

REMBESAN AIR DALAM TANAH

Bagian 1

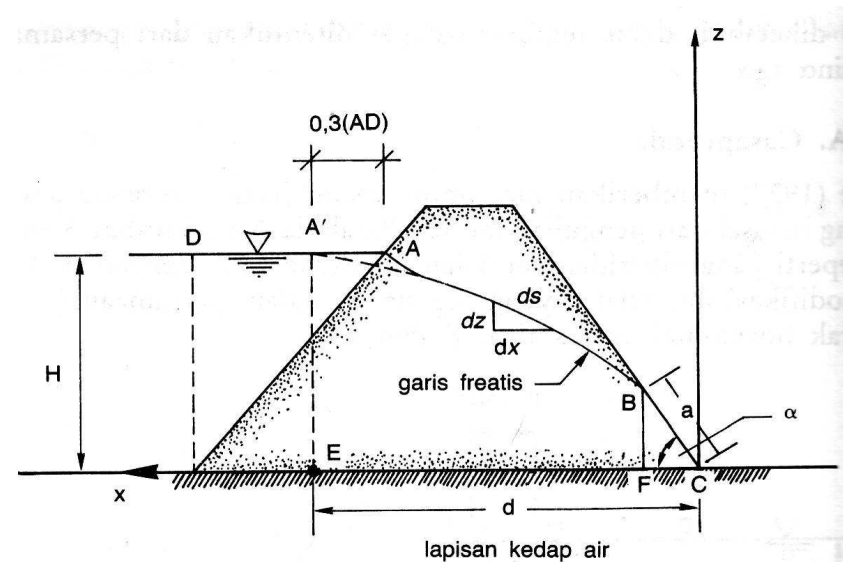
Dosen Pengampu:

