka digunakan untuk pengeboran, maka perlu kiranya digunakan dua tiga kali pembuangan air dari lubang auger untuk maksud tersebut di atas. Jalan yang paling efektif dalam pembuangan air dari dalam lubang auger ini adalah dengan menggunakan tabung pembuang (bailer). Tabung pembuang ini adalah sebuah pipa berdinding tipis dengan diameter kira-kira 2 cm kurang dari diameter lubang bawah tabung. Tabung pembuang ini dapat juga digunakan dengan kombinasi tabung berpori untuk membuat lubang pada tanah-tanah berpasir yang tidak stabil.

Permukaan air di dalam lubang sebaiknya dikurangi 20 – 40 cm ($Y_o = 20 - 40$ cm, lihat Gambar 2). Satu atau dua kali pembuangan dibutuhkan untuk itu, bergantung pada garis tengah dan panjang tabung pembuang yang digunakan. Jika tanah mempunyai keterhantaran hidraulik yang sangat rendah, akan lebih baik kalau pembuangan paling tidak 40 cm dari tinggi air, demi meningkatkan laju naiknya muka air tanah pada saat pengukuran. Hal ini akan mengurangi waktu yang diperlukan untuk melakukan pengukuran yang apat dipercaya. Untuk pengukuran keterhantaran hidraulik yang tinggi, sebuah $Y_o = 20$ cm lebih disarankan. Kalau menggunakan grafik-grafik dalam tulisan ini tidaklah perlu bekerja dengan lubang-lubang yang hampir kosong atau hampir penuh (keseimbangan) seperti dinyatakan oleh JOHNSON (1952), ROE (1954) dan USDA (1954).

9.4. PENGUKURAN LAJU NAIKNYA MUKA AIR TANAH

9.4.1. Selang Waktu dan Pengamatan

Pengukuran yang baik baerisi penentuan laju naiknya muka air tanah di dalam lubang. Pengamatan-pengamatan dapat berdasarkan selang waktu (dt), atau selang kenaikan muka air yang tetap (dYt), tergantung peralatan yang tersedia. Untuk meningkatkan ketepatan hasil pengamatan dan mengurangi pengaruh ketidakteraturan di lapangan biasanya diambil 5 pembacaan kenaikan muka air tanah.

Jika digunakan alat ukur listrik, maka dipilih suatu dY yang tetap. Dalam hal penggunaan pita pengukur berpelampung, dY atau dt dapat diukur pada selang-selang tertentu. Bagaimanapun juga beberapa alat ukur waktu (stopwatch) dibutuhkan dalam pengukuran dengan selang dY yang tetap. Untuk pengukuran dengan selang waktu tertentu cukup menggunakan jam tangan berjarum menit/detik. Cara yang terakhir umum digunakan di negeri Belanda.

Selang waktu (dt) yang dipilih bergantung pada permeabilitas tanah dan biasanya adalah 5 – 10 – 15 atau 30 detik. Suatu dt biasanya diamati dengan dY kira-kira 1 cm. Untuk tanah-tanah permeabilitas sangat rendah ($K = 0.01$, $r = 4$, $dY/dt = 0.01$ sampai 0.02 mm/detik). Suatu dY kira-kira 5 mm dan dt beberapa menit adalah suatu kombinasi hubungan yang baik. Jika permeabilitas tanah sangat tinggi ($K = 10$, dY/dt kira-kira 10 mm per detik) perlu digunakan selang waktu 5 detik. Untuk permeabilitas tanah yang tinggi, dY jauh melebihi 1 cm, hanya waktu 5 detik dibutuhkan dua orang pengamat sedang untuk selang waktu 10 detik cukup satu orang saja.

Perlu diperhatikan bahwa tidak diizinkan melanjutkan pengukuran-pengukuran untuk waktu yang terlalu lama karena funnel shaped drawdown yang berbentuk pada bagian atas lubang pada saat pengisian kembali akan terlalu besar. Hal ini akan menurunkan nilai aktual dan akibatnya dalam penurunan laju kenaikan muka

air di dalam lubang. Jika faktor K dihitung dari nilai H maka akan memberikan nilai K yang terlalu rendah (lihat Contoh 3).

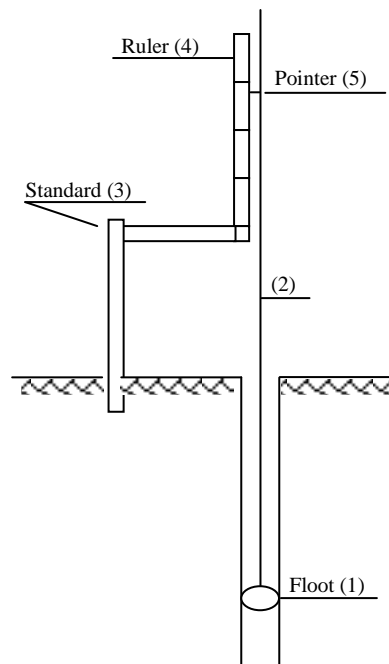
Harus diperhatikan agar mengakhiri pengukuran ketika tidak lebih dari 25% volume air yang dikeluarkan sudah terisi kembali. Dengan kata lain pengukuran harus sudah selesai sebelum $Y_n < \frac{3}{4} Y_o$, atau yang lebih mudah dihitung, sebelum $dY > \frac{1}{4} Y_o$. Sebagai contoh : Jika 40 cm air dikeluarkan dari lubang ($Y_o = 40$) maka pengukuran dapat dilakukan pada selang $(\frac{1}{4} \times 40 \text{ cm}) = 10 \text{ cm}$ atau sampai $Y_t = 30 \text{ cm}$; jika $Y_o = 28$ maka selang pengukuran sebaiknya 7 cm atau sampai $Y_t = 21$, dengan asumsi bahwa jarak waktu antara pembuangan air dan pengukuran adalah hanya beberapa detik.

Jika pori drainase lebih dari 10 persen dan garis tengah lubang auger cukup kecil ($r = 4 \text{ cm}$) maka mungkin memperoleh pengukuran yang bisa dipercaya dalam selang waktu pengukuran yang lebih besar, misalnya sampai $\frac{1}{3} Y_o$. Jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi kembali lubang dengan jari-jari 6 cm adalah 2.2 kali lebih banyak dari lubang dengan jari-jari 4 cm. Oleh karena itu, jika lubang bergaris tengah lebih besar ($r = 6 \text{ cm}$), selang pengukuran yang bisa dipercaya sering lebih kecil dari $\frac{1}{4} Y_o$.

Dari grafik-grafik untuk $r = 4 \text{ cm}$ dan $r = 5 \text{ cm}$ (lihat Bab V) perhitungan laju kenaikan muka air tanah (dY/dt) pada berbagai keadaan mulai dihitung, karena $dY/dt = K/C$. Nilai laju kenaikan air tanah dalam lubang auger dengan garis tengah 4 cm biasanya 1 – 2 mm per detik pada tanah berpermabilitas sedang ($K = 1 \text{ m/hari}$), 0.01 – 0.02 mm per detik untuk tanah berpermabilitas lambat ($K = 0.01 \text{ m/hari}$) dan beberapa sentimeter per detik untuk tanah-tanah berpermabilitas tinggi ($K = 10 \text{ m/hari}$). Jelas bahwa pada kasus tanah-tanah berpermabilitas tinggi dan sedang, pengukuran-pengukuran harus dimulai sesegera mungkin setelah pembuangan air. Untuk tanah-tanah yang berpermabilitas rendah tidak ada alasan untuk terburu-buru. Sebuah perhitungan waktu yang tersedia bagi pengukuran yang bisa dipercaya dapat dilihat pada Lampiran 1.

