

HIROLOGI

Kuliah 3

Infiltrasi (*Infiltration*) Dan Redistribusi

Pengukuran sifat-sifat fisika tanah sangat diperlukan di dalam perencanaan dan perancangan suatu proyek yang berkaitan dengan pengembangan wilayah ataupun untuk pengukuran bidang pertanian, misalnya suatu daerah aliran sungai. Sifat-sifat ini termasuk laju infiltrasi air secara vertikal ke dalam profil suatu tanah.

Aplikasi Praktis Infiltrasi

Aplikasi praktis peranan air infiltrasi dalam kaitannya dengan usaha pencagaran/Konservasi air (*water conservating*).

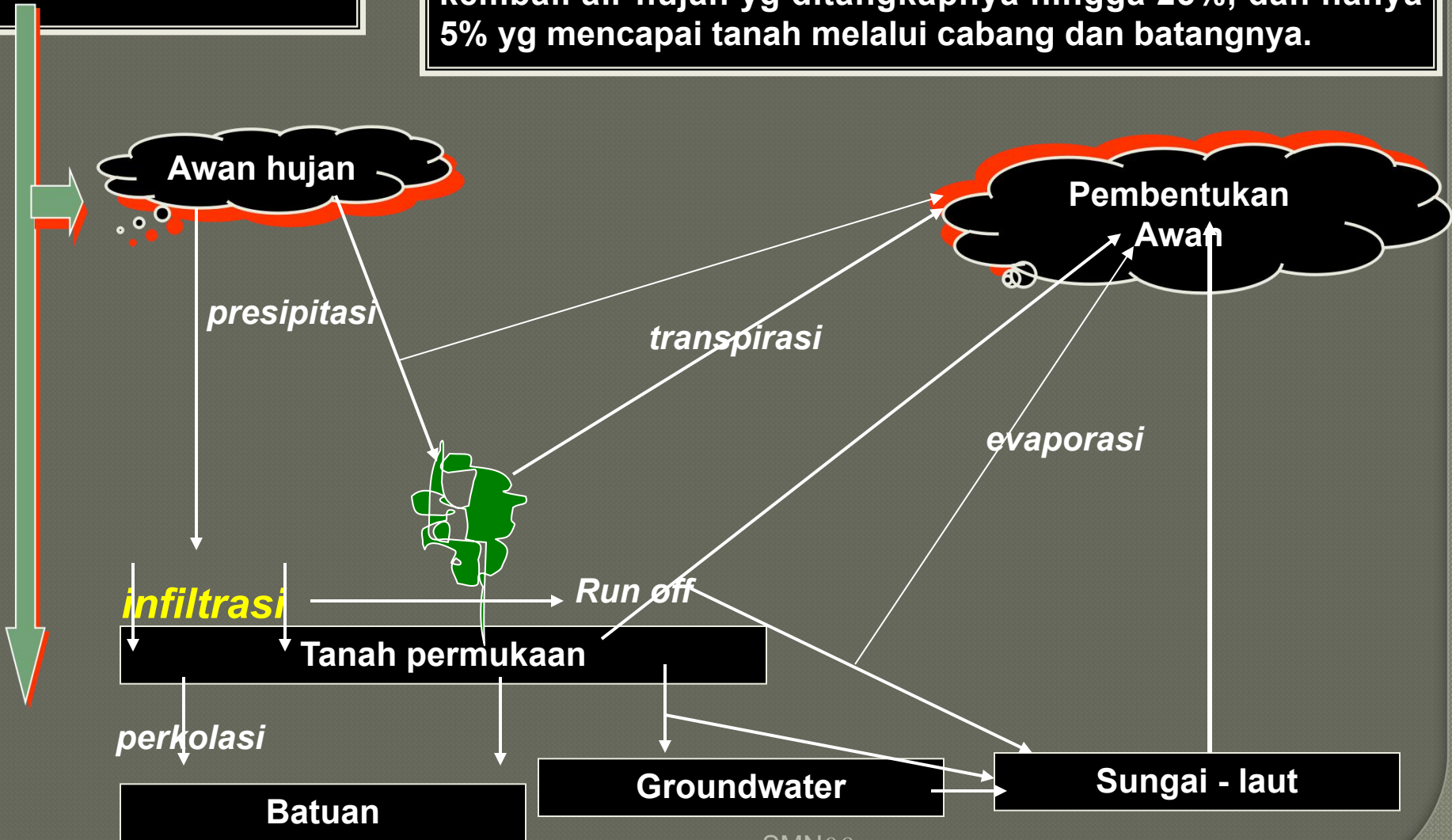
Konservasi air diprioritaskan di daerah resapan (*recharge area*) yang biasanya terletak di daerah yang wilayahnya didominasi oleh vegetasi dan curah hujan besar. Daerah resapan mempunyai nilai koefisien resapan yang besar.

Koefisien resapan (*recharge coefficient*) adalah banyaknya volume curah hujan yang mengalir sebagai air infiltrasi terhadap total curah hujan.

KEHILANGAN UAP AIR DARI TANAH

HADANGAN HUJAN OLEH TUMBUHAN

Tajuk tumbuhan mampu menangkap sejumlah air hujan, sebagian air ini diuapkan kembali ke atmosfer. Vegetasi hutan di daerah iklim basah mampu menguapkan kembali air hujan yg ditangkapnya hingga 25%, dan hanya 5% yg mencapai tanah melalui cabang dan batangnya.