RUNI ASMARANTO, ST., MT

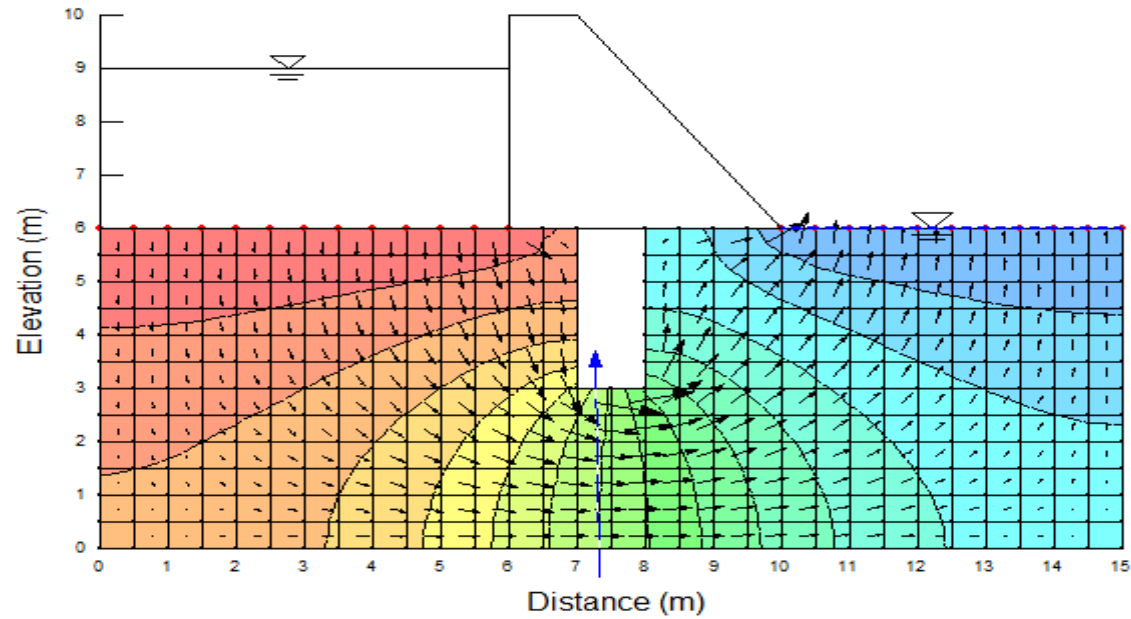
Email : runi_asmaranto@ub.ac.id

REMBESAN AIR DALAM TANAH

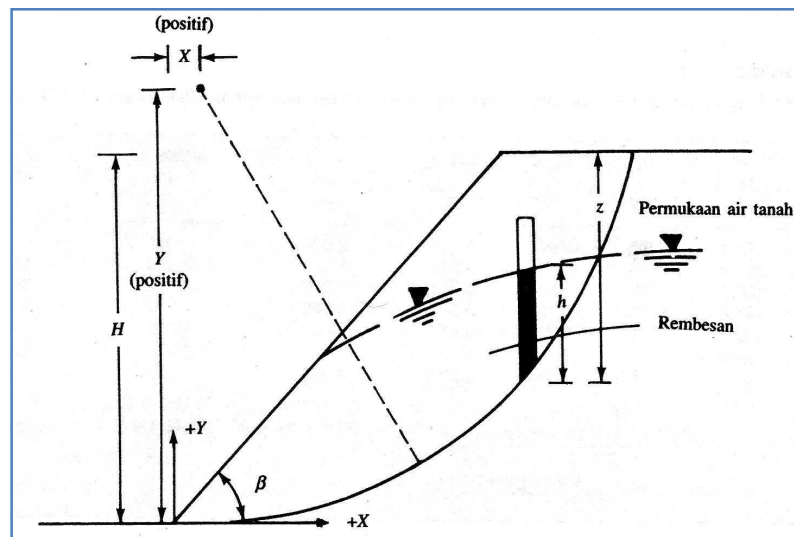
Tanah tersusun oleh butiran-butiran tanah padat dan pori-pori yang saling berhubungan satu sama lain. Mempelajari aliran air dalam tanah sangat penting dalam memperhitungkan banyaknya air yang merembes di bawah bangunan air, memecahkan masalah pemompaan air (pumping test), pelaksanaan konstruksi pekerjaan air tanah, juga perhitungan stabilitas bendungan tanah.



ALIRAN DIDALAM TUBUH BENDUNGAN HOMOGEN



ALIRAN DIBAWAH BENDUNG atau PELIMPAH



ALIRAN PADA SEBUAH LERENG TERBATAS

1. Gradien Hidrolis

Berdasarkan pada persamaan Bernouli, total HEAD pada suatu titik dalam air yang bergerak adalah :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + z$$

Dimana :