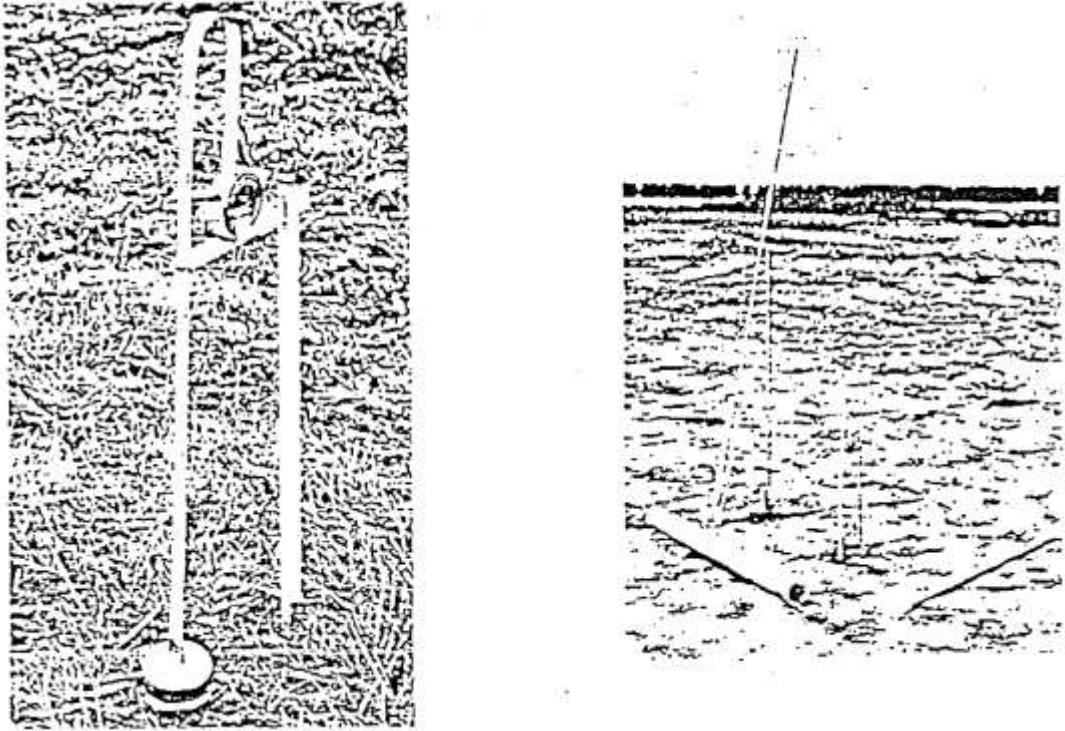
9.4.2. Peralatan

Pengukuran pertama seperti yang digunakan oleh HOOGHOUTD adalah kompleks dan berat (lihat HOOGHOUTD, 1936). Peralatan listrik yang enak dipakai dikembangkan di USA dan juga digunakan di Australia (MAASLAND, 1957). Di negeri Belanda peralatan yang sederhana dan enak dipakai dikembangkan oleh Prof. M. F. VISSER. Gambar 3 memperlihatkan skema peralatan ini.



Sebuah tabung sepanjang 30 cm berisi berbagai peralatan yang digunakan. Tabung ini mudah dibawa dengan tangan. Dasar dari tabung ini dilengkapi dengan katup. Dengan menambahkan tangkai/pegangan pada tabung ini akan diperoleh pembuang (bailer). Tabung juga berisi pelampung (1) dengan pita baja yang ringan dan tipis (2) dan sebuah standar (3), yang dapat ditekan ke dalam tanah sebagai tonggak untuk menempelkan penggaris di tanah (4). Bagian atas dari penggaris sepanjang +/- 40 cm dianggap sebagai titik nol. Sebuah petunjuk (5) pada pipa baja/meteran akan bergerak sepanjang penggaris ini. Penyederhanaan terakhir adalah dihilangkannya penggaris dan penunjuk pada pita baja dan sedikit perubahan pada standar untuk mencegar kesukaran pada kondisi ditekan ke tanah sampai tanah diambil pada bagian suatu selang yang pasti (40 cm) di

atas muka air tanah. Gambar 5 menunjukkan peralatan lengkap dalam pengukuran keterhantaran hidraulik, ditambah dengan perpanjangan auger dan tabung besi berlubang.



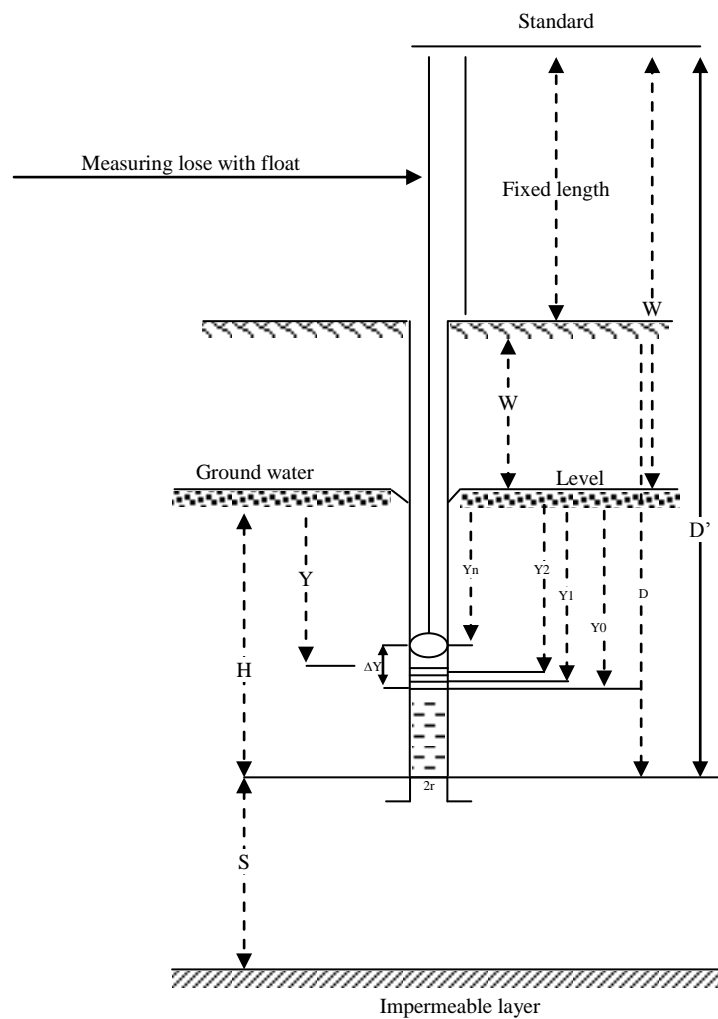
Gambar 5

9.4.3. Prosedur

1. Standar diletakkan sedemikian rupa di dekat lubang sehingga pelampung dan pita baja (meteran) tepat tegak lurus di atas lubang.
2. Pelampung diturunkan ke permukaan air tanah, dan kedalaman muka air tanah ini dicatat.
3. Pelampung dan pita baja (meteran) dikeluarkan dengan hati-hati dan standar diubah posisinya sehingga tabung pembuat dapat dimasukkan ke lubang auger.
4. Air dikeluarkan dari lubang auger dengan menggunakan tabung pembuang, sehingga muka air turun sekitar 20 – 40 cm (ini dapat tercapai dengan satu dua kali pembuangan).

5. Standar dikembalikan ke posisi semula dan pelampung diletakkan kembali ke permukaan air di dalam lubang auger. Pembacaan harus dimulai sesegera mungkin.
6. Kira-kira lima pembacaan diambil untuk selang waktu tertentu karena kadang-kadang pelampung atau pipa baca (meteran) menempel pada sisi lubang, maka ada baiknya menggoyang pita baja meteran sewaktu-waktu. Semua pembacaan termasuk kedalaman muka air tanah dan lubang, dilakukan dengan posisi pita baja / meteran pada standar (40 cm di atas permukaan tanah).
7. Kedalaman lubang diukur dengan menggunakan auger atau lubang pembuang.

