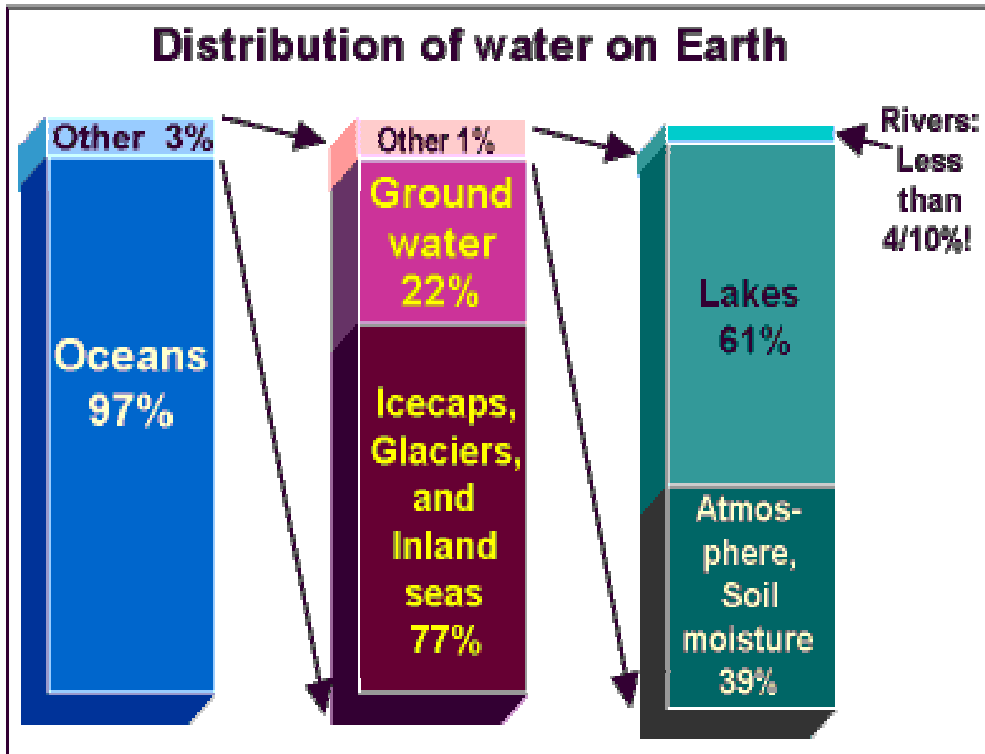


## SUMBER AIR

- Tamadun manusia tertumpu di sekitar kawasan yang mempunyai air.  
Contohnya: Sungai Euphrates, Tigris, Nil, Wadi, Yang Tze, Ganges
- Jika air tidak mencukupi, manusia merekacipta sistem pengairan yang canggih  
Contohnya: Tamadun Inca di Banjaran Andes
- Adakah air dunia mencukupi?
  - o Tidak, khasnya di negara membangun
- Sebabnya:
  1. Air dalam bentuk yang tidak boleh digunakan
  2. Kos untuk mendapatkan air terlalu mahal
  3. Air tercemar
- di antara 1900 – 1995, jumlah penduduk dunia bertambah 2 kali ganda, tetapi penggunaan air meningkat 6 kali ganda
- walaupun sumber air dunia tidak berkurangan (kenapa?) air yang dapat digunakan dengan selamat berkurangan:
- sebab-sebab:
  1. pencemaran sumber air
  2. pertambahan penduduk
  3. risiko perubahan iklim (contohnya: El-Nino)
- 20% dari penduduk dunia kekurangan air minuman yang selamat
- 50% dari penduduk dunia kekurangan kemudahan sanitasi
- 50% penyakit di dunia tersebar melalui air
- pencemaran air menyebabkan kematian 25 juta manusia setiap tahun
- 70% permukaan bumi diliputi air
- air sentiasa bergerak, dalam bentuk wap air, cecair, dan ais
- Bumi adalah sistem yang **tertutup**, tiada penambahan dan pengurangan jirim (matter)

- Air yang ujud sekarang adalah juga air yang ujud berjuta-juta tahun dahulu
- Air yang didapati adalah melalui kitaran air yang berlaku di seluruh bumi



