



PENGENALAN AIR TANAH PADA TANAH DASAR JALAN

Hermin Tjahyati

Ringkasan :

Air yang masuk kedalam tanah banyaknya tergantung dari evaporasi dan transpirasi. Air tersebut masuk kebawah lapisan tanah sampai pada lapisan kedap air dan menjadi air tanah. Air tanah terdiri dari beberapa macam dan pembagiannya sesuai dengan macam pergerakan air tanah tersebut yaitu : ground water, gravitational water dan held water.

Soil suction adalah bagian dari held water yang dapat mempengaruhi daya dukung tanah dan kembang - susut tanah sehingga akan mengurangi kestabilan tanah dasar jalan.

Kadar air tanah dasar tergantung pada tinggi rendahnya muka air tanah.

SUMMARY

Water in soil can consist in various form. The water entry to the soil depend on evaporation + transpiration. Most water can penetrate down into the layer of until impermeable soil at some depth. Soil water can be divided according to their movement of ground water in soil, such as : ground water, gravitational water and held water. A part of held water as soil water suction affect the bearing capacity of the soil. Some of held water should be taken into account in the swelling and shrinkage of the soil. Presence of the water table will influence subgrade moisture content when water table is within some depth as discribed in this paper.

I. PENDAHULUAN

Kadar air atau kelembaban tanah adalah suatu masalah yang sangat primer yang harus diperhatikan dalam stabilitas perkerasan jalan. Struktur perkerasan jalan yang letaknya sedemikian rupa diatas tanah dasar sangat dipengaruhi sekali oleh variasi perubahan kadar air tanah. Perubahan kadar air tanah dasar ini dapat terjadi karena beberapa hal diantaranya adalah :

1. Seepage yang menuju keperkerasan jalan dari suatu tempat yang lebih tinggi letaknya.
2. Perkolasi air sepanjang permukaan perkerasan
3. Berubahnya ketinggian muka air tanah (water table)
4. Penyusupan air dari lapisan tanah dibawah lapisan perkerasan (sub soil)

5. Penyusupan air oleh penguapan air yang terdapat pada lapisan tanah.
6. Penyusupan air dari atau menuju daerah bahu jalan.

Untuk mengetahui perubahan kadar air pada tanah dasar dibawah sistem perkerasan jalan, maka harus dipelajari sifat-sifat tanah dasar akibat dari pergerakan air tanah.

II. PERGERAKAN AIR TANAH

2.1. FILOSOFI UMUM

Pada perencanaan maupun pelaksanaan perkerasan jalan, pengetahuan tentang air tanah sangat penting untuk dipelajari terlebih dahulu karena :

- a. Perubahan air tanah menyebabkan berubahnya kekuatan geser tanah.
- b. Perubahan air tanah menyebabkan berubahnya volume tanah.

Oleh karena itu dalam konstruksi perkerasan jalan, yang paling utama harus direncanakan dan dilaksanakan adalah suatu konstruksi drainase yang baik. Dengan sistem drainase yang baik maka perubahan kadar air yang menyebabkan rusaknya perkerasan dapat dihindarkan. Selain itu sub soil drainage akan merupakan pengontrol kondisi air tanah. Untuk membuat sub soil drainage perlu diketahui tinggi dari permukaan air tanah maksimum.

2.2. AIR TANAH

Secara umum air tanah di kategorikan sebagai berikut :

- ground water
- gravitational water
- held water

kondisi air tanah dapat digambarkan seperti dalam gambar 1 dibawah ini:

2.2.1 Ground water

Ground water adalah air pada yang mengisi pori-pori tanah dan terdapat dibawah elevasi muka air tanah. Pergerakan air dalam kategori ini adalah mengikuti hukum Darcy :