Selain itu pengeboran harus menggunakan bor dengan jenis mata pisau terbuka, karena jenis ini hanya sedikit memberikan pelumpuran pada dinding lubang, dan juga proses pengeboran akan lebih cepat dibandingkan dengan jenis mata bor pisau tertutup.



Gambar 6.

Catatan : Laju naiknya muka air tanah kadang-kadang langsung diukur segera setelah pengeboran lubang. Cara ini akan menghemat waktu dan tidak memerlukan tabung pembuang air tanah. Kedalaman muka air dapat diukur pada hari yang sama, tetapi jika lapisan mempunyai permeabilitas yang sangat rendah maka kedalaman ini diukur pada hari berikutnya. Perlu dicatat, metoda pengukuran langsung seperti ini hanya dapat dilakukan pada tanah-tanah yang berpermeabilitas sedang sampai lambat, dan dengan hanya sedikit air pada lubang (Yo cukup besar), untuk memberi kesempatan air mengalir kembali ke dalam lubang. Pengukuran dibatasi sampai 25% dari jumlah air yang dikeluarkan.

9.5. . PERHITUNGAN KETERHANTARAN HIDRAULIK DARI DATA HASIL PENGUKURAN

9.5.1. Grafik

Jenis grafik yang dikembangkan oleh BOUMANS (1953), VISSER (1954) adalah umum digunakan di negeri Belanda. Akhir-akhir ini grafik lain seperti yang dikembangkan oleh WESTERHOF (ERNEST, WESTERHOF, 1953) juga digunakan dalam kombinasi cara dan pembacaan khusus untuk setiap selang waktu.

Dengan menggunakan mekanisme tambahan pada standar, sepotong kertas yang ditempelkan pada pita baja/meteran diberi guratan pensil yang mewakili suatu selang waktu tertentu. Potongan kertas ini kemudian diletakkan pada grafik dan (dalam kombinasi dengan grafik kedua) faktor K dapat dihitung. Grafik ini hanya bisa digunakan untuk $r = 4.5$ dan $S > \frac{1}{2} H$.

ERNEST (1950) mempersiapkan grafik-grafik dengan $r = 4$ dan $r = 6$, keduanya untuk $S = 0$ dan $S > \frac{1}{2} H$. Grafik-grafik ini merupakan hasil penyempurnaan dari grafik sebelumnya.

Hubungan antara faktor dan laju naiknya muka air tanah (dY/dt) dapat digambarkan sebagai berikut :

$$K = c \cdot (dY/dt) \quad (1)$$

Dimana nilai C adalah merupakan fungsi dari Y, H, r, dan S yang dapat dibaca dari grafik-grafik terlampir.

Disamping menghitung nilai-nilai K untuk setiap dY/dt , pengukuran-pengukuran ini dapat dirata-ratakan sebelum mencari nilai C dari grafik, asalkan $\sum dY/dt < \frac{1}{4} Y_0$, dan pembacaan satu dengan lainnya tidak begitu jauh berbeda.

Grafik ($S \geq \frac{1}{2} H$) dan Grafik 2 ($S = 0$) terlampir adalah untuk lubang auger dengan jari-jari 4 cm. Grafik-grafik ini hampir sama dengan yang dibuat ERNEST (1950). Grafik ini hanya menggunakan satu skala logaritmik (grafik lama menggunakan dua skala logaritmik). Hal ini untuk mempermudah pembacaan.

Persamaan (1) dapat dipecahkan dengan menggunakan nomogram seperti yang diberikan pada bagian grafik.

Jika $S < \frac{1}{2} H$ ($S = \sim$ memberikan hasil yang kira-kira sama dengan $S = \frac{1}{2} H$), maka tidak ada persamaan atau grafik yang tersedia). Pendugaan nilai K dilakukan antara K dengan $S \geq \frac{1}{2} H$ dan $S = 0$. Perbedaan nilai C untuk $S \geq \frac{1}{2} H$

dan $S = 0$ menurun dengan meningkatnya H , dan jika Y dalam hubungan dengan H ini adalah kecil.

Secara umum dapat dikatakan lapisan-lapisan tanah pada kedalaman lebih dari 10 – 15 dari dasar lubang berpengaruh kecil terhadap laju naiknya muka air tanah di dalam lubang, dan grafik dengan $S = \frac{1}{2} H$ dapat digunakan.

Grafik yang dibuat oleh ERNEST dapat juga digunakan untuk lubang auger dengan jari-jari selain 4 atau 6 cm. Bor yang sering digunakan adalah dengan jari-jari 5 cm atau garis tengah 4 inch. Grafik 3 dan 4 dibuat untuk $r = 5$ cm. Ini dilakukan dengan mengubah grafik untuk $r = 4$ cm. ¹⁾

1) Catatan

Jalan termudah untuk membuat konversi ini adalah dengan mengalikan nilai-nilai H dan Y pada grafik $r = 4$ cm dengan $5/4$ atau 1,25.

Sebagai contoh :

H_{20}	pada $r = 4$ cm = $5/4 \times 20 = H_{25}$	pada $r = 5$ cm;
H_{30}	pada $r = 4$ cm = $5/4 \times 30 = H_{37,5}$	pada $r = 5$ cm;
H_{40}	pada $r = 4$ cm = $5/4 \times 40 = H_{50}$	pada $r = 5$ cm; dst

Hal yang sama juga dilakukan untuk Y ;

Untuk mempermudah pembacaan nilai-nilai dan khususnya Y , dibuat grafik baru denganselang Y reguler dari 20, 25, 30, 35, dst. Nilai-nilai pada grafik $r = 5$ untuk $Y = 20, 25, 30, 35, 40, 50$, dst adalah sama dengan nilai-nilai $Y = 16, 20, 24, 28, 32$, dan 40 pada grafik dengan $r = 4$. Setelah konversi nilai-nilai H , yang dikerjakan dengan cara-cara yang sama, sebuah grafik baru terbentuk.

Grafik untuk $r = 4$ dapat juga digunakan untuk diameter yang berbeda tanpa membuat suatu grafik yang abru. menggunakan grafik 4 untuk lubang-lubang auger dengan diameter – katakanlah 6 cm -, kita harus mengalikan nilai-nilai H dan Y seperti diukur pada lubang, dengan faktor $4/6$ atau $2/3$. Sebagai pegangan dapat digunakan jari-jari grafik dalam gambar sebagai pembilang (numerator) dan jari-jari auger sebagai penyebut (denominator).

Grafik-grafik digunakan sebagai berikut : C dibaca dari diagram sebagai fungsi dari Y dan H . H diperoleh dari sumbu X dalam cm. Dengan menggunakan garis dengan nilai Y yang tertentu, nilai C akan dapat dibaca pada sumbu Y (lihat juga contoh pada Grafik 1).

9.5.2. Persamaan-Persaman

Sebuah persamaat jarang digunakan untuk menghitung keterhantaran hidraulik karena kenyamanan penggunaan grafik-grafik yang sudah tersedia. Selain itu, tidak seperti persamaan, grafik-grafik boleh digunakan untuk selang nilai Y dan H

yang cukup besar, dan ternyata lebih tepat. Perbedaan dapat mencapai 20%. Untuk kepeningan mendesak kelengkapan uraian sebuah persamaan, dapat digunakan bila grafik tidak tersedia, adlah sebagai berikut :

Persamaan berikut ini diperoleh dari tanah yang homogen dengan lapisan kedap air pada kedalaman tertentu, $S \geq \frac{1}{2} H$, di bawah bagian dasar dari lubang auger (ERNEST, 1950) :

$$K = \frac{4000 r.dY}{(H/r + 20) (2 - Y/H) Y.dt} \quad (2)$$

Dalam persamaan ini K dinyatakan dalam m/hari (24 jam). Parameter-parameter lainnya dinyatakan dalam cm atau detik.