$\frac{p}{\gamma_w}$ = pressure head

$\frac{v^2}{2g}$ = velocity head

Z = elevasi

P = tekanan

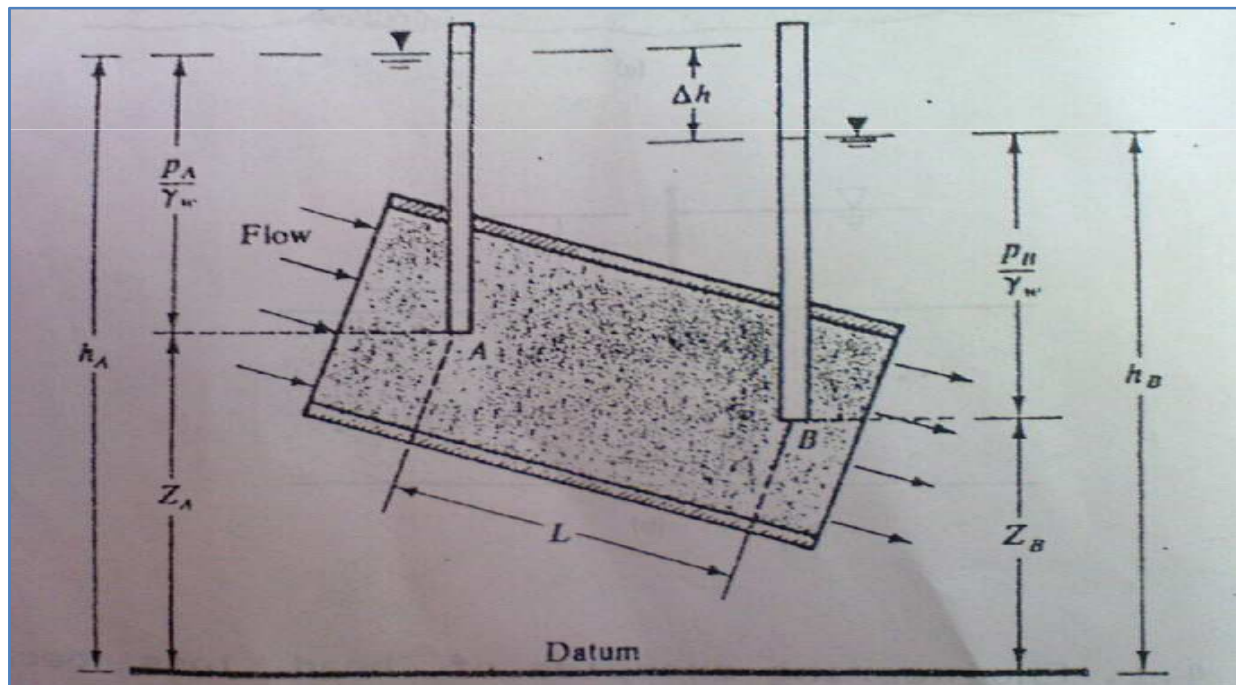
V = kecepatan

g = gravitasi

γ_w = berat volume air

Apabila persamaan Bernouli diatas dipakai untuk air yang mengalir dalam tanah (kecepatan dari aliran air dalam tanah kecil), maka persamaan tersebut diatas menjadi :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + z$$



Pressure, Elevation, and Total Head in Flow through soil

Gambar diatas menunjukkan hubungan antara *pressure head*, *elevation head*, dan *total head* aliran air didalam tanah. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa *Piezometer* dipasang di titik A dan B. Ketinggian air didalam piezometer dinamakan : “Piezometer Level”.

Pressure head disuatu titik adalah sama dengan tinggi air yang naik dalam *Piezometer* yang dipasang pada titik yang bersangkutan. Sedangkan *Elevation Head* disuatu titik adalah merupakan jarak vertikal yang diukur dari suatu bidang horisontal yang diambil sembarang (dinamakan DATUM) ke titik yang bersangkutan.

Jadi kehilangan energi antara titik A dan B adalah :

$$\Delta h = h_A - h_B = \left[\frac{p_A}{\gamma_w} + z_A \right] - \left[\frac{p_B}{\gamma_w} + z_B \right]$$

Head loss dapat juga dituliskan sebagai :

$$\Delta h = i L$$

Dimana :

i = gradien hidrolis

L = jarak / panjang aliran

2. Hukum DARCY

Menurut DARCY, kecepatan air (v) yang mengalir didalam tanah yang jenuh adalah :

$$v = k \cdot i \quad \text{dimana: } k = \text{koefisien permeabilitas}$$

Banyak air yang mengalir melalui penampang tanah dengan luasan A dalam suatu satuan waktu (debit) adalah :

$$q = v \cdot A$$

Sedangkan jumlah air yang mengalir dalam suatu waktu t adalah :

$$\text{Volume air} = Q = q \cdot t$$

$$Q = v \cdot A \cdot t$$

$$Q = k \cdot i \cdot A \cdot t$$

3. Penentuan Harga Koefisien Rembesan (k)

Penentuan nilai koefisien permeabilitas dapat dilakukan melalui pengujian laboratorium maupun pengujian dilapangan.

3.1. Penentuan Harga k di laboratorium

Untuk uji laboratorium, biasanya dilakukan dengan 2 metode pengujian yaitu :