Pengertian Infiltrasi

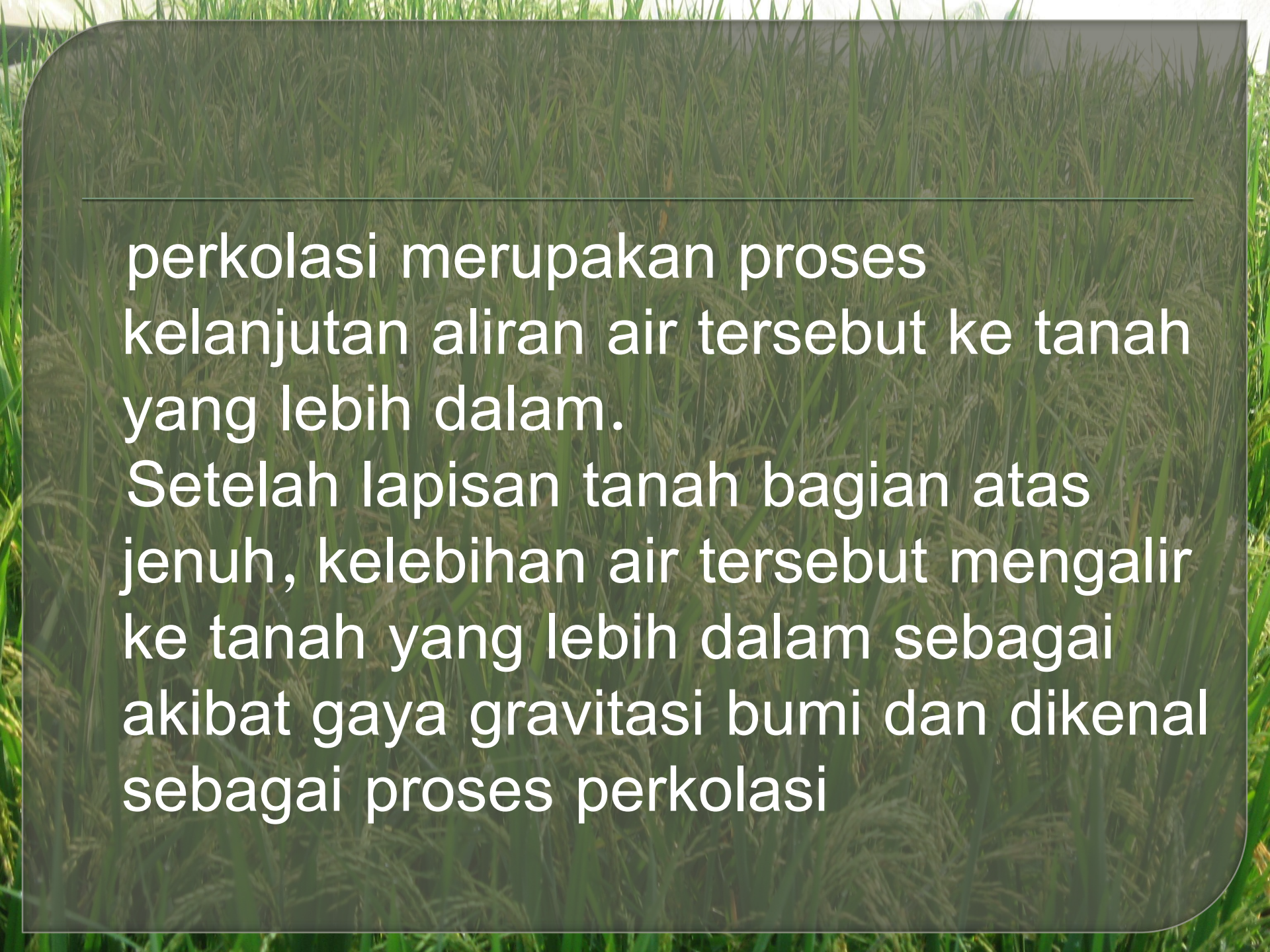
Infiltrasi adalah masuknya air ke dalam tanah ⊕ perkolasi = perjalanan air ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler dan gravitasi.

Infiltrasi terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah dalam menyerap kelembaban tanah.

Infiltrasi vs perkolasi

Infiltrasi= proses meresapnya air/proses pelaluan air, ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Kebalikan: mata air, perembesan (seepage)

Perkolasi= pergerakan air di dalam tanah melalui soil moisture zone (lingkungan sejumlah kecil air diantara sela-sela tanah yang menyebabkan kebasahan tanah) pada unsaturated zone, sampai mencapai muka air tanah pada saturated zone



perkolasi merupakan proses kelanjutan aliran air tersebut ke tanah yang lebih dalam.

Setelah lapisan tanah bagian atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gaya gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses perkolasi

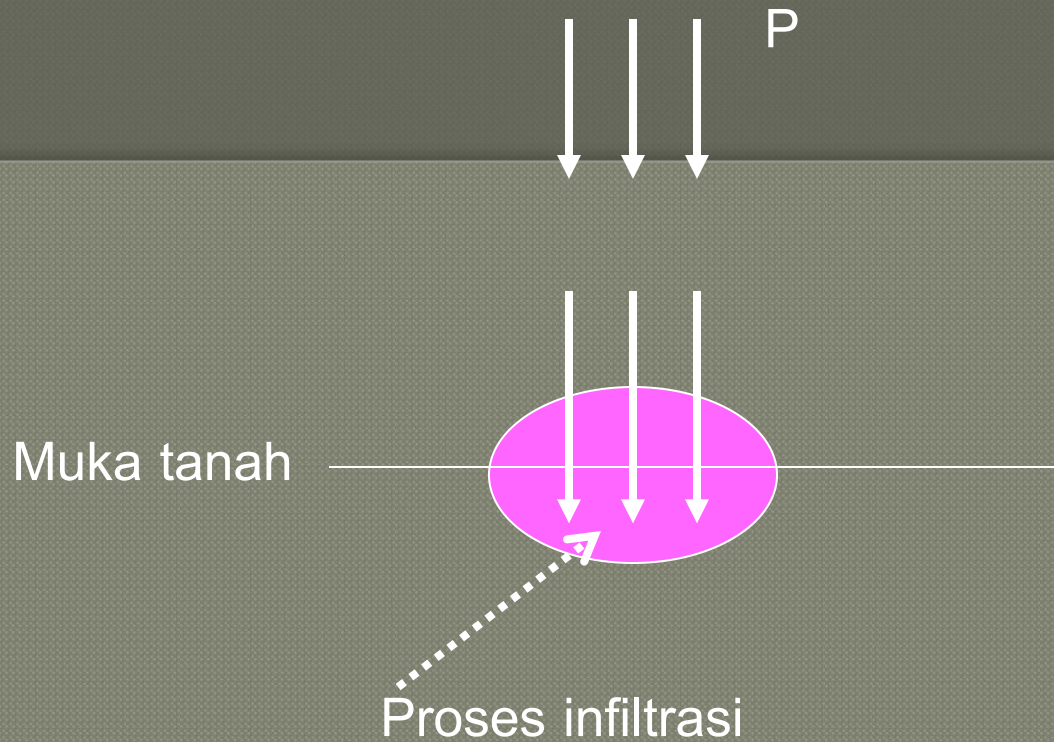
Proses Terjadinya Infiltrasi

Ketika air hujan menyentuh permukaan tanah, air hujan itu masuk melalui pori-pori permukaan tanah, proses ini dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler tanah.

Proses infiltrasi melibatkan tiga proses yang tidak saling tergantung yaitu :

1. Proses air hujan melalui pori-pori permukaan tanah.
2. Tertampungnya air hujan tersebut di dalam tanah.
3. Proses mengalirnya air tersebut ke tempat lain (bawah, samping, dan atas)

Proses Infiltrasi proses masuknya air ke bawah permukaan tanah



Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi

1. Karakteristik hujan: lama hujan, intensitas hujan ☾ terjadi pengurangan kapasitas infiltrasi secara konstan, karena:
 - pemadatan permukaan tanah
 - pembengkakan tanah liat dan humus
 - penyumbatan pori-pori oleh partikel kecil
 - terjeratnya gelembung-gelembung udara

2. Kondisi permukaan tanah; ada/tidak ada tanaman
3. Karakteristik tanah; tekstur dan struktur
Tekstur= aspek geometris dari partikel komponen suatu batuan, termasuk ukuran, bentuk dan aturan susunan butir-butir tanah
Struktur= perbedaan-perbedaan dari bidang perlapisan yang normal (paralel atau sejajar)
 - ☾ proses sedimentasi, tektonik
4. Pengerjaan tanah
5. Kondisi klimatologi
6. Nilai lembab tanah (soil moisture)
7. Kedalaman air yang tertahan di permukaan tanah (D) serta ketebalan lapisan tak jenuh (L)

Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan intensitas hujan.

Daya infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum yang dimungkinkan yang ditentukan oleh kondisi permukaan, termasuk lapisan atas tanah.