K = keterhantaran hidraulik;

H = dalam lubang di bawah muka air tanah;

Y = jarak antara muka air tanah dan ketinggian air rata-rata di bawah lubang pada selang waktu dt;

r = jari-jari lubang auger;

S = kedalaman lapisan kedap dari bagian bawah/dasar lubang auger yang mempunyai

permeabilitas 10 kali lebih rendah dari lapisan di atasnya.

Persamaan (2) menunjukkan suatu pernyataan empiris dari sejumlah pembentukan baru. Di sini formula tidak menunjukkan hubungan yang jelas, yang seharusnya timbul secara teoritis antara kondisi yang berbeda, meskipun nilai K akan cukup tepat (kesalahan maksimum 20%) kalau keadaan berikut terpenuhi :

$$r > 3 \quad \text{dan} \quad < 7 \text{ cm}$$

$$H > 20 \quad \text{dan} \quad < 200 \text{ cm}$$

$$Y > 0.2 H$$

$$S > H$$

$$dY \leq \frac{1}{4} Y_0$$

Persamaan (2) dapat juga ditulis dalam bentuk lain, yang memungkinkan perhitungan :

$$K = \frac{4000 r^2 \cdot dY}{(H + 20r)(2 - Y/H) \cdot Y \cdot dt} \quad (2a)$$

Bila lapisan kedap berada pada bagian bawah dari lubang ($S = 0$) maka persamaan berikut dapat digunakan :

$$K = \frac{3600 r^2 \cdot dY}{(H + 10r)(2 - Y/H) \cdot Y \cdot dt} \quad (3)$$

9.5.3. Contoh-Contoh

- Contoh No. 1 merupakan perhitungan faktor – K dari data yang diperoleh di lapangan dengan menggunakan interval waktu (dt)
- Contoh No. 2 merupakan perhitungan faktor K dari data yang diperoleh di lapangan berdasarkan interval kenaikan muka air tanah (dY)
- Contoh No. 3 menunjukkan beberapa ketidakaturan yang mungkin timbul pada pengukuran data
- Contoh No. 4 menunjukkan bahwa faktor K terhitung sangat rendah kalau pengukuran dilanjutkan sampai waktu yang terlalu lama ($dx > \frac{1}{4} Y_0$), atau selang waktu antara pembuangan air dari lubang auger dan mulai pengukuran terlalu jauh.

Contoh No. 1 (Gambar 6)

Catatan : Semua pembacaan diambil 40 cm di atas permukaan tanah. (Lihat Gambar 4

dan Gambar 6)

No	:	Tanggal	:
Tempat	:	Pengamat	:

D = 240	D = 200	r = 4	Kestm = m/hari
W = 114	W = 74	$S \geq \frac{1}{2} H$	Khit = 0.66 m/hari
H = 126	H = 126		

t	Yt	dYt	
0	145.2		$Y_0 = Y_0 - W = 145.2 - 114 = 31.2$
10	144.0	1.2	$dY = Y_0 - Y_n = > dYt = 5.6$
20	142.8	1.2	$Y = Y_0 - \frac{1}{2} d = 31.2 - 2.8 = 28.4$
30	141.7	1.1	H = 126 C = 6.0 dibaca dari Grafik 1)
40	140.6	1.1	Y = 28.4
50	139.6	1.1	$dY/dt = 5.6/50 = 0.11$
dY =	5.6	5.6	$K = C \cdot dY/dt = 6 \times 0.11 = 0.66 \text{ m/hari}$

Setelah pembacaan, diinginkan dilakukan beberapa pengecekan terhadap keabsahan pengukuran. Nilai dYt dari setiap pasangan pembacaan yang berurut perlu dihitung, sehingga dapat diketahui konsistensi dari dYt satu dengan yang lain. Jika nilai dYt menurun perlahan maka pembacaan harus dirata-rata sampai $dY = \frac{1}{4} Y_0$, atau dalam hal ini sampai dY = 7 sampai 8 cm. Kedua kondisi ini ditemui dalam contoh 1 sehingga nilai K dapat dihitung.

Contoh 2 :

Jika dY = 4 cm dan 5 pembacaan diambil (dY), maka perbedaan antara dt pertama dan terakhir haruslah tidak lebih dari 20 persen. Dari grafik dapat dilihat pada nilai Y memberikan perbedaan sekitar 20 persen pada

Bila perbedaan ini sangat besar misalnya : dt = 27, 44, 56, 71 maka kemungkinan terjadi pembukaan / lubang-lubang pada profil tanah (retakan, lubang perkaratan, cacat dll. Dalam hal ini pengukuran harus diulangi lagi pada tempat yang lain.

D = 165	D = 125	r = 4	Kestm = m/hari
W = 100	W = 60	$S \geq \frac{1}{2} H$	Khit = 0.54 m/hari
H = 65	H = 65		
	Yt	t	dt
			$Y = Y' - W' = 126 - 100 = 26$
Yn ¹⁾	124	84	23
	125	61	21
	126	40	21
			$dY/dt = 4/84 = 400/84 \times 10^{-2} = 0.046$
			C = 11.2
			H = 65

$$\begin{array}{rcll}
 & 127 & 19 & 19 \\
 Y_o & 128 & 0 & K = C \cdot dY/dt = 11.2 \times 0.048 \\
 & & & = 0.54 \text{ m/hari}
 \end{array}$$

Contoh No. 3

t	Yt	dYt
0	31.5	
10	30.0	-1.5
20	28.8	-1.2
30	27.7	-1.1
40	26.5	-1.2
50	25.6	-0.9
60	24.5	-1.1

Pada contoh diatas :

$$dY = 30.0 - 24.5 = 5.5$$

$$Y = Y_o - \frac{1}{2} dY$$

$$= 30.0 - 2.8 = 27.2$$

untuk $dt = 50$; $H = 80$; $r = 4$ dan $S > H$

$$C = 9.0 \text{ dan } K = 9.0 \times 5.5/50 = 0.99 \text{ (Grafik 1)}$$

Dalam contoh ini dapat kita lihat dYt pertama agak tinggi nilainya. Hal ini merupakan kasus yang sering terjadi, dan kemungkinan besar disebabkan oleh jatuhnya air yang berasal dari dinding-dinding auger setelah pembuangan.

Selang kesalahan 1 mm sering juga terjadi, karena kenaikan yang tidak teratur. Kenaikan yang tidak teratur ini disebabkan oleh menempelnya pelampung/pita ukur di dinding lubnag. Kesalahn-kesalahan ini dapat dikurangi dengan jalan melakukan pengukuran sebanyak 4 – 6 kali.

Contoh 4 :

t	Yt	dYt
0	30.3	$dY/dt = 5.8/60$
15	28.8	-1.5

$Y = 27.4$ $r = 4$

30	27.3	-1.5	C = 17.8	S > ½ H Grafik 1
45	25.9	-1.4	K = 1.75	H = 35
60	24.5	-1.4	<hr/> dY/dt = 4.9/60	
75	23.2	-1.3	Y = 22.0	
90	21.9	-1.3	C = 20.2	
105	20.7	-1.2	K = 1.65	
120	19.6	-1.1	<hr/> dY/dt = 3.8/60	
135	18.6	-1.0	Y = 17.7	
150	17.6	-1.0	C = 23.2	
165	16.7	-0.9	K = 1.47	
180	15.8	-0.9	<hr/> dY/dt = 2.9/60	
195	15.0	-0.8	Y = 14.3	
210	14.2	-0.8	C = 27.5	
225	13.5	-0.7	K = 1.22	
240	12.7	-0.7		

Untuk memperlihatkan kesalahan-kesalahan yang timbul karena pengukuran terus dilanjutkan untuk waktu yang terlalu lama keterhantaran hidraulik (K) tanah dengan data pengukuran seperti di atas dihitung untuk setiap kelompok lima pembacaan.