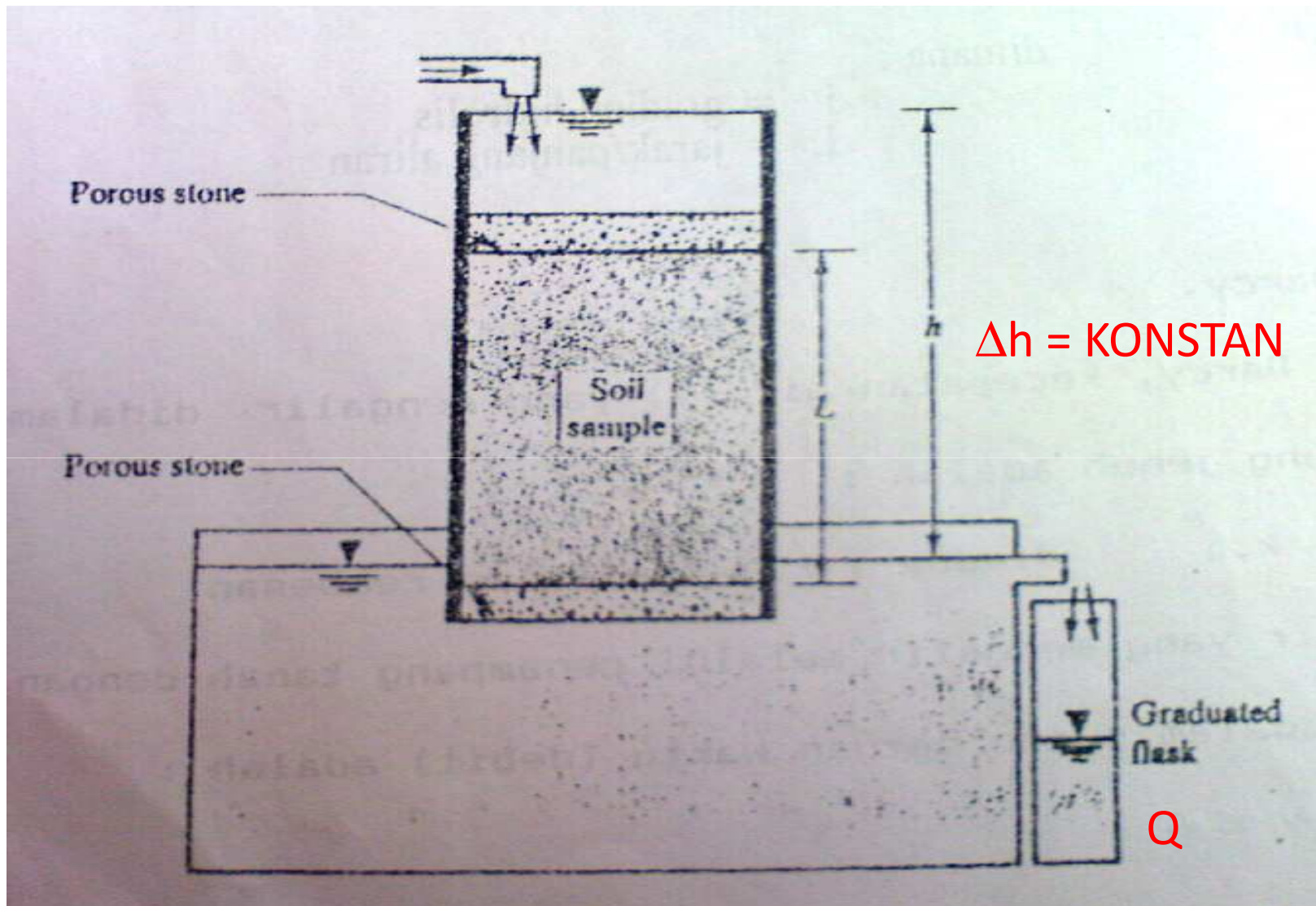
- a. *Constant Head Test (uji tinggi konstan)*
- b. *Falling Head Test (uji tinggi jatuh)*

A. Constant Head Test

Untuk test dengan cara *constant head test* banyaknya air yang mengalir lewat contoh tanah ditampung dalam gelas ukur. Waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan air tersebut di catat. Perlu diingat bahwa pada *constant head test*, tinggi muka air diatas contoh tanah di USAHAKAN tetap (constant). Apabila volume air yang dikumpulkan dalam gelas ukur adalah Q , dan waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan adalah t , maka :

$$k = \frac{Q}{A.i.t}$$

SKEMA UJI : CONSTANT HEAD



b. Falling Head Test

Untuk test Falling Head, air didalam pipa yang dipasang diatas contoh tanah dibiarkan turun. Volume air yang melewati contoh tanah adalah sama dengan volume air yang hilang di dalam pipa :

$$k \cdot (h/L) \cdot A \cdot dt = a \cdot dh \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