- 97 % air tidak boleh digunakan oleh manusia, cuma 0.3% yang boleh digunakan
- Air tawar per kapita dianggarkan jatuh dari 7,300 meter padu pada tahun 1995 ke 4,800 meter padu menjelang 1995
- sebab-sebab:
  1. sungai berdekatan rumah
  2. pemendakan kelodak (siltation)
  3. sungai menjadi surut
  4. pencemaran
- Pada tahun 1995, penggunaan air di Malaysia adalah 13.5 billion meter padu

Sektor	Malaysia	USA
Pengairan	72%	39%
Industri	15%	6%
Domestik	13%	1%
Thermoelektrik		39%
Awam		12%

- Malaysia membekalkan 214 juta liter air mentah sehari ke Singapura, komoditi utama negeri Johor dengan hasil lebih RM 1 juta setahun

### Penggunaan air di Malaysia

- kita memerlukan 16 billion meter padu setahun
- pertanian – 78%
  - o perairan menggunakan 40% dari nilai tersebut
  - o perairan titis boleh mengurangkan 25-90 % berbanding perairan tradisional

State	Acres irrigated (thousands)	Acres flooded, (percent)	Acres sprayed, (percent)	Acres dripped, (percent)
California	9,480	74%	19%	7%
Nebraska	7,450	47%	53%	0%
Texas	6,310	56%	43%	1%
Arkansas	4,520	85%	15%	0%
Colorado	3,310	76%	24%	0%
Kansas	3,090	32%	68%	<1%
Florida	2,130	49%	23%	28%
Wyoming	1,990	85%	15%	<1%
Montana	1,810	71%	29%	0%
United States	59,250	55%	42%	3%

- Industri dan domestik – 20%
- bermasalah kerana menyebabkan kemerosotan kualiti air
- Penggunaan domestik/awam:
  - Di bandar – 300 – 400 liter/orang/hari
  - Di negara membangun – 50 –100 liter/orang/hari

## **SUMBER AIR TAWAR**

### 1. Sumber di permukaan bumi

- air hujan
- sungai dan alur
- tasik dan kolam
- takungan air

### 2. Sumber di bawah permukaan air

- air bumi
- mata air
- telaga

## **AIR HUJAN**

- Malaysia menerima 990 billion m<sup>3</sup> setahun
- Hujan turun secara bermusim:
  - Monsun timur laut (Nov – Mac) membawa hujan lebat ke kawasan pantai timur Semenanjung, utara Sabah, dan Selatan Sarawak
  - Monsum barat daya (Mei – Sep) membawa hujan lebat ke kawasan pantai barat Semenanjung, Sabah dan Sarawak

### **Alur**

- mengalirkan air ke sungai dan sedikit ke tasik
- kadar aliran adalah kecil dan mungkin kering pada musim kemarau

### **Sungai**

- sumber utama air tawar di Malaysia
- semakin tercemar akibat pembangunan pesat
- 1987 – 1995, berdasarkan kepada kajian ke atas 119 sistem sungai:
  - o sangat tercemar: meningkat dari 3 – 12%
  - o sedikit tercemar: menurun dari 50 – 45%
  - o bersih: menurun dari 47 – 53%
- punca pencemaran:
  - o buangan sisa domestik, ternakan dan industri
  - o endapan ampaiian dari hakisan tanah akibat pembangunan tanah dan infrastruktur yang tidak terkawal

### **Tasik dan kolam**

- terjadi pada lekuk yang dasarnya tidak telap air
- punca air dari kawasan tadahan melalui alur atau sungai, kadangkala dari bawah tanah melalui air bumi

### **Takungan air**

- Empangan yang dibina merentasi sungai:
  - o Mengimbangi ketidakstabilan aliran sungai
  - o Mengawal banjir
  - o Kegunaan air di musim kemarau
  - o Menghasilkan tenaga elektrik hidro