Kapasitas infiltrasi (infiltration capacity = f_p) = kec. infiltrasi maks. yang bisa terjadi kap. pada awal hujan besar ☾ mengecil bila profil tanah sudah jenuh (1-2 jam hujan).

Kecepatan infiltrasi (infiltration rate = f_a) = kec. infiltrasi yang terjadi sesungguhnya)
Dipengaruhi oleh intensitas hujan dan kapasitas infiltrasi

$f_a < f_p$ bila $i < f_p$

$f_a = f_p$ bila $i \geq f_p$

Infiltrasi

Laju infiltrasi

Tingkat di mana air masuk tanah di permukaan (in / jam atau cm / jam)

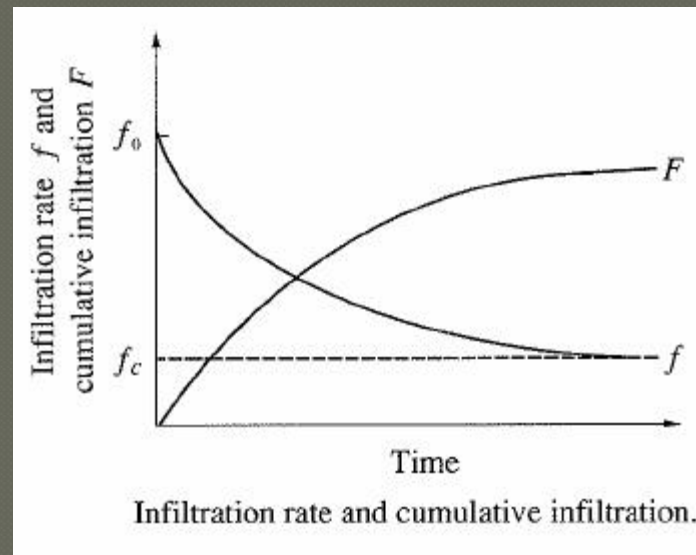
Kumulatif infiltrasi

$f(t)$

- Akumulasi kedalaman air infiltrasi selama periode waktu tertentu

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$



Persamaan Horton

Persamaan Horton

laju infiltrasi berkurang secara eksponensial
(Horton, 1939).

$$f(t) = fc + (fo - fc).e^{k.t}$$

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

Persamaan Horton



Persamaan Horton

Untuk menghitung jumlah infiltrasi total (V_t) selama waktu (t) maka dari persamaan Horton tersebut dilakukan integral dari persamaan Horton yang menghasilkan luasan dibawah kurva, yaitu :

$$V(t) = f_c \cdot t + \frac{(f_o - f_c)}{K} (1 - e^{-Kt})$$

Satuan volume total (V_t) = tinggi kolom air (mm, cm dan inchi tergantung satuan pada parameter infiltrasi yang digunakan.

Pengukuran Infiltrasi

1. **Single ring Infiltrometer**
2. **Double ring infiltrometer**
3. **Rainfall Simulator**

Infiltrasi

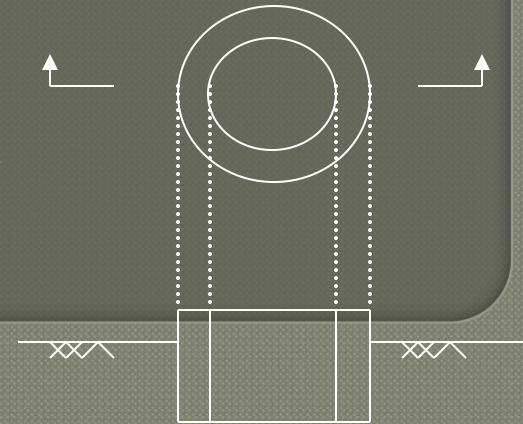
1. Single ring infiltrometer

berupa silinder baja yang dimasukkan kedalam tanah dan dilengkapi dengan skala dalam mm dan *hook gauge* untuk mengukur penurunan muka air dalam rentang waktu tertentu. Data waktu yang diperoleh dapat dibaca sebagai laju infiltrasi tiap satuan waktu

Infiltrasi

2. Double ring infiltrometer

hampir sama dengan *single ring infiltrometer*, hanya saja digunakan dua buah silinder baja untuk menahan rembesan air ke arah horizontal dengan cara mengisi air pada ruang di antara dua silinder baja



3. Rainfall Simulator

seperangkat alat pembuat hujan buatan yang dilengkapi dg alat pengukur debit

laju infiltrasi f (i, q, t_c, d_p)

Ket : i = intensitas hujan (mm/jam)

q = debit (mm/jam)

t_c = tampungan cekungan (mm)

d_p = detensi permukaan (surface detention)

Infiltrometer



Single ring infiltrometer



Double ring infiltrometer

REDISTRIBUSI

Infiltrasi

Umum

- Proses penetrasi air dari tanah ke tanah

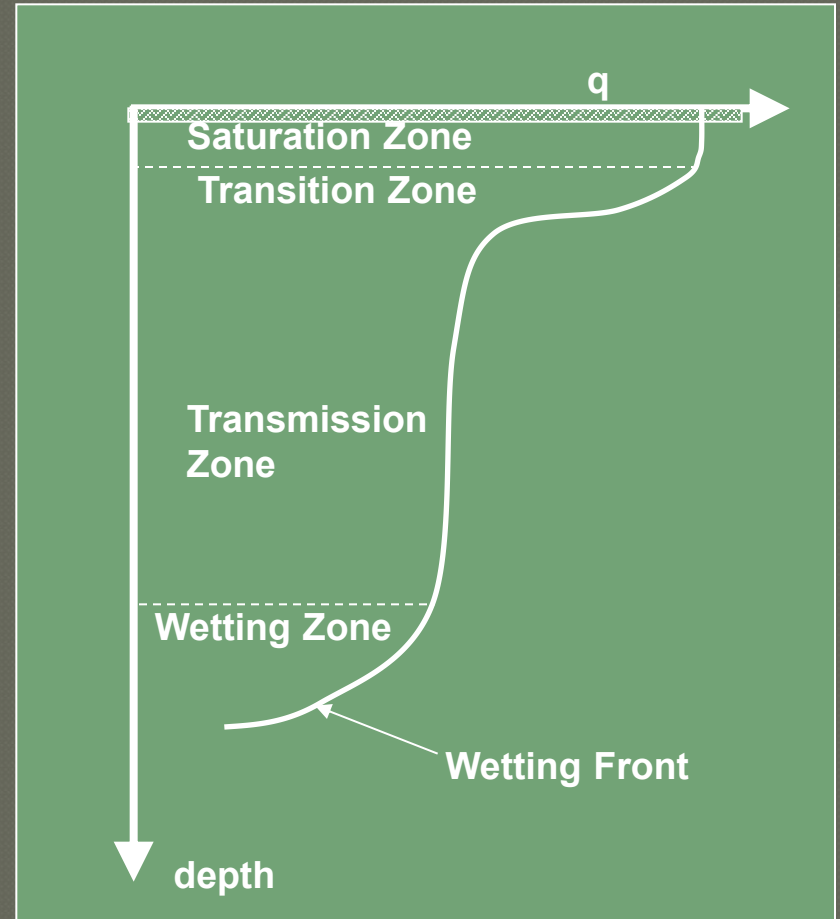
Faktor-faktor yang

mempengaruhi

-Kondisi permukaan tanah, vegetasi, sifat tanah, konduktivitas hidrolis, yg di kelembaban tanah