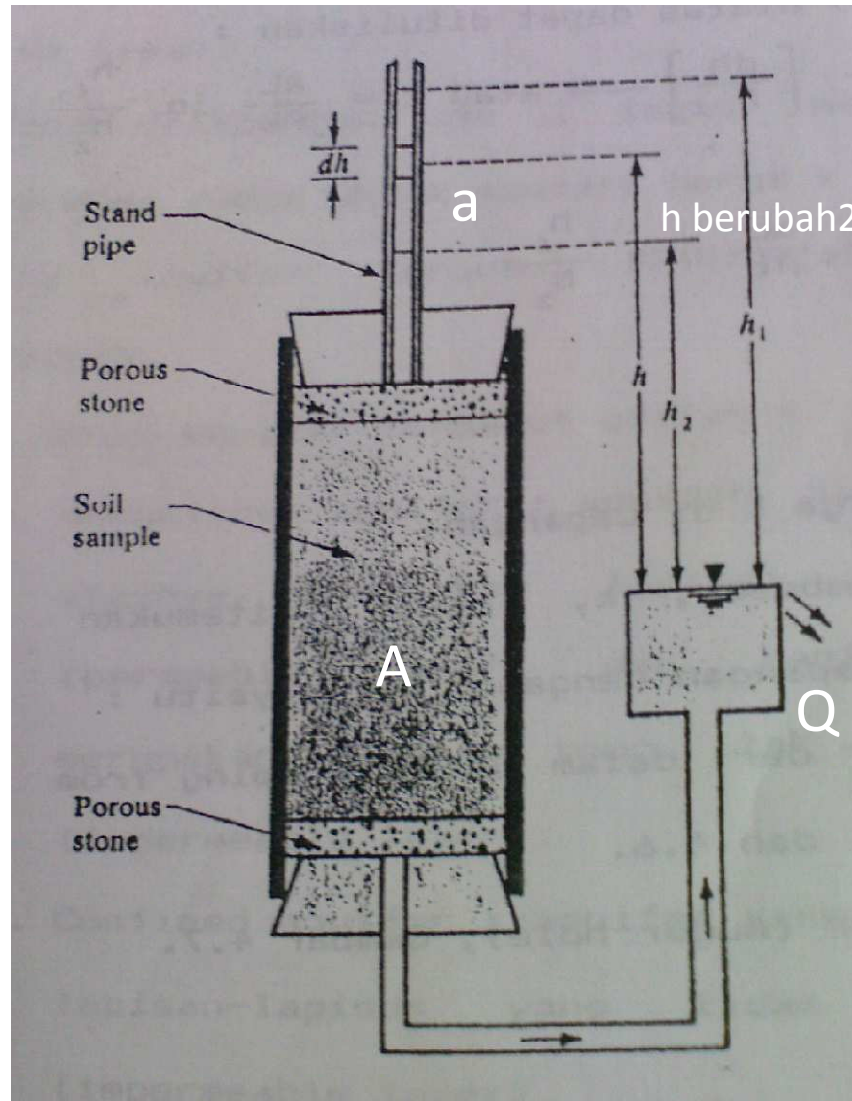
A = luas penampang contoh tanah

a = luas penampang pipa (tabung buret)

dt = waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir

dh = tinggi air didalam pipa yang hilang

SKEMA UJI : FALLING HEAD



Persamaan (1) diatas dapat dituliskan :

$$dt = (a.L/A.k). (dh/h).....atau t = (aL/Ak) \ln (h_1/h_2)$$

Atau dapat disederhanakan menjadi :

$$k = 2.303 \frac{a.L}{A.t} . \log \frac{h_1}{h_2}$$

Contoh Soal :

1. Hasil pengujian *constant Head* dilaboratorium untuk contoh tanah pasir halus yang mempunyai diameter 150mm dan panjang 300mm adalah sebagai berikut :

Perbedaan tinggi konstan = 550mm

Waktu untuk mengumpulkan air = 5 menit

Volume air yang dikumpulkan = 350 cc

Temperatur = 24°C

Tentukan koefisien permeabilitas rembesan untuk tanah tersebut pada suhu 20 °C :

3.2. Penentuan Harga k di lapangan

Koefisien rembesan , 'k' dapat ditentukan secara langsung dilapangan dengan 2 cara yaitu :