$Q = k.i.A$ dimana Q = debit air yang melewati area A untuk satu satuan waktu

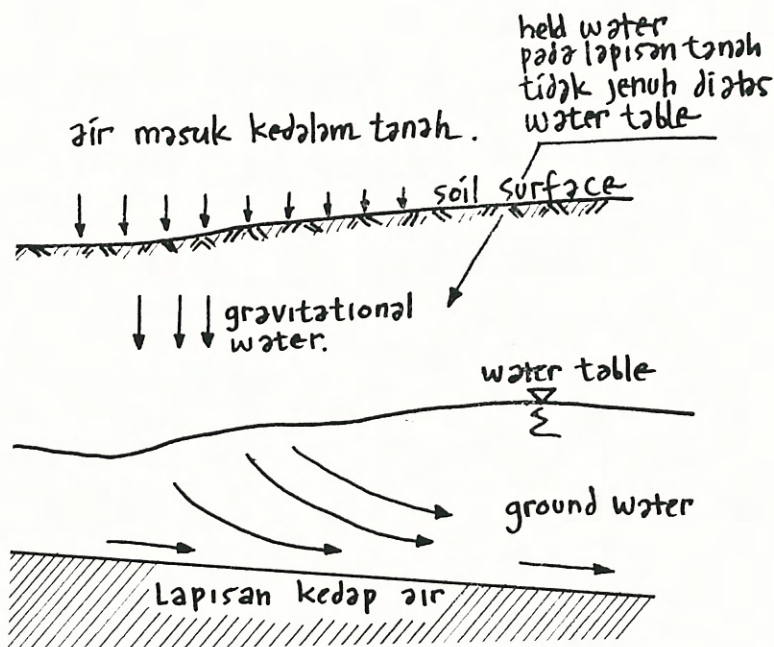
k = koefisien permeabilitas tanah

A = penampang yang dilewati air

2.2.2. Gravitational water

Ini adalah air tanah yang pergerakannya dipengaruhi gaya gravitasi, struktur dan porositas tanah. Selain itu juga dipengaruhi oleh adanya udara dalam ruang pori tanah.

Maka didalam kategori ini hukum Darcy tidak berlaku lagi. Gravitational water ini sebelumnya tidak menimbulkan masalah terhadap perkerasan jalan terutama



Gbr. 1. Air tanah dalam kategori ground water gravitational water dan held water

struktur perbesaran jalan selalu direncanakan untuk kedap air. Kecuali bila ada pergerakan air yang bergerak menuju kemuka air tanah berdefleksi ketanah asli. Aliran air yang terdapat sepanjang sisi jalan ditangkap dengan menggunakan sub soil drainage. Sedangkan gravitational water yang berada dibatas jalan (verge) sulit dihindarkan sehingga akan menyebabkan efek sisi (edge effect) dibawah perkerasan jalan.

2.2.3. Held Water

Held water adalah air tanah yang pergerakannya tidak dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Sekalipun demikian held water ini tidak dapat dianggap statis. Held water tidak dapat dengan mudah dihilangkan dari tanah karena biasanya merupakan air yang tertahan karena adanya

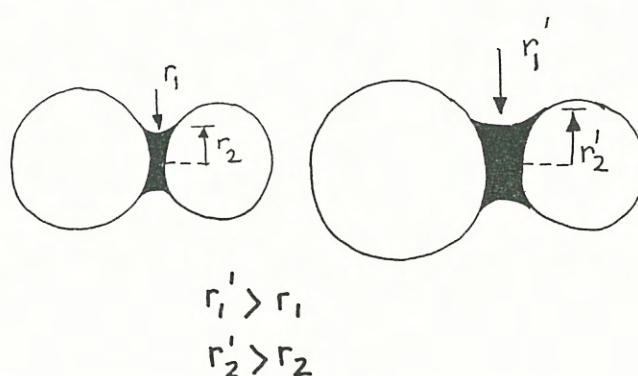
- Tegangan permukaan (surface tension)
- Gaya absorptive (absorptive force)

Pada umumnya held water bergerak dengan pergerakan yang lambat tetapi akan mencapai jumlah yang besar setelah waktu yang cukup lama. Air tanah dalam kategori ini termasuk air yang menguap dan dibagi menjadi :

- 1) Air yang merupakan kombinasi kimia, terhadap didalam struktur kristal dari partikel tanah
 - 2) Air yang terserap pada permukaan partikel (hygroscopic water)
 - 3) Air yang tertahan dipermukaan oleh tegangan permukaan disekitar titik kontak partikel-partikel
 - 4) Air yang tertahan oleh kapilaritas dari ruang pori partikel-partikel (capillary water)
- Air yang merupakan kombinasi kimia yang terdapat dalam struktur kristal dari partikel tanah, jumlahnya hanya sedikit. Air ini dapat dihilangkan dengan memanasi sampai temperatur $t = 105^{\circ}$ celsius. Sedangkan untuk tanah yang mengandung gypsum, ikatan kimia tipe ini akan lepas bila dipanasi sampai temperatur $t = 105^{\circ}$ celsius.