Empat zona

- ₹ Jenuh, transmisi, membasahi, dan membasahi depan



Pengertian

V = gross volume of element

V_v = volume of pores

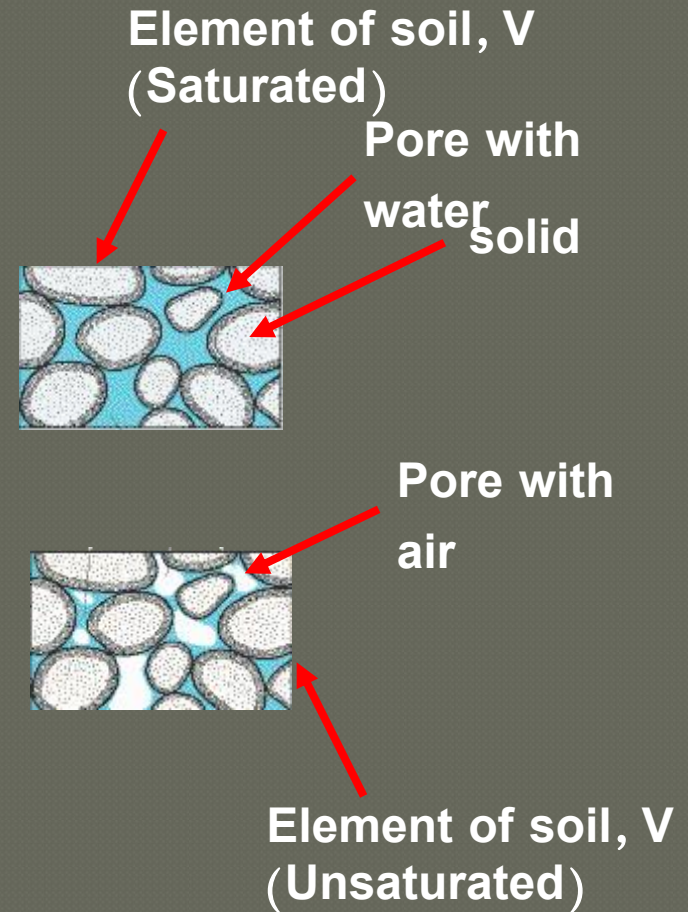
V_s = volume of solids

V_w = volume of water

$$n = \frac{V_v}{V} = \text{porosity}$$

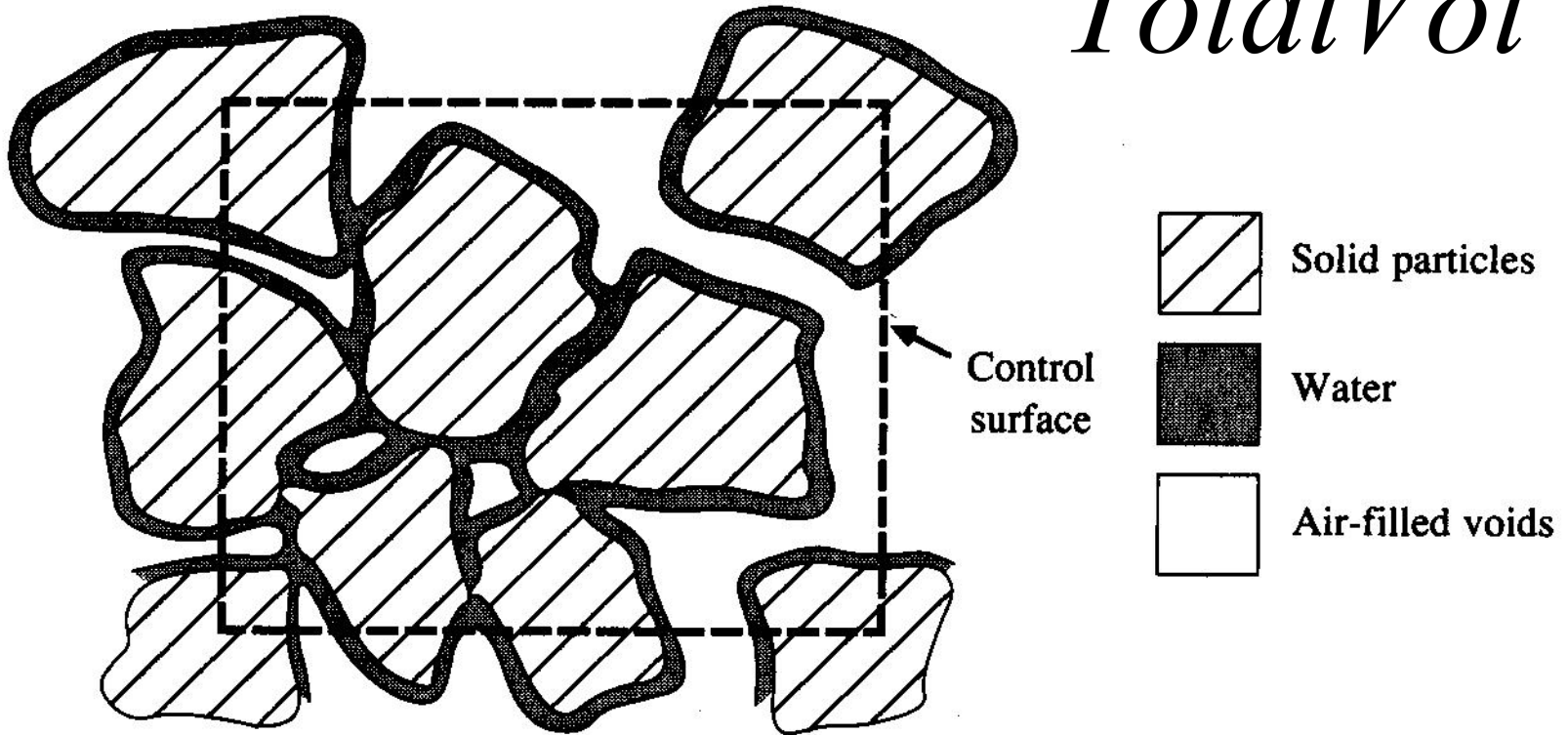
$$S = \frac{V_w}{V_v} = \text{saturation}; 0 \leq S \leq 1$$