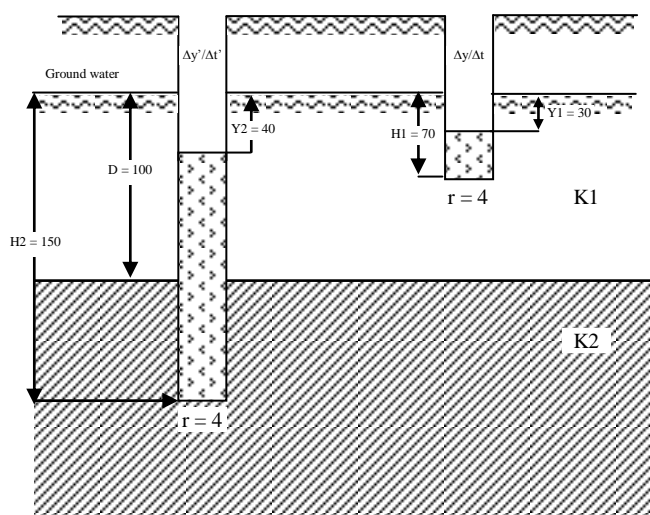
Meskipun dY/dt seharusnya menurun, hasil kali C, dY/dt, yaitu nilai K harus tetap. Keadaan ini tidak dijumpai pada pengukuran di atas. Penurunan nilai K yang dihitung disebabkan oleh perubahan bentuk muka air tanah di lubang dan sekitarnya, hal ini erat hubungannya dengan penurunan nilai H.

Pada contoh No. 4 semua nilai C dihitung dengan H = 35 cm, tetapi dalam kasus di atas nilai H sebenarnya H35, H32, H28, dan H24. Jika nilai-nilai H ini digunakan maka setiap perhitungan di atas akan memberikan nilai K yang sama (K = 1.75).

9.6. LUBANG AUGER PADA TANAH BERLAPIS

Pada profil yang terdiri dari 2 lapisan, yang mempunyai perbedaan nyata dalam nilai keterhantaran hidraulik (K), setiap lapisan dapat ditentukan nilai K-nya kalau muka air tanah berada di atas lapisan yang pertama (lapisan atas).

Perlu kiranya kita bekerja dengan dua lubang berkedalaman berbeda, dan dasar lubang yang dangkal paling tidak 10 – 15 cm di atas lapisan bawah (lihat Gambar 7). Pada kebanyakan kasus lubang yang dalam dibuat lebih dulu, untuk menentukan batas antara kedua lapisan tersebut.



Gambar 7 (hal 18)

Kalau kita namakan keterhantaran hidraulik pada lapisan atas adalah K1 dan pada lapisan bawah adalah K2, maka laju kenaikan air pada lubang adalah :

$$dY'/dt' = K1/Co + K2/C2 - K2/Co \text{ atau}$$

$$K2 = \frac{Co(dY'/dt') - K1}{(Co/C2) - 1}$$

K1 dihitung dari dY'/dt' lubang dangkal dan nilai C untuk H1 dan Y1, menggunakan grafik $S > \frac{1}{2} H$.

dY'/dt' adalah laju kenaikan muka air pada lubang yang dalam. Nilai C_2 , dengan menggunakan H_2 dan Y_2 , dapat dibaca dari grafik $S = 0$ atau $S \geq \frac{1}{2} H$, tergantung dari letak lapisan kedap.

Nilai C_0 dibaca dari grafik $S = 0$, dengan menggunakan D dan Y_2 . Grafik $S = 0$ digunakan dalam kasus ini, karena hanya aliran horizontal yang harus diperhitungkan pada bagian atas lubang yang dalam. Ini berarti, kita pertimbangkan bahwa lapisan bawah adalah kedap air.

Contoh :

$$1). \quad dY'/dt = 0.16 \quad H_1 = 70 \quad ; \quad Y_1 = 30; \quad C_1 = 9.4 \quad (\text{Grafik 1})$$

$$S > \frac{1}{2} H \quad ; \quad r = 4;$$

$$K_1 = 9.4 \times 0.16$$

$$= 1.5 \text{ m/hari}$$

$$2). \quad dY'/dt = 0.26^{1)} \quad H_2 = 150 \quad D = 100$$

$$Y_2 = 40 \quad ; \quad C_2 = 3.9; \quad Y_2 = 40 \quad C_0 = 6.3$$

$$S > \frac{1}{2} H \text{ (Grafik 1)} \quad S = 0 \text{ (Grafik 2)}$$

$$K_2 = \frac{C_0 (dY'/dt' - K_1)}{C_0/C_2 - 1} = \frac{(6.3 \times 0.26) - 1.5}{(6.3/3.9) - 1}$$

$$= \frac{1.64 - 1.5}{1.62 - 1.0} = \frac{0.14}{0.62} = 0.22$$

1) Jika $K_1 = 1.5$ dan $K_2 = 0$, laju kenaikan muka air minimum (dY'/dt') dalam hal ini adalah 0.24, dan lapisan atas adalah homogen pada jarak yang dekat (K_1 lubang 1 = K_2 lubang 2), berdasarkan perhitungan berikut ini :
 $H = 100; \quad Y = 40; \quad S = 0; \quad C = 6.3$
 $dY'/dt = K/C = 1.5/6.3 = 0.24$

9.7. KESALAHAN DAN VARIASI YANG MUNGKIN TERJADI

Kesalahan-kesalahan berikut ini harus diperhitungkan :

- a) Kesalahan maksimum pada grafik-grafik adalah 5 persen
- b) Kesalah yang disebabkan oleh pengukuran H dan Y yang keliru sebanding dengan nilai H dan Y. Sebagai contoh : suatu kesalahan 1 cm pada pengukuran H menyebabkan kesalahan 2 persen pada nilai K jika $H = 50$, dan 1 persen kesalahan jika $H = 100$. Hal yang sama berlaku juga untuk Y. Dari sini dapat dilihat bahwa ketelitian pengukuran H atau Y tidak perlu sampai mm.
- c) Jika gambar yang keliru digunakan untuk jari-jari r, maka tingkat kesalahan biasanya adalah 20% untuk 1 cm kesalahan jari-jari, atau 20% untuk 1 cm perbedaan antara garis tengah lubang yang digunakan untuk perhitungan nilai K dan garis tengah yang sebenarnya.
- d) Perbedaan 10 persen adalah normal jika faktor K diukur beberapa kali pada lubang yang sama. Keragaman nilai K dalam jarak yang dekat atau diantara profil-profil tanah yang dikelompokkan ke dalam tipe yang sama sering kali mencapai puluhan persen. Di pihak lain, ada perbedaan ribuan kali dalam nilai keterhantaran hidraulik tanah dengan tipe yang berbeda. Beberapa tanah mempunyai keterhantaran hidraulik yang sangat rendah ($K = 0.01$) sedang yang lainnya sangat tinggi ($K = 10$).
- e) Keterhantaran hidraulik lebih baik ditentukan pada beberapa lubang/titik di suatu wilayah yang luas untuk mewakili wilayah tersebut dibandingkan ditentukan dengan teliti pada hanya satu lubang/titik yang mewakili luas 1 m^2 . Penentuan keterhantaran hidraulik tanah pada suatu areal lebih baik ditentukan dalam kombinasi dengan survai tanah. Ada hubungan yang erat antara sifat dan ciri tanah di lapangan dan nilai K-tanah, tetapi hubungan ini hanya muncul pada daerah tertentu/terbatas.