- 2 jenis takungan air:
  1. takungan air simpanan
  2. takungan air pengagihan

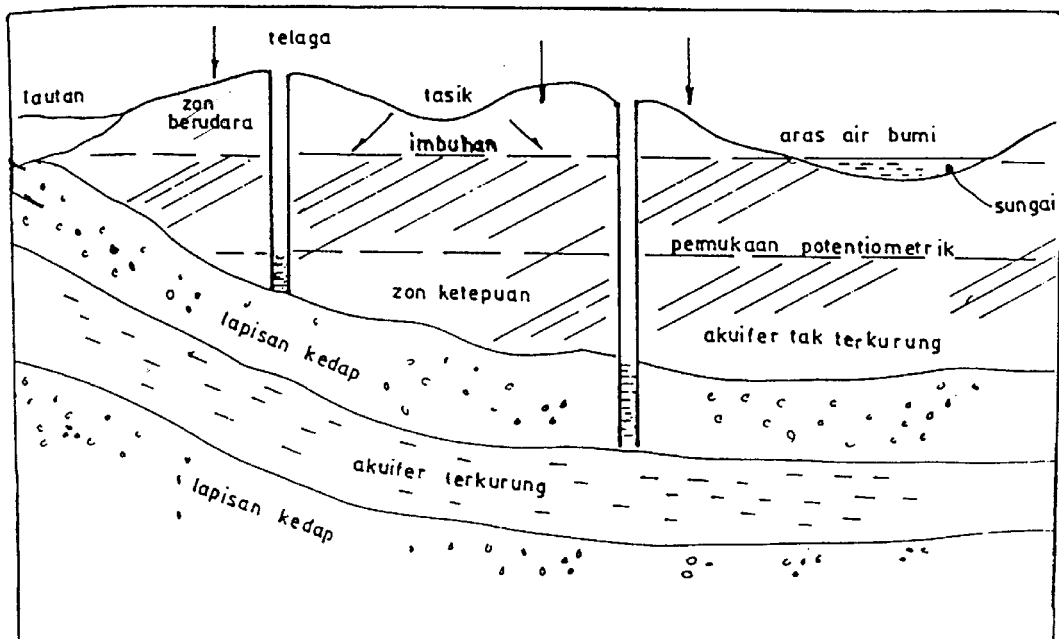
### Sumber air di bawah permukaan bumi

- wujud di bawah tanah terutama di kawasan akuifer dan zon ketepuan
- akuifer adalah kawasan formasi geologi bawah permukaan bumi yang boleh menampung air
- permukaan bebas air bumi dipanggil aras air bumi dan zon di bawah aras ini ialah zon ketepuan
- zon ketepuan berada di bawah tekanan hidrostatik
- bahagian antara permukaan bumi dan air bumi dipanggil zon berudara
- lihat rajah di bawah yang menunjukkan akuifer

*Sumber dan kualiti air*

#### 2.5.1 Ciri-Ciri Akuifer

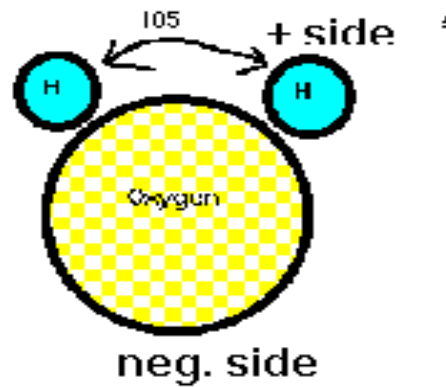
Rajah 2.10 menunjukkan gambarajah akuifer.



- di Malaysia, air bumi tidak digunakan kerana sumber air permukaan sudah mencukupi
- Malaysia mempunyai bekalan air bawah tanah sebanyak 5000 billion m<sup>3</sup>
- Batasan kepada penggunaan air bumi:
  - Belum tentu bersih (bacteria, kotoran, bendasing)
  - Pencemaran (logam berat, bahan kimia organik)
- Penggerudian dan pengepaman air bawah tanah secara berlebihan perlu dielakkan kerana:
  - Mengeringkan alur, anak sungai, paya
  - Penyerapan air masin di kawasan persisiran pantai
  - Pemendapan tanah
  - Kewujudan lubang rongga di kawasan batu kapur
- sumber air jika ada kecemasan
- Denmark telah menggunakan 99% air bawah tanah

### **SIFAT – SIFAT AIR**

- kefahaman tentang sifat-sifat air penting kerana banyak aktiviti kimia dan biologi bergantung kepada air
  - contoh: walaupun air banyak dalam tanah, adakah ia mencukupi pada waktu penanaman
- molekul air terbentuk oleh ikatan **kovalen** 2 atom Hidrogen dengan satu atom Oksigen



- Oksigen menarik **elektron** lebih lebih kuat dari tarikan oleh Hidrogen, menyebabkan ketidakseimbangan pada taburan cas

1. molekul **polar**

- pelarut universal – melarutkan nutrien
- **daya lekatan (adhesion) dan kejelekatan (cohesion)**
- menarik kation
- tertarik pada lempung bercas