1. Memompa air dari dalam sumur (*pumping from well*)
2. Lubang Auger (*Auger Hole*)

1. Pumping from well

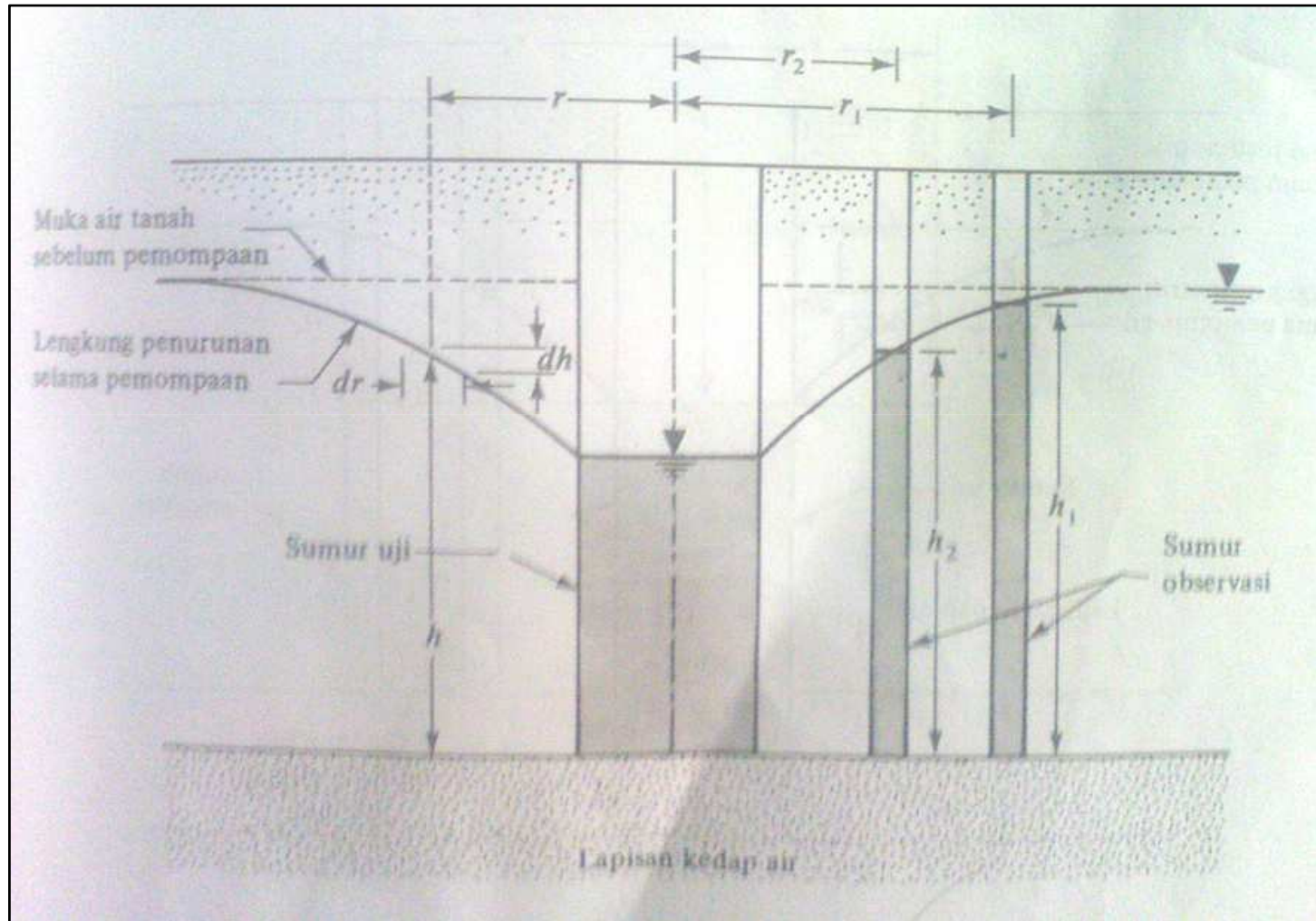
Cara melakukan :

- Disekitar sumur yang dites (well test), dibuat beberapa sumur observasi (*observation well*) pada jarak yang berbeda-beda dari sumur yang dites.
- Air dari dalam sumur dipompa dengan kecepatan konstan
- Setelah pemompaan dimulai, ketinggian air didalam sumur yang dites dan sumur observasi diukur hingga kondisi *steady state* (keadaan konstan) tercapai.