$$q = \frac{V_w}{V} = nS = \text{moisture content}; 0 \leq q \leq n$$



Tanah Air Konten

$$q = \frac{VolWater}{TotalVol}$$



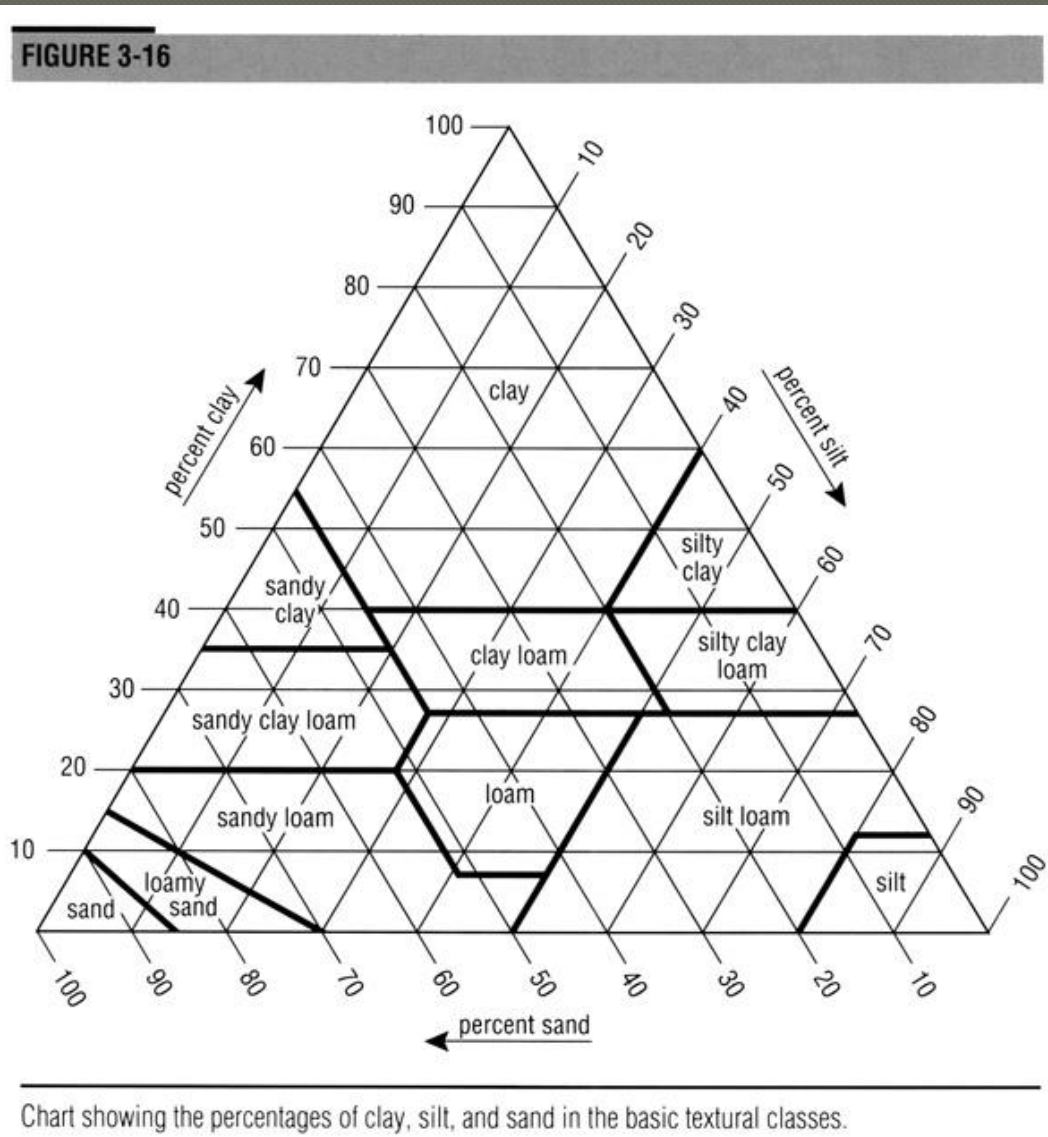
Soil Water Content

Ukuran Partikel Tanah

Nama tanah yang terpisah	Batas Diameter (mm)
Sangat kasar pasir *	2.00 - 1.00
Gersik	1.00 - 0.50
Medium pasir	0.50 - 0.25
Pasir halus	0.25 - 0.10
Sangat halus pasir	0.10 - 0.05
endapan lumpur	0.05 - 0.002
Tanah liat	less than 0.002

Segitiga Tekstur Tanah

Source: US
Survey Man



Lapisan Tak Jenuh (Unsaturated zone) = lapisan yang tidak seluruh pori-pori mikro tanah terisi air

Lapisan jenuh air (saturated zone) = lap yang seluruh pori-pori tanah terendam air

☾ Gaya gravitasi dan gaya kapiler

Porositas (porosity) = prosentase bagian suatu material yang berupa pori-pori terhadap volume totalnya

Porositas total =

$$\frac{\text{vol. pori-pori dalam satu material (berhubungan dan terisolir)}}{\text{vol. keseluruhan dari material}}$$

Porositas efektif =

$$\frac{\text{vol. pori-pori bersambungan atau berhubungan}}{\text{volume keseluruhan}}$$

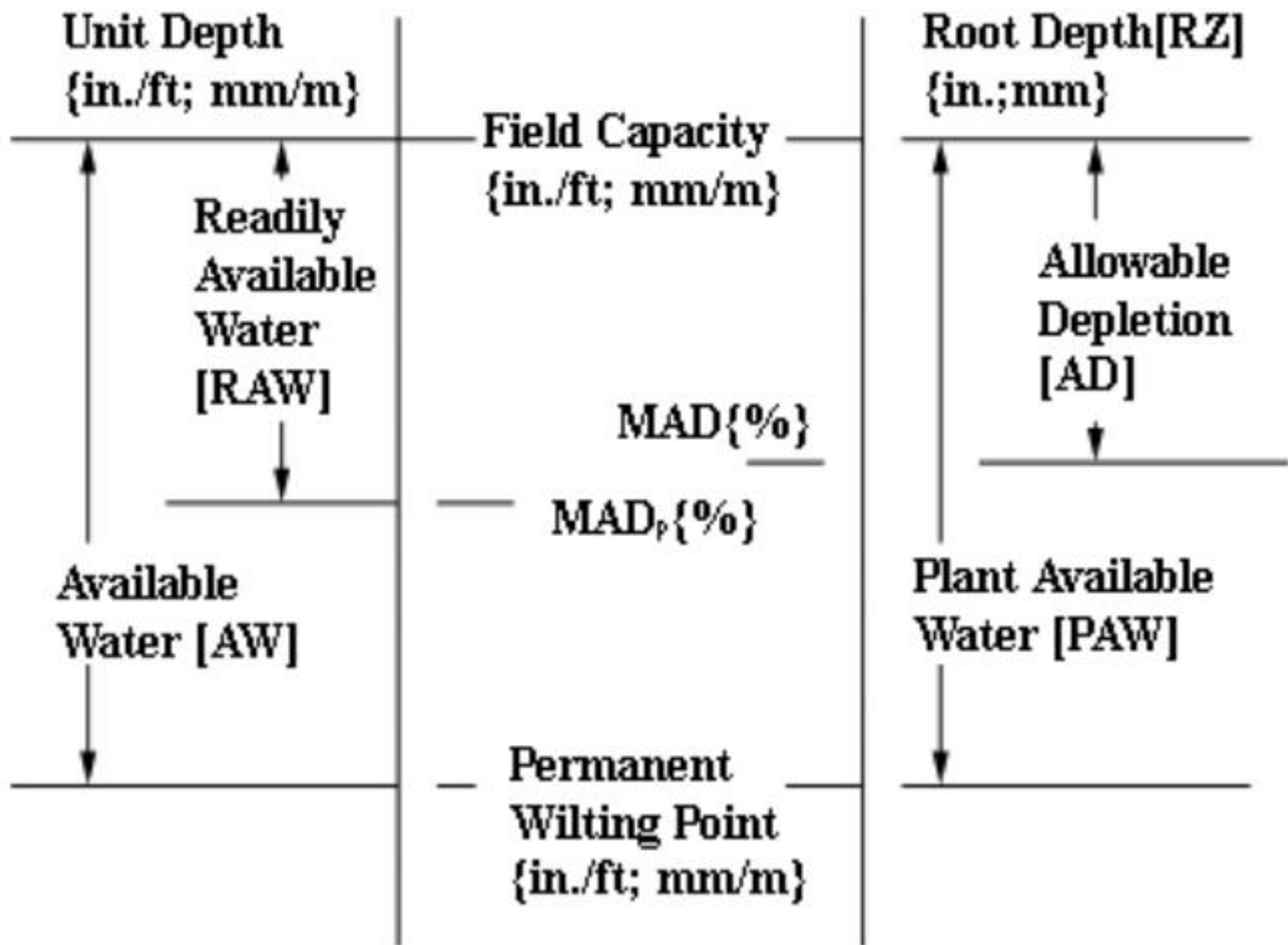
Kapasitas lapang (field capacity/specific retention)= besarnya kandungan air maximum yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi

- kerikil : 1 – 10%
- pasir : 5 – 20%
- clay : 25 – 50%

Tumbuhan mengisap air dari sumber ini.

Koefisien layu/kelembaban kritis (wilting point)= kandungan air pada tanah, dengan tumbuh-tumbuhan dalam keadaan layu permanen dan akan mati bila air tidak ditambahkan

Abstraksi awal (initial abstraction)= jumlah intersepsi dan penampungan cekungan yang harus dipenuhi lebih dahulu, sebelum terjadinya limpasan hujan (overland flow)



Soil moisture content = nilai prosentase kebasahan/lembab tanah

SMC = $\frac{\text{kehilangan berat pada waktu tanah mengering}}{\text{berat tanah dalam keadaan basah}}$

SMC = $\frac{\text{berat tanah dalam keadaan basah} - \text{berat tanah kering}}{\text{berat tanah dalam keadaan basah}}$

Available soil moisture (lembab tanah yang tersedia) = selisih antara nilai kebasahan tanah dalam keadaan kapasitas lapangan dan kebasahan tanah dalam keadaan titik layu permanen. Hal ini menggambarkan kebasahan yang dapat disimpan dalam tanah untuk menunjang kelanjutan hidup dari tanaman.

Infiltrasi vs perkolasi

Infiltrasi= proses meresapnya air/proses pelaluan air, ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Kebalikan: mata air, perembesan (seepage)

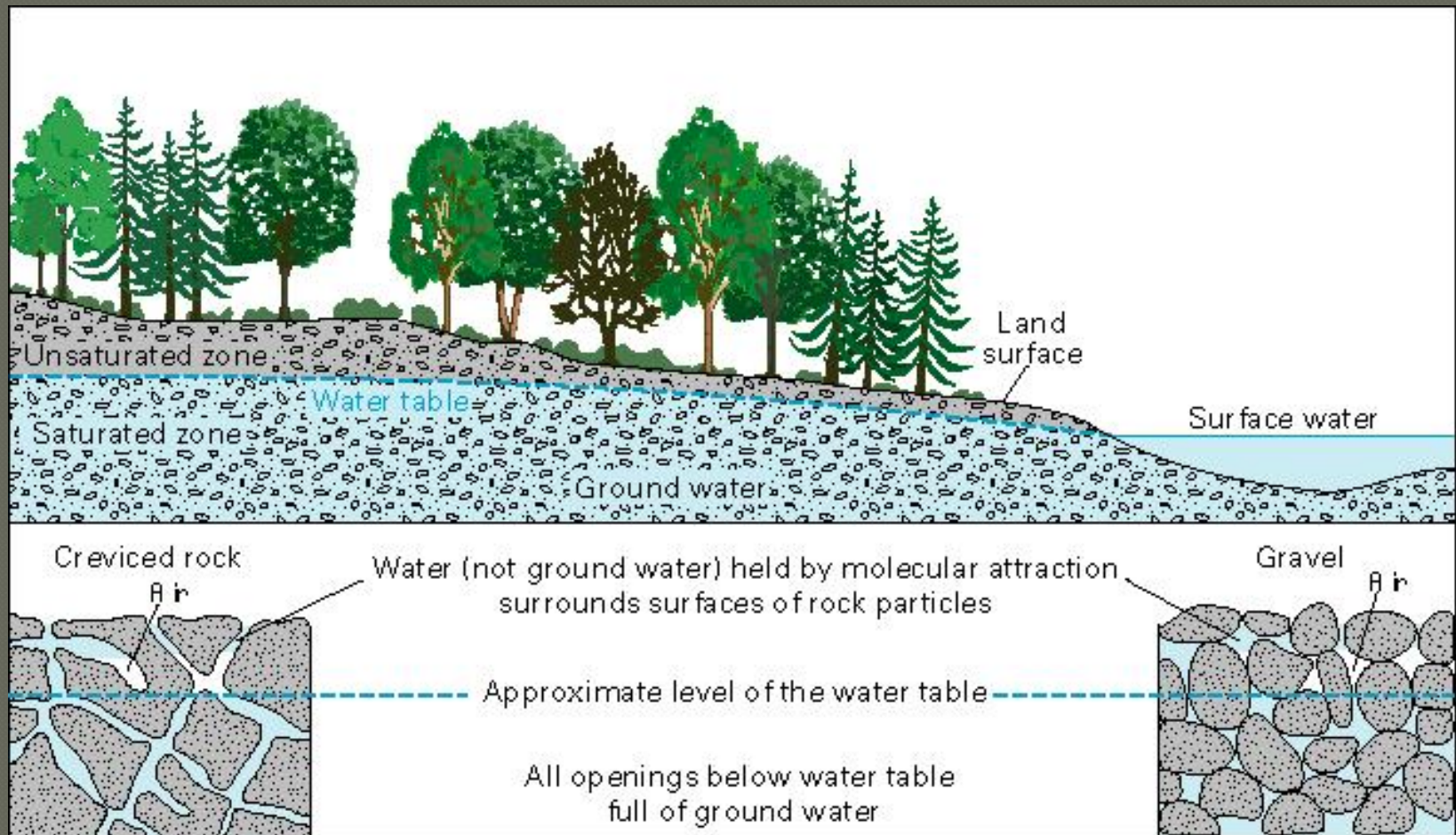
Perkolasi= pergerakan air di dalam tanah melalui soil moisture zone (lingkungan sejumlah kecil air diantara sela-sela tanah yang menyebabkan kebasahan tanah) pada unsaturated zone, sampai mencapai muka air tanah pada saturated zone

Kapasitas perkolasi (percolation capacity= P_p) = kecepatan perkolasi

maksimum

Jumlah perkolasi (mm) = jumlah infiltrasi yang terjadi (mm) – jumlah air yang diperlukan untuk pengisian kelembaban tanah (soil moisture) (mm)