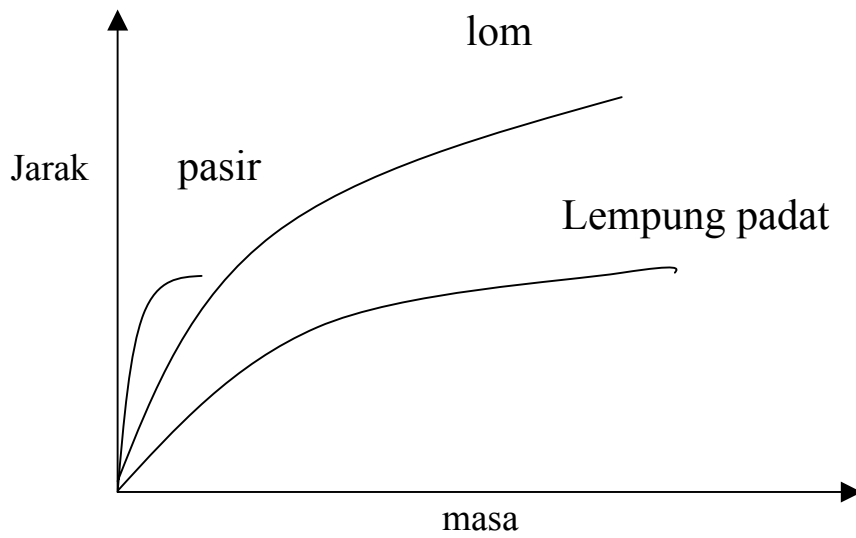
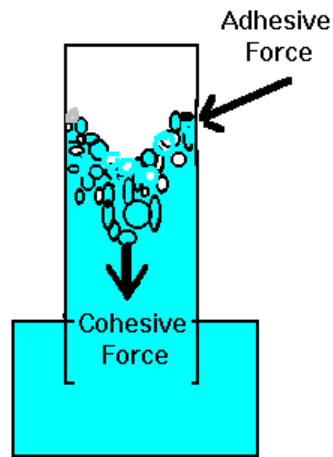
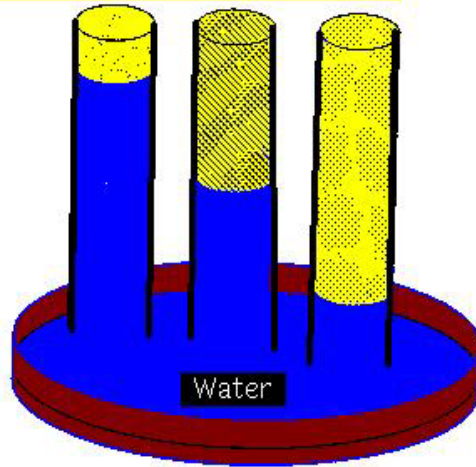
2. Ikatan Hidrogen

- takat didih yang tinggi
- Haba pendam yang tinggi
- Haba spesifik yang tinggi
- Menyebabkan ketegaran struktur lempung

3. Tegangan permukaan (surface tension)

- tarikan kapilari
- lebih kecil liang, lebih tinggi air naik
- perseimbangan antara daya lekatan dan kejelekatan

Texture -	fine	medium	coarse
Pore Size-	Micro	Meso	Macro
Rate of Rise -	Slow	Med.	Fast



- pembajakan yang baik perlu untuk tanah pertanian
- saluran untuk tanah pertanian:
  - pasir – sedikit pada interval singkat
  - tanah lempung – banyak pada interval panjang

### **Sifat fizikal dan kimia air:**

1. satu-satunya bahan yang dijumpai dalam 3 keadaan pada suhu yang terdapat di mukabumi
2. Beku pada 0°C dan mendidih pada 100°C
3. Keadaan pepejal kurang tumpat dari cecair
4. mempunyai haba spesifik yang tinggi
5. Air tulin mempunyai pH 7

### **Impak air ke atas iklim**

1. Pengumpulan dan pertukaran haba yang perlahan
  - Haba spesifik air:  $4.19 \times 10^3 \text{ J.kg/K}$
  - Haba pendam sejatan :  $2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$
2. mengawal pertukaran tenaga antara litosfera, hidrosfera, dan atmosfera:
  - pengaliran haba yang rendah
  - kesan kepada iklim mikro
  - haba spesifik yang tinggi dan haba pendam sejatan yang tinggi

## KITAR HIDROLOGI

- Kemanakah air yang turun dari langit pergi?
- Jika kelaut, kenapa air laut tidak semakin bertambah?
- Persoalan-persoalan ini terjawab bila kita memahami konsep kitaran air atau kitaran hidrologi
- Kitaran hidrologi merujuk kepada pergerakan air yang berterusan samada di atas atau di bawah permukaan bumi
- Fokus utama adalah kepada taburan dan peredaran air seperti dalam rajah