Air yang terserap pada permukaan partikel adalah tipe yang sangat penting terutama bila terdapat pada tanah lempung (clay). Didalam tanah lempung, air tipe ini didapat dalam jumlah yang cukup besar melapisi butiran tanah. Dalam hal ini bila kadar air tanah lempung berubah maka tebal lapisan air yang menyelimuti (water film) butiran tanah akan berubah. Bertambahnya atau berkurangnya kadar air ini akan memberikan sumbangan pada pertambahan pengembangan (swelling) atau penyusutan (shrinkage) tanah lempung tersebut, Air ini tidak mudah hilang sama sekali bila dipanaskan sampai temperatur $t = 105^{\circ}$ C, hal ini dapat dibuktikan bila temperatur yang memanasi tanah tersebut ditambah lagi ternyata masih terdapat pengurangan berat dari tanah tersebut. Pada umumnya tanah yang dikeringkan akan menyerap air dari sekelilingnya. Pengembangan tanah akibat penyerapan sangat tergantung dari relatif humidity dari atmosfer dan luas permukaan dari partikel-partikel tanah lempung.

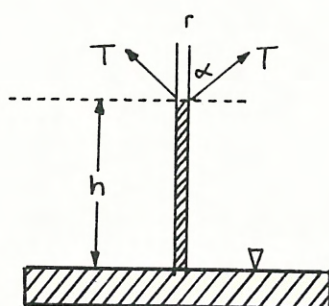
3. Air yang tertahan dipermukaan oleh tegangan permukaan disekitar titik kontak partikel-partikel. Gaya tegangan permukaan terjadi pada batas antara setiap cairan dengan butiran tanpa tergantung pada bentuk permukaan butiran. Tetesan air yang jatuh diantara dua butiran akan dipegang oleh gaya tegangan permukaan seperti pada gambar (2) berikut ini :



Gbr. (2) tegangan permukaan diantara butiran tanah.

Dari gbr. (2) dapat dilihat bahwa jari-jari interface dari udara dan air akan membesar apabila kandungan air membesar, sehingga sampai saat pertambahan tertentu, air tidak bisa dipegang lagi oleh gaya (tegangan) permukaan dan air terbuang dari permukaan butiran tanah.

4. Air yang tertahan oleh kapilaritas dari ruang-ruang pori partikel. Besarnya gaya kapilaritas air dapat dijelaskan sebagai berikut dalam gambar (3) :



Gbr. (3) Gaya Kapiler

Dari gambar (3) dapat dijelaskan bahwa gaya kapiler menyebabkan permukaan air pada pipa menjadi lebih tinggi. Apabila diketahui gaya tegangan permukaan yang bekerja pada batas air dan tabung kaca, maka besaran tinggi air yang terserap gaya kapiler dapat dihitung dengan menggunakan dasar

keseimbangan yaitu komponen vertikal dari gaya tegangan permukaan sama dengan gaya gravitasi yang bekerja pada cairan dengan persamaan sebagai berikut :

$$2 T \cos \alpha = \rho \omega \cdot h \cdot r \cdot g$$

$$\text{atau } h = \frac{2 T \cos \alpha}{\rho \omega \cdot r \cdot g}$$

dimana :