Selang keterhantaran hidraulik tanah di negeri Belanda (m/hari) (HOOGHOUDT, 1952).

- Pasir : 0.10 untuk pasir halus sampai 30 pada pasir kasar
- Liat : 0.01 sampai lebih dari 30. beberapa tanah liat mempunyai

keterhantaran hidraulik yang lebih baik dari tanah berpasir.

- Gambut : 0.01 atau lebih dari 10. Gambut 'phragmites' umumnya sangat permeabel dan gambut 'carex' umumnya kurang permeabel.

DAFTAR PUSTAKA

- Bavel. C. H. M. Van and D. Kirkham. 1948: Field measurements of Soil permeability using auger holes. Proc. Soil . Sc. Soc. Am., pp. 90 – 96.
- Boumans, J.H. 1953: Het bepalen van de drainafstand met behulp van Boorgarten methode. Landbouwk. Tijdschrift, 82 – 104.
- Boiwer, H. *Et al.* 1955: Drainage research methods on stony soils. Agric. Eng. Pp. 592.
- Dexter A.R. and B. Kroesbergen, 1985. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. J. Agricultural Engineering Research, 31, 139-147.
- Diserens, E. 1934: Beitrag zur bestimmung der Durchlassigkeit des bodens in naturlicher Bodenlagerung. Schweiz. Landw. Monasstr. 12.
- Dowdy, R.H. and W.E. Larson, 1971. Tensile strength of montmorillonite as a function of saturating cation and water content. SoilScience Society of America Proceedings 35, 1010-1014.
- Ernest, L. F. 1950: A new formula for the calculation of the permeability factor with the auger hole method. T.N.O. Groningen. 1950. Translated from the Dutch by H. Bouwer, Cornell Univ. Ithaca, N.Y. 1955.
- Ernest, L. F and J.J Westerhof. 1956: Le development de la recherche hydrologique et son application au drainage aux Paysbas. Assoc. Intern. Hydr., Publ. 41. Symposia Darcy (Dijon, 1956).
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press. London.
- Hooghoudt. S.B. 1036 : Bepaling van den doorlaatfactor van den grond met behulp van pompproeven, (z.g. borgartenmethode). Verslag Landbouwk. Onderzoek 42, pp. 449 – 541.
- Hooghoudt, S.B. 1940 : Bijdrage tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van de grond, No. 7. Verslag Landbouwk. Onderzoek 46.
- Hooghoudt, S.E. 1952 : Tile drainage and subirrigation. Soil Sci., pp 35 – 48.
- Johnson, H.P., R.K. Frevert, and D.D. Evans. 1952: Simplified procedure for the measurement and computation of soil permeability below the water-table. Agric. Eng., pp. 283 – 286.
- Kay, B.D. and A.R. Dexter, 1992. The influence of dispersible clay and wetting/drying cycles on the tensile strength of a red brown earth. Australian J. Of Soil Research, 30, 297-310.

- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau, 1986. Aggregate stability and size distribution. In Klute, A., 1986. Methods of soil analysis. Part 1 in The series Agronomy. Madison, Wisconsin. Pp: 425-461.
- Kirkham, D. 1945: Proposed methods for field measurements of permeability of soil below the water table. Proc. Soil. Sc. Am. pp. 58 – 68.
- Kirkham, D. and C. H. M. van Bavel. 1948 Theory of seepage into auger holes. Proc. Soil. Soc. Am., pp. 75 – 82.
- Kirkham, D and J.W. De Zeeuw. 1952: Field measurements for tests of soil drainage theory. Proc. Soil. Soc. Am., pp. 88 – 93.
- Kirkham, D. 1955. Measurements of the hydraulic and activity of soil in place symposium on permeability of soil. Am. Soc. Soils. Sc. Testing materials. Spec. techn. Pub. No. 163.
- Loch, R.J. and J.L. Foley, 1994. Measurement of aggregate breakdown under rain : comparison with tests of water stability and relationships with field measurements of infiltration. Australian J. Of Soil Research, 32, 701-720.
- Morgan, R.P.C. 1986. Soil erosion and conservation. Longman, U.K. 298p.
- Rengasamy, P., Greene, R.S.B., Ford, G.W., and A.H. Mehanni, 1984. Identification of dispersive behaviour and the management of Red brown earth. Australian J. Of Soil Research, 22, 413-431.
- van Beers. W.J.F., 1983. The Auger Hole Method, A Field measurement of the hydraulic conductivity of soil below the water table W.F.J.. ILRI, the Netherlands *diterjemahkan* oleh Soesanto, R.H., 1994.

Lampiran 1. Waktu tersedia untuk pengukuran yang bias dipercaya ($dY \leq \frac{1}{4} Y_0$)
 untuk $K = 1$ m/hari dan $r = 4$ cm.

y = in cm	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140
$\Delta y = 14$ y	3.75	5	6.25	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	30	35
time in seconds													
H = 30	109	117	131	146									
H = 50		83	88	90	105								
H = 75		60	63	66	72	78	87						
H = 100		47	50	53	56	60	63	68	73	79			
H = 150				37	39	41	43	46	48	50	52	57	63

Contoh perhitungan : $H = 75$

$$C = 12$$

$$Y = 20$$

$$K = C \cdot (dY/dt), \text{ untuk } K = 1 \dots\dots\dots dt = dY \times C$$

dY atau selang pengukuran yang bisa diterima :

$$= \frac{1}{4} \times 20 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

$$dt = dY \times C = 5 \times 12 \text{ detik} = 60 \text{ detik}$$

Untuk kasus $H = 75$ dan $Y = 20$ cm, dan $K = 1$ m/hari, tersedia 60 detik untuk pengukuran yang bisa dipercaya, atau jika $K = 0.1$ m/hari waktu yang tersedia adalah 600 detik (10 detik).