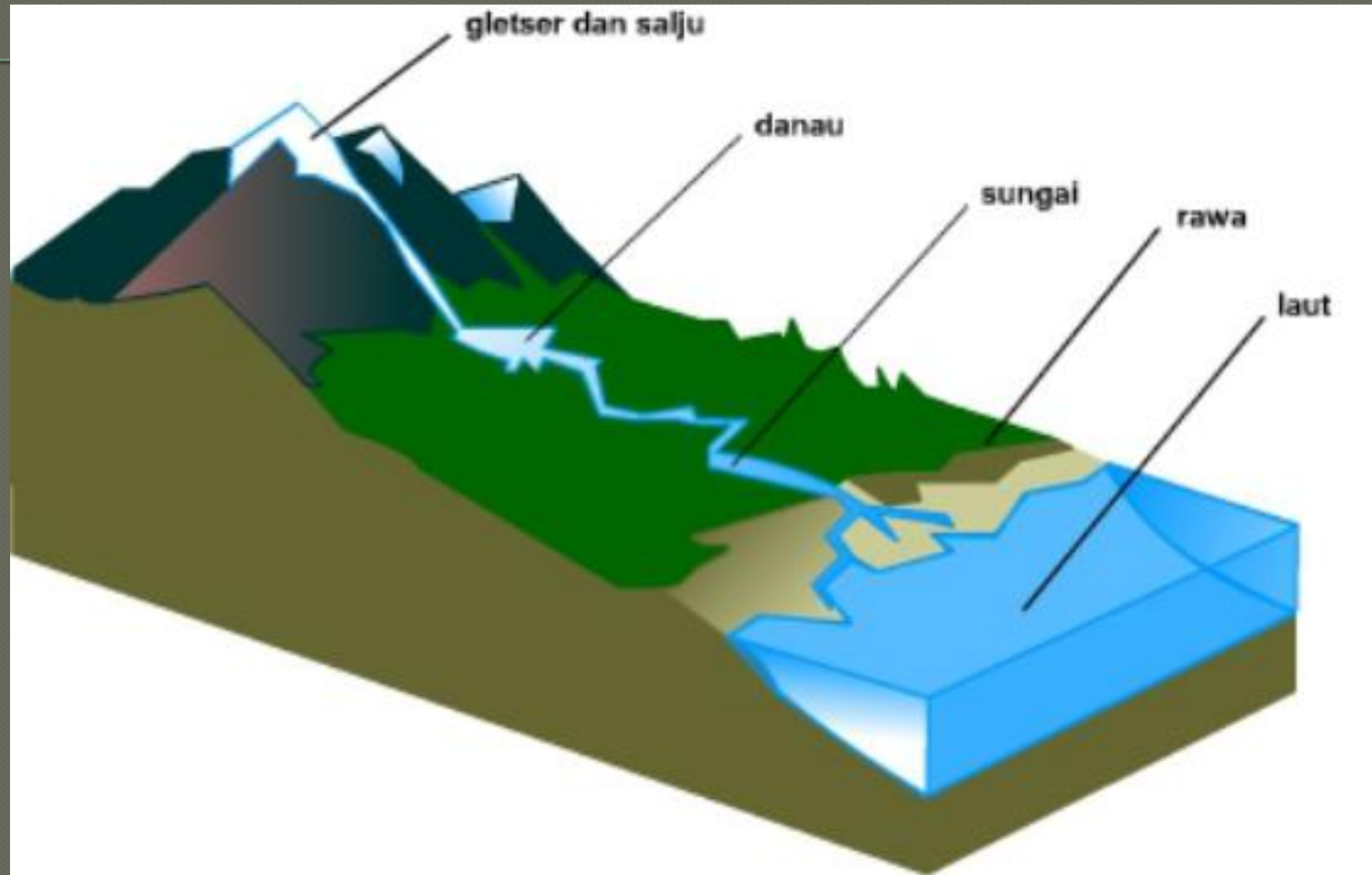
Kecepatan perkolasi (percolation rate= P_a) = kecepatan perkolasi yang sesungguhnya terjadi. Nilai ini dipengaruhi oleh kecepatan infiltrasi dan kapasitas perkolasi.



BENTUK ALIRAN AIR

- Aliran permukaan, yaitu air yang mengalir di atas permukaan tanah, dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *surface runoff* atau *overland flow*.
- Aliran di bawah permukaan, yaitu air yang masuk ke dalam tanah tetapi tidak masuk cukup dalam disebabkan adanya lapisan kedap air, dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *interflow* atau *subsurface flow*.
- Aliran air bawah tanah, yaitu air yang masuk dan terperkolasi jauh ke dalam tanah menjadi air bawah tanah (*ground water*).
- Aliran sungai, yaitu air yang mengalir di dalam saluran-saluran yang jelas, seperti sungai.

GAMBAR ALIRAN AIR PERMUKAAN



Aliran Air Permukaan

SIFAT-SIFAT ALIRAN PERMUKAAN

- Jumlah aliran permukaan, menyatakan jumlah air yang mengalir di permukaan tanah untuk suatu masa hujan atau masa tertentu.
- Laju aliran permukaan, jumlah atau volume air yang mengalir melalui suatu titik per detik atau per jam.
- Kecepatan aliran, kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh dalamnya aliran, kekasaran permukaan dan kecuraman lereng.
- Gejolak, Gejolak atau turbulensi yang terjadi sewaktu air mengalir di permukaan tanah.