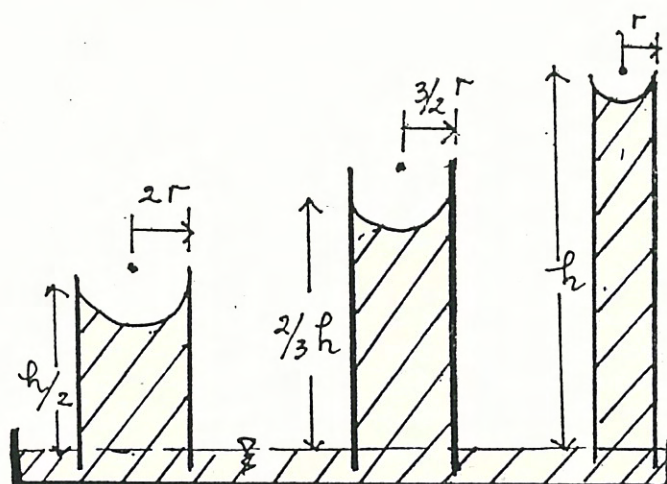
h = tinggi kapilaritas

T = gaya tegangan permukaan

$\rho \omega$ = kerapatan air

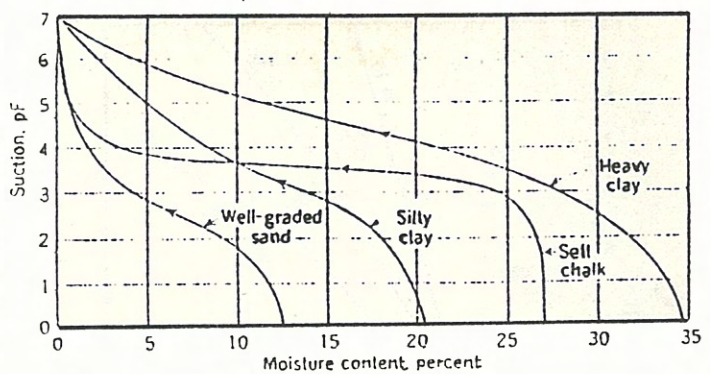
r = jari-jari pipa kapiler

dari rumus diatas terlihat semakin kecil jari-jari (r) semakin besar tinggi kapilaritas (h). Jari-jari (r) proposional dengan berkurangnya tekanan dari permukaan. " $h \cdot \rho \omega \cdot g$ ". Secara fisik dapat digambarkan sebagai gambar (4) berikut ini :



gbr. (4) hubungan antara h dengan r dan tegangan permukaan

Pentingnya mengenai keberadaan held water dalam tanah ada hubungannya dengan penyelidikan berkurangnya tekanan air pori dalam sistem konstruksi jalan. Dengan adanya pengurangan air pori akan terjadi pertambahan tegangan efektif, kemudian akan menimbulkan efek HELD WATER pada kestabilan dari material yang digunakan untuk jalan. Pengurangan tekanan air pori tadi dikenal dengan nama SOIL WATER SUCTION atau disingkat dan dikenal sebagai soil suction.



Relations between suction and moisture content for various porous materials (drying condition). (After Croncy and Jacobs [6].)

III. SOIL SUCTION

Seperti yang telah dibahas dalam bab II, soal suction adalah pengurangan tekanan air pori yang terjadi pada held water. Untuk mencari besaran soil suction dapat dilakukan dengan pengujian laboratorium. Besaran soil suction dinyatakan dalam pF yaitu logaritma untuk 1 g/cm² suction = 1 cm tekanan air.

Hubungan pF dengan soil suction dinyatakan dalam tekanan air atau dalam N/m² seperti dalam tabel dibawah ini :

pF	Equivalent Suction	
	cm of water	N/m ²
0	1	97,9
1	10	$97,9 \times 10$
2	10^2	$97,9 \times 10^2$
3	10^3	$97,9 \times 10^3$
4	10^4	$97,9 \times 10^4$
5	10^5	$97,9 \times 10^5$
6	10^6	$97,9 \times 10^6$
7	10^7	$97,9 \times 10^7$

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pF = 0 bukan berarti tidak terjadi suction tetapi ada suction dengan tekanan = 1 cm air. pF = 3 adalah suction yang tekanannya sama dengan 1 atm = 14,2 psi Sedangkan pF = 7 adalah suction yang terjadi bila dalam keadaan kering oven.

Dari percobaan Croncy & Jacobs dengan percobaan-percobaannya didapat hubungan antara soil suction dengan kadar air yang disimpulkan dalam grafik seperti yang dapat dilihat dari gambar (5) berikut ini :

Gbr. 5 Hubungan antara suction dan kadar air untuk beberapa jenis tanah. (after Croncy and Jacobs)

Dari gambar. 5 terlihat bahwa :