Karena di lapangan ada 2 jenis (*type*) akuifer maka penurunan rumus untuk mencari harga 'k' untuk kedua jenis akuifer tersebut di jelaskan sbb:

- a. *Unconfined aquifer* : akuifer dimana lapisan atasnya merupakan lapisan tembus air (*permable layer*) dan bagian bawahnya merupakan lapisan yang tak tembus air (*impermeable layer*).
- b. *Confined aquifer* : akuifer yang diapit oleh lapisan-lapisan yang tidak tembus air (*impermeable layer*)

AKUIFER BEBAS (Unconfined Aquifer)



AKUIFER BEBAS (Unconfined Aquifer)

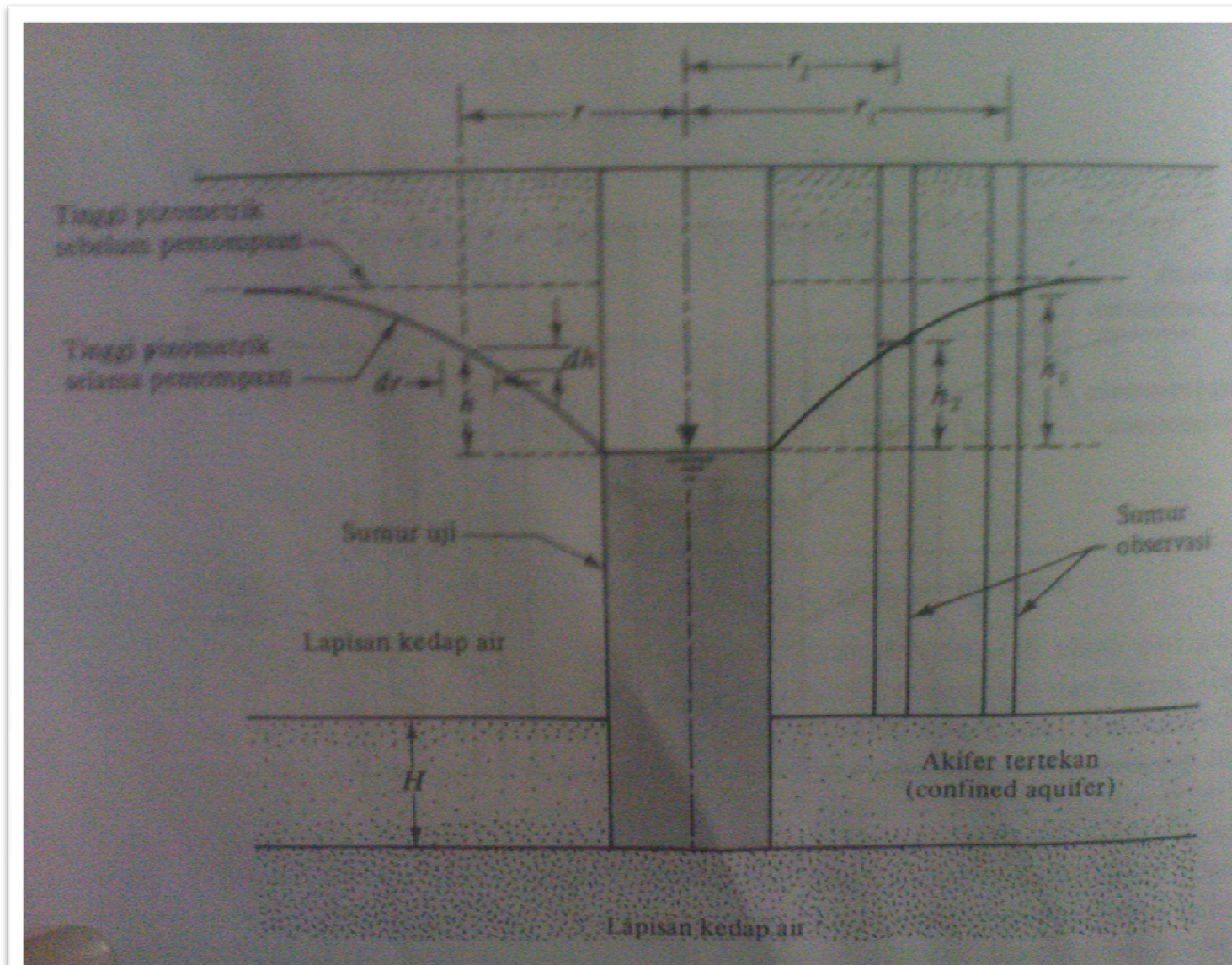
$$q = k \left[\frac{dh}{dr} \right] 2 \pi r h$$