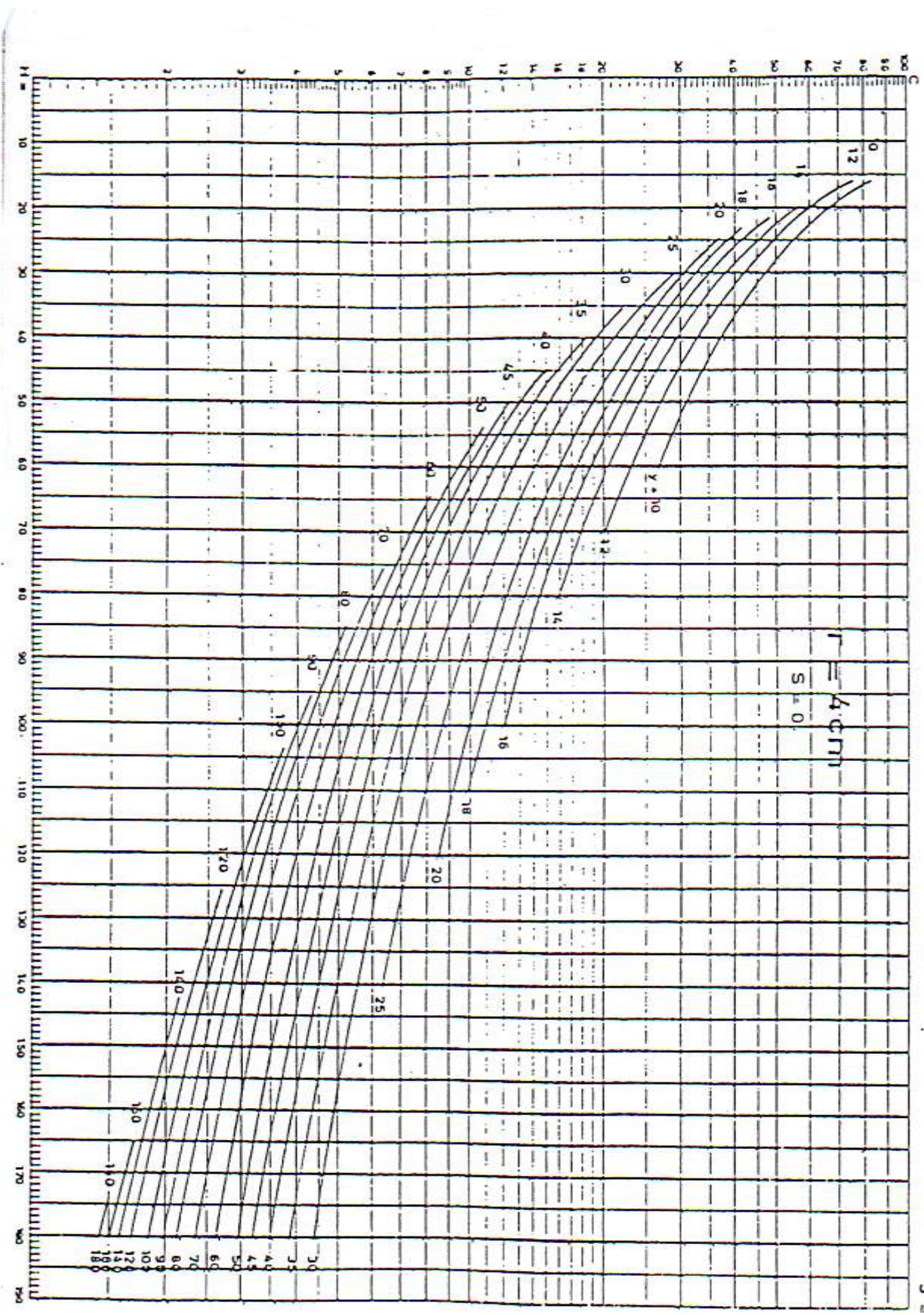
Pada pembuangan air yang kedua waktu tambahannya adalah 10 detik. Dari lampiran di atas dapat dilihat bahwa akan lebih banyak waktu yang tersedia untuk pembacaan jika H nya kecil. Karenanya untuk tanah berpermeabilitas tinggi H nya harus dibuat sekecil mungkin, dan pada tanah berpermeabilitas sangat rendah H harus dibuat sebesar mungkin.

Lampiran 2.

Tabung berpori : Pada tanah berpasir yang tidak stabil perlu digunakan tabung berpori. Auger digunakan sampai titik di mana lubang mulai tidak stabil. Tabung berpori kemudian diturunkan ke dalam lubang. Dengan menaik-turunkan tabung pembuang (bailer) – yang mempunyai katup pembuka pada dasar lubang –

maka campuran air – tanah – pasir akan memasuki tabung pembuang, dan tabung berpori kemudian ditekan ke bawah.

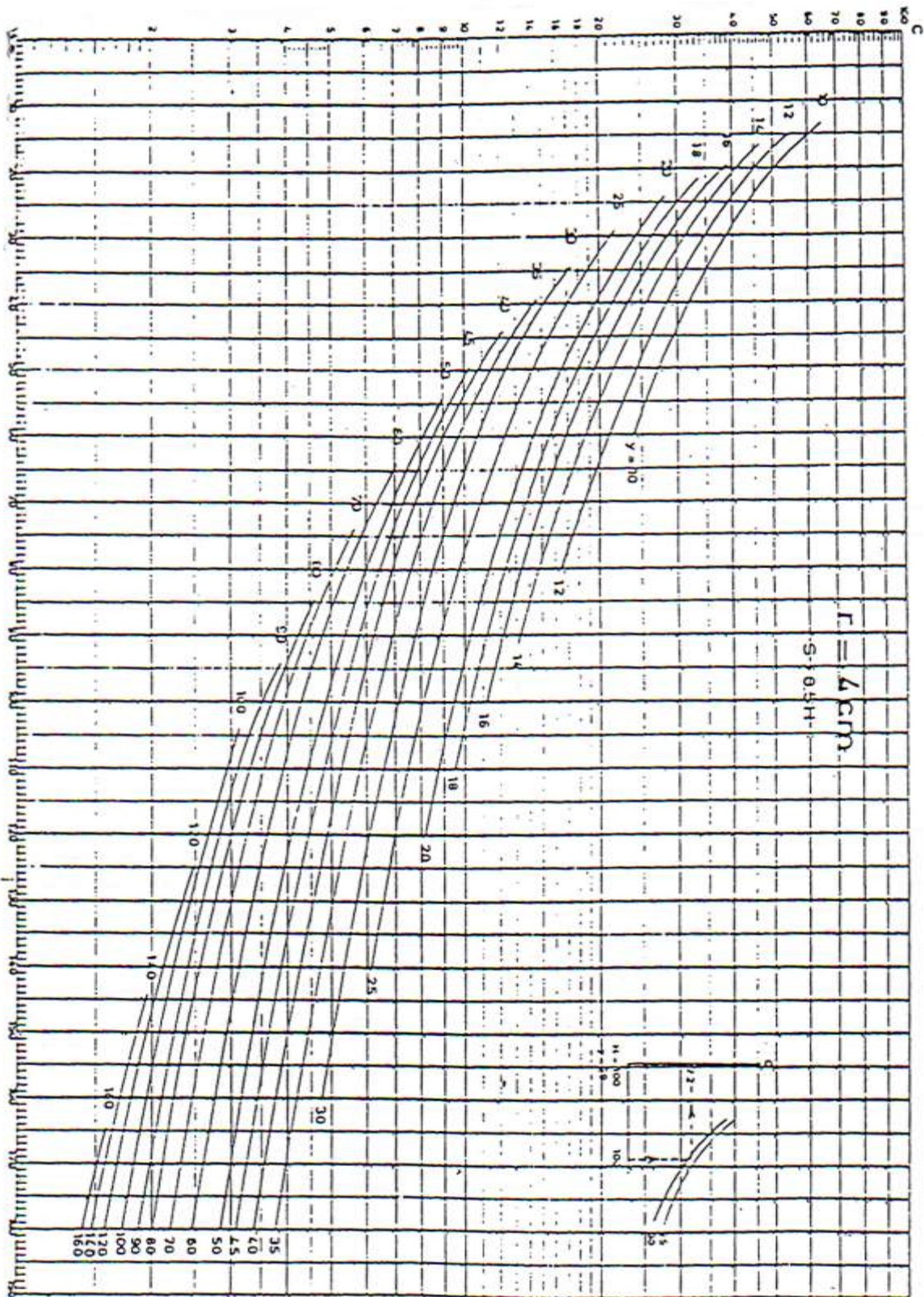
Gambaran tabung berpori : Ketebalan 2 mm; lubang-lubang berjarak 4 mm satu dengan lainnya, dan dengan garis tengah 0.5 mm. Tabung berpori berbentuk silindris, dan bergaris tengah luar 8 cm, dan panjang 1 meter. Pada kedua ujung tabung berpori ada lempeng penguat. Untuk mengeluarkan tabung berpori dari lubang Auger perlu adanya alat pengangkat tabung.