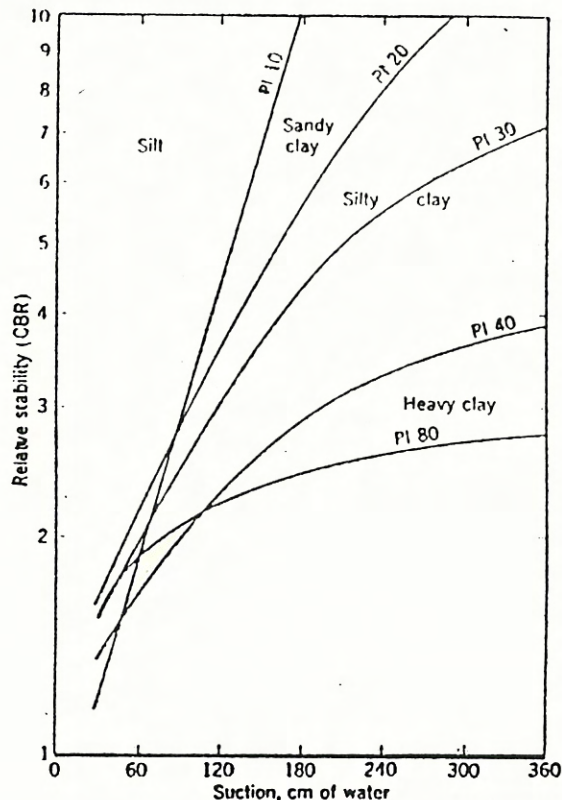
1. Semakin tinggi kadar air semakin kecil soil suction yang terjadi
2. pada pori-pori tanah yang mempunyai ukuran yang sama, ternyata pengurangan kadar air hanya menaikkan suction sedikit saja.
3. untuk tanah dengan gradasi yang variabel, pengurangan kadar air akan menaikkan suction secara perlahan-lahan.

Selain itu juga diinformasikan bahwa khusus untuk tanah liat :

- Contoh tanah liat terganggu akan memberikan harga suction yang besar
- Besaran suction sangat sensitif terhadap perubahan sedikit saja dari komposisi, struktur dan cara pengujian.

IV. HUBUNGAN SUCTION DENGAN KEKUATAN TANAH

Berbagai penelitian mengenai hubungan suction dengan kekuatan tanah telah dilakukan dan diantaranya dapat digunakan sebagai referensi yaitu dari penelitian yang dilakukan oleh RUSSAM seperti dalam grafik (6) dibawah ini :



Estimated relations between relative stability (CBR) and suction for soils of various plasticities. (After Russam [15].)

Gambar (6). Hubungan antara CBR dan suction, (Russam)

Berdasarkan hasil penelitian dari grafik 6 diatas diperoleh :

1. Bahwa kekuatan tanah (dinyatakan dalam stabilitas relatif) diukur dalam besaran CBR, akan naik bila suction naik.
2. Untuk tanah dengan plastisitas rendah, kekuatan tanah berubah cepat dengan efektif stressnya, sehingga bertambahnya efektif stress akan menaikan soil suction.
3. Tanah dengan plastisitas yang tinggi dimana kekuatan tanahnya merupakan fungsi dari kohesi ($\sigma = c + T \tan \phi$), semakin bertambah harga plastisitas akan semakin berkurang kemampuan suctionnya.

V. PENUTUP

Dari pembahasan mengenai jenis air tanah dan pergerakannya yang dapat mempengaruhi pada keawetan konstuksi jalan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi dan karakteristik air tanah dibawah permukaan jalan dapat mempengaruhi kekuatan tanah dasar untuk jalan. Karena perubahan air tanah akan menyebabkan berubahnya volume tanah.
2. Untuk mengatasi perubahan air tanah ini perlu direncanakan dan dilaksanakan drainase yang baik pada konstruksi jalan.
3. Held water adalah bagian dari air tanah yang mengisi pori-pori tanah, sangat penting untuk dikenali karena berkurangnya tekanan air pori akan menyebabkan pertambahan tekanan efektif, kemudian akan menimbulkan efek held water pada kestabilan dari material yang digunakan untuk jalan.
4. Soil suction mempengaruhi besarnya gaya dukung tanah dasar jalan.

VI. PUSTAKA

1. "Highways Engineering" fourth edition John Wiley & sons 1982 C.H. Oglesby & R. Gary. Hicks
2. "Kadar Air Pada Sistim Perkerasan" Dr. Ir. Suhardjito Pradoto, 1986
3. "Highways Construction" Mc. Carter, 1985 - Pasca Sarjana Jalan Raya ITB - UCL

Penulis

Ir. Hermin Tjahyati, Msc Staf Balai Penyelidikan Tanah untuk jalan. Lulus Jurusan Teknik Sipil ITB tahun 1976 dan Pasca Sarjana jalan Raya ITB tahun 1986. Bekerja pada Dirjen Bina Marga tahun 1976 - 1979, Sejak tahun 1979 - sekarang bekerja di pusat Litbang jalan dan aktif melakukan studi dalam bidang Geo Teknik.

FORMAT ARTIKEL FORUM PENELITIAN

**Pendahuluan
Metoda Penelitian
Kerangka Pemikiran
Hasil dan Pembahasan
Kesimpulan dan Saran
Daftar Pustaka
Lampiran**