$$\int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{r} = \left[\frac{2\pi k}{q} \right] \int_{h_2}^{h_1} h dh$$

$$[\ln r]_{r_2}^{r_1} = \frac{2\pi k}{q} \left[\frac{1}{2} h^2 \right]_{h_2}^{h_1}$$

$$k = \frac{2.303 \cdot q \cdot \log \left[\frac{r_1}{r_2} \right]}{\pi (h_1^2 - h_2^2)}$$

AKUIFER TERTEKAN (CONFINED AQUIFER)



confined Aquifer

$$q = k \left[\frac{dh}{dr} \right] 2 \pi r h$$

$$\int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{r} = \int_{h_2}^{h_1} \frac{2 \pi k H}{q} dh$$

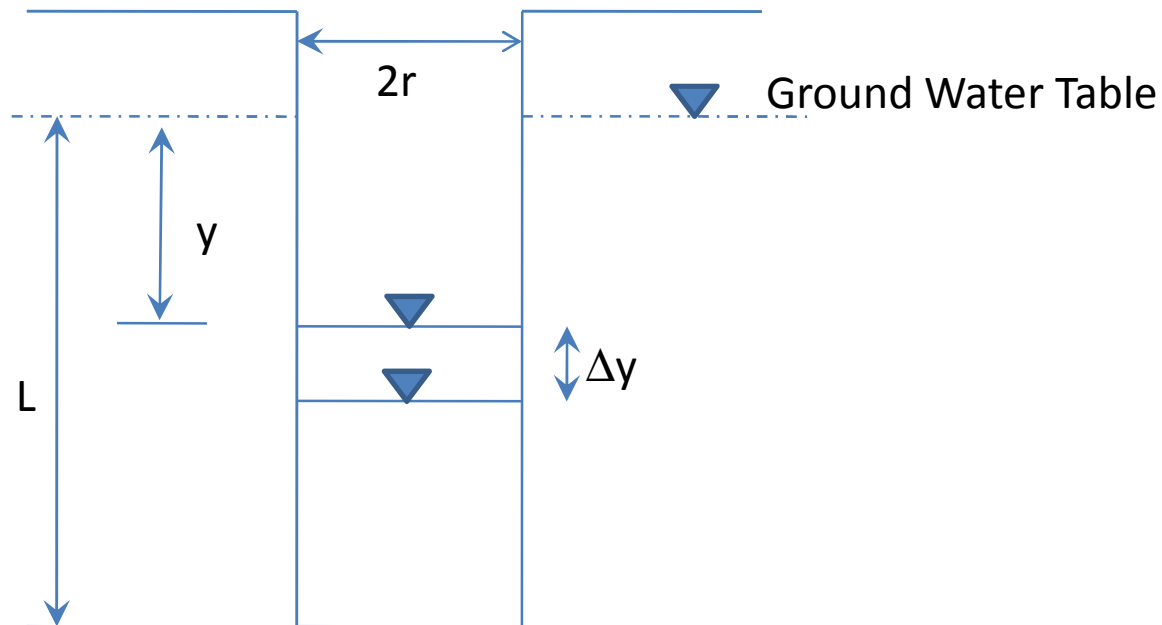
$$k = \frac{q \cdot \log \left[\frac{r_1}{r_2} \right]}{2,727 H (h_1 - h_2)}$$

2. Auger hole (lubang auger)

Cara melakukan :

- Lubang dibuat di lapangan sampai kedalaman L dibawah muka air tanah
- Air didalam lubang galian ditimba hingga muka air tanah didalam galian turun sebesar Δy .
- Waktu yang dibutuhkan oleh air di dalam galian tanah untuk naik ke posisi semula dicatat.

$$k = \frac{40}{\left[20 + \frac{L}{r} \right] \left[2 - \frac{y}{L} \right]} \left[\frac{r}{y} \right] \left[\frac{\Delta y}{\Delta t} \right]$$



Determination of coefficient of permeability from an auger hole