Bulletin No. I THE AUGER HOLE METHOD

Internasional Institute for land reclamation and improvement waveningen

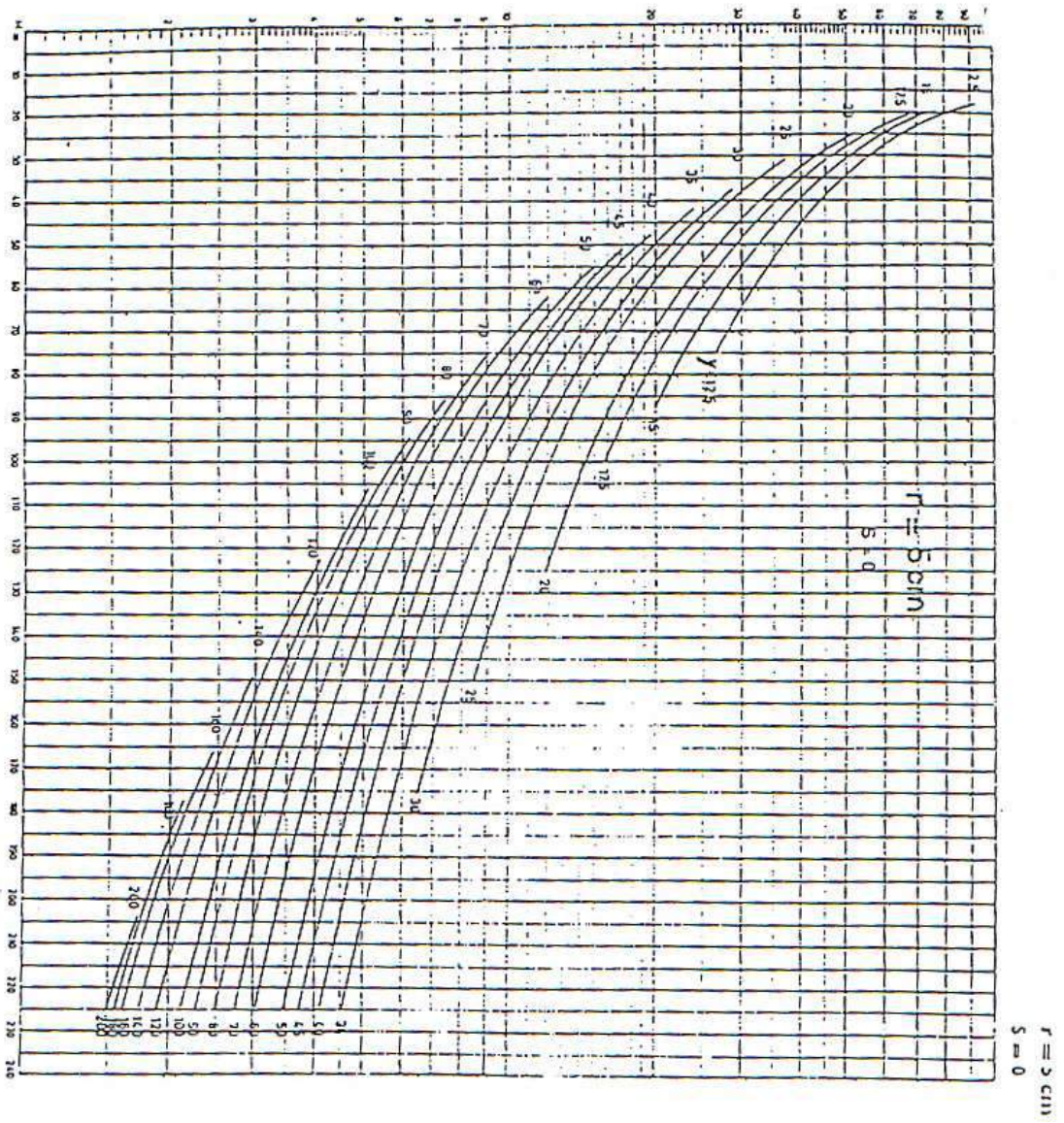
The.....



Bulletin No. I THE AUGER HOLE METHOD

Internasional Institute for land reclamation and improvement waveningen

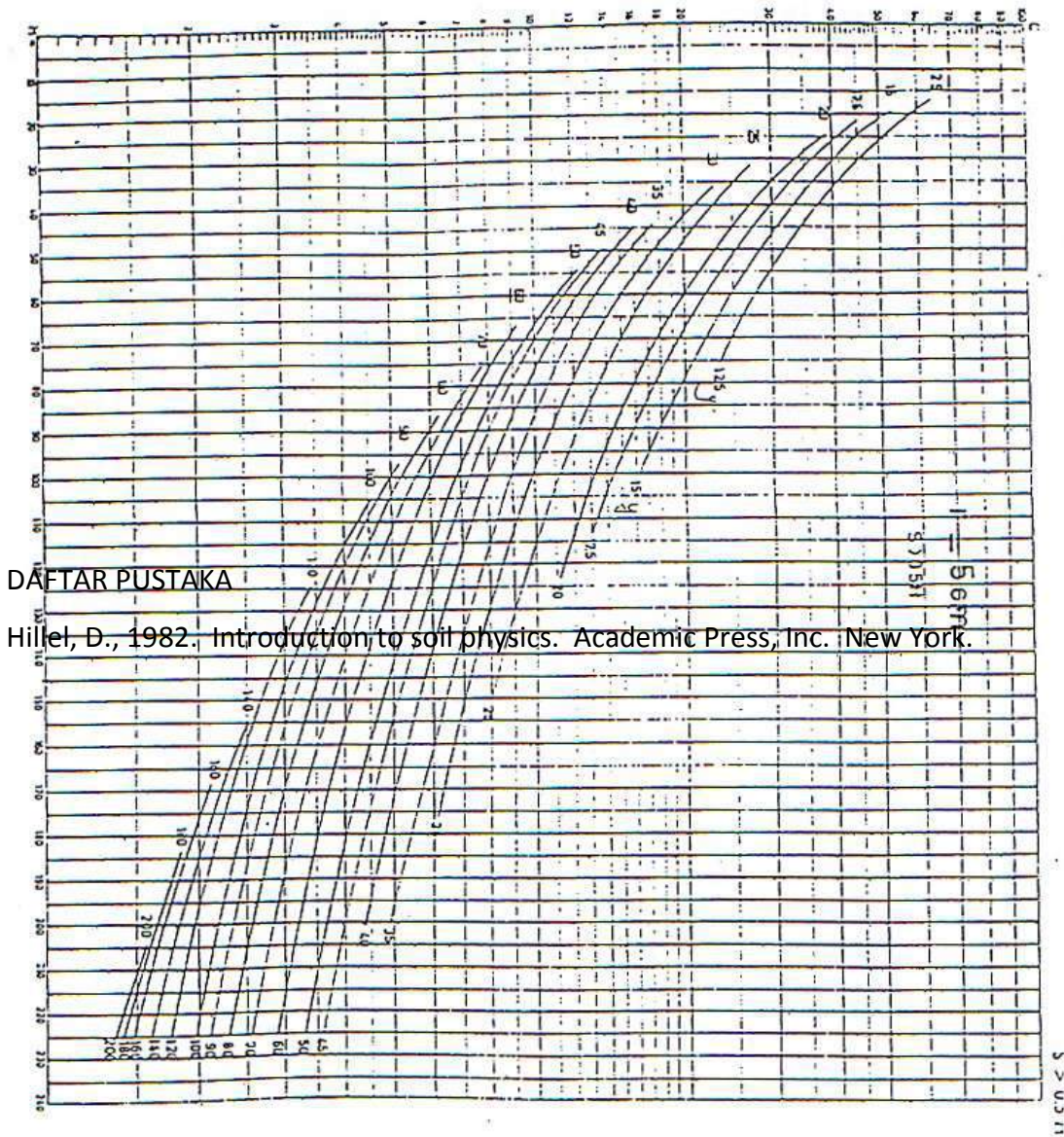
The.....



Bulletin No. I THE AUGER HOLE METHOD

Internasional Institute for land reclamation and improvement waveningen

The.....



DAFTAR PUSTAKA

Hillel, D., 1982. Introduction to soil physics. Academic Press, Inc. New York.