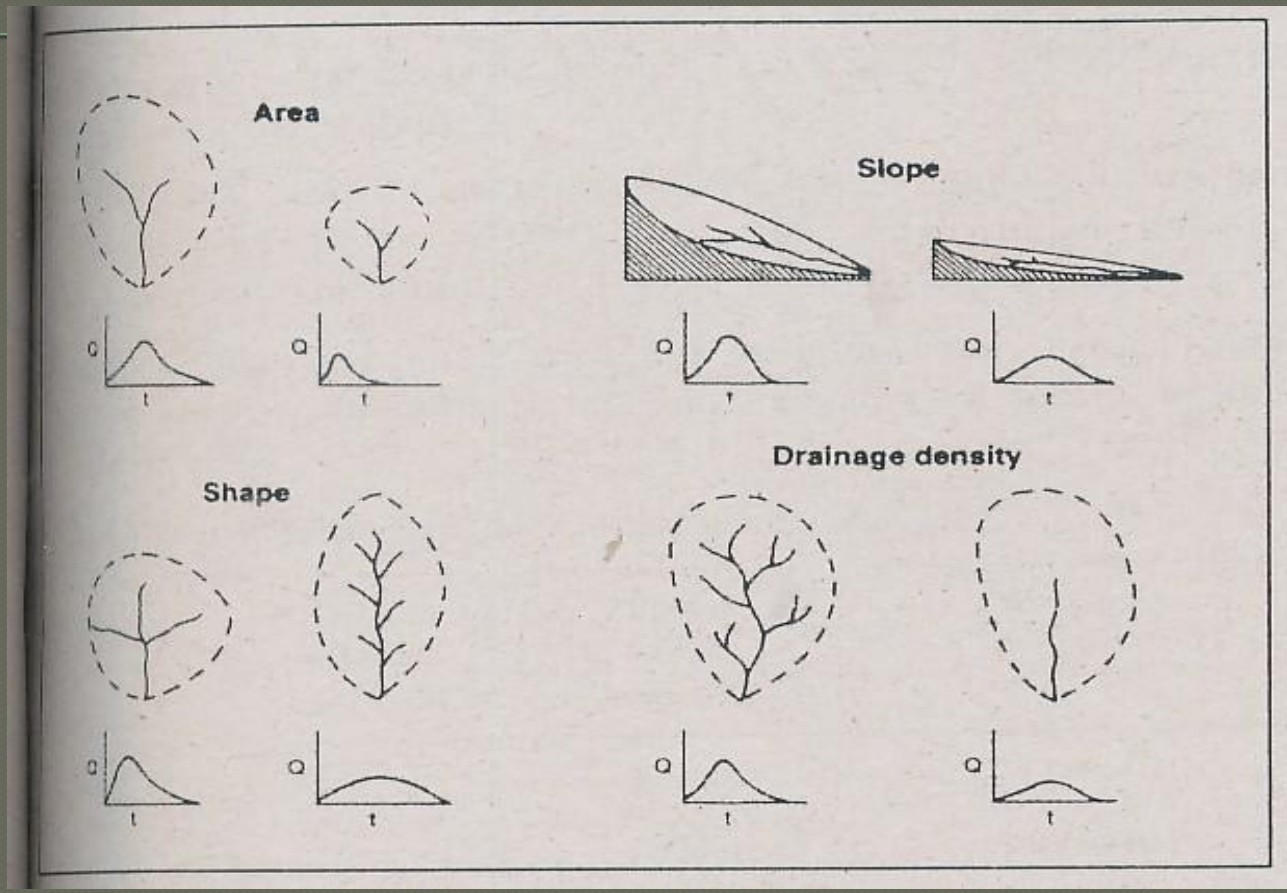
FAKTOR-FAKTOR PENENTU ALIRAN PERMUKAAN

Dikelompokan menjadi :

1. Faktor-faktor yang berhubungan dengan iklim.
2. Faktor-faktor yang berhubungan dengan karakteristik daerah aliran sungai.

PENGERTIAN

- D** → Suatu wilayah daratan yang merupakan kesatuan ekosistem dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah pengairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. (UU No 7/2004 Ps 1)
- A**
- S** → Didefinisikan sebagai suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, mempunyai pembatas wilayah topografi, berfungsi menangkap, menampung dan mengalirkan air hujan kesuatu outlet yang berupa suatu kesatuan sungai dengan anak-anak sungainya yang berada dalam DAS tersebut. Batas wilayah suatu DAS berupa punggung bukit atau gunung/pegunungan.

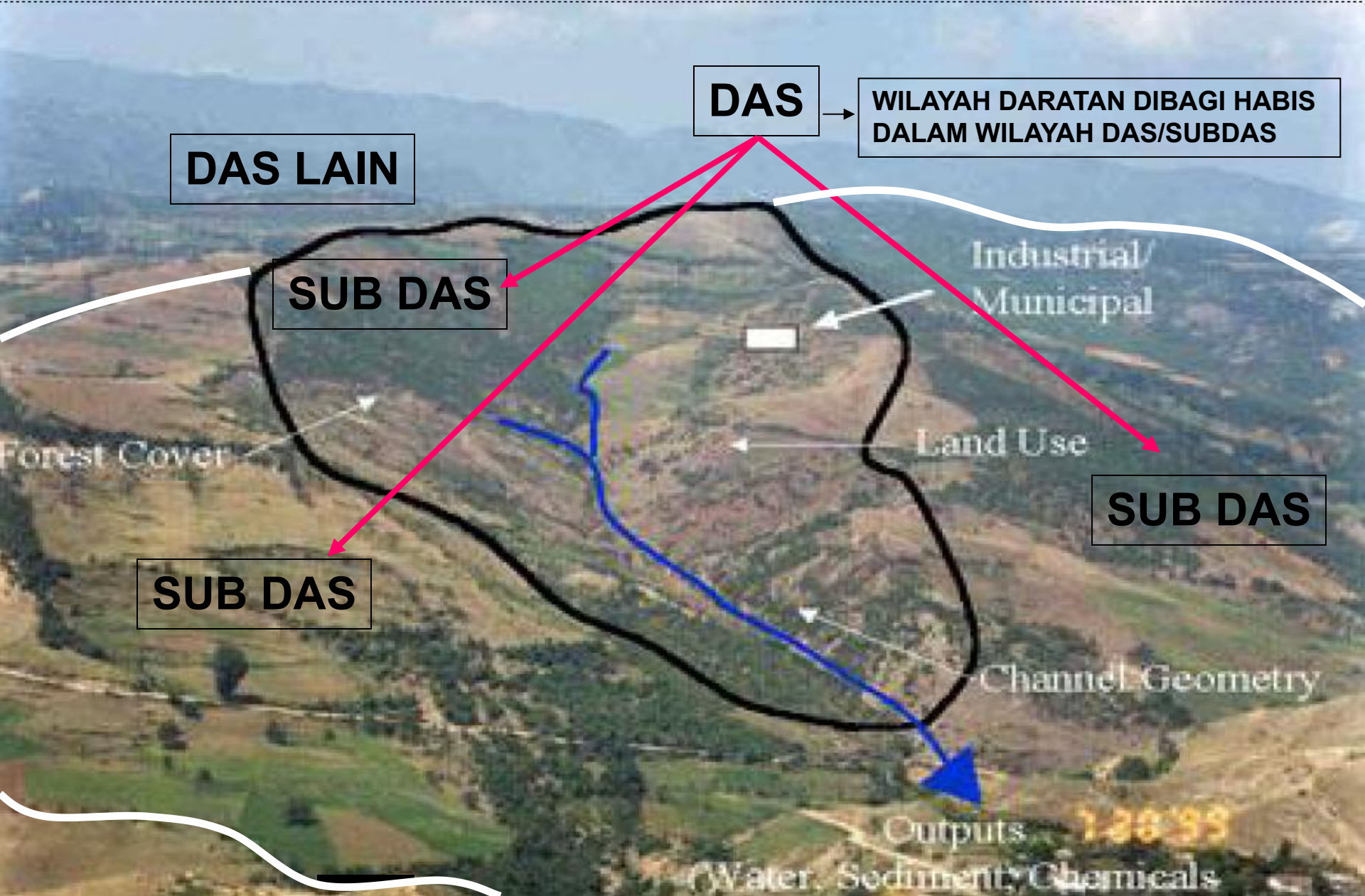


Gambar Pengaruh Morfometri DAS pada Hidrograf Aliran

Type-tipe Aliran Sungai

Tipe	0	1	2	3
Intensitas hujan (i)	$< f$	$< f$	$> f$	$> f$
Kekurangan air tanah (KAT)	$> F$	$< F$	$> F$	$< F$
Aliran Permukaan (Q_s)	Tidak ada	Tidak ada	$Q_s = P_e$	$Q_s = P_e$
Penambahan Air Bawah Tanah	Tidak ada	$P - KAT$	Tidak ada	$F - KAT$
Kenaikan Aliran Sungai	Tidak ada	Aliran Air Bawah Tanah saja	Aliran Permukaan saja	Aliran Permukaan dan Air Bawah Tanah

Daerah Aliran Sungai (DAS) [Watershed, catchment area, drainage basin]



DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) SERAYU