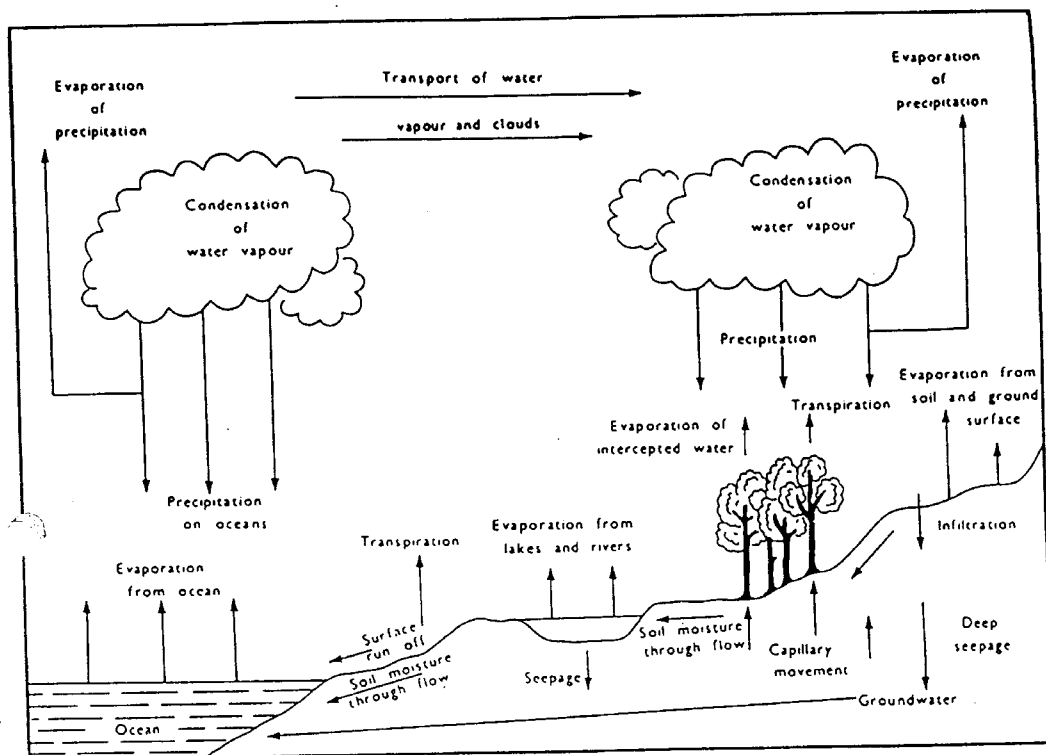


Fig. 1.1 The hydrological cycle.

- tiada titik permulaan dan titik akhir, sentiasa berputar membentuk satu putaran yang dijanakan oleh tenaga matahari
- proses-proses penting dalam kitaran hidrologi:

### Sejatan (Evaporation)

- Sejatan adalah proses pemindahan cecair air ke atmosfera
- Air dari permukaan bumi atau lautan akan disejatkan ke udara.
- Air ini seterusnya mengalami proses **pemeluwapan (condensation)** dan bertukar menjadi cecair dalam bentuk manik-manik awan.
- Di bawa oleh angin ke tempat lain sebelum menjadi cukup berat untuk jatuh ke bumi sebagai **kerpasan (precipitation)**
  
- Bergantung dari sumber sejatan, sejatan boleh dibahagikan kepada:
  1. sejatan permukaan air
  2. sejatan permukaan tanah
  3. sejatan salji dan air batu
  4. sejatan pintasan vegetasi
  5. sejatan di atmosfera
  6. sejat transpirasi (evapotranspiration)
  
- Faktor-faktor yang mempengaruhi sejatan:
  1. sinaran matahari
  2. kelembapan bandingan
  3. luas permukaan
  4. kelajuan angin
  5. suhu udara
  6. tekanan udara
  
- Wap air yang masuk ke atmosfera:
  - 82% dari lautan
  - 18% dari permukaan bumi
  
- Sejatan adalah proses yang berterusan, akan berhenti apabila atmosfera mencapai tekanan wap tepu (saturation vapor pressure)

- 5 ton tumbuhan (berat kering) akan mengeluarkan 2000 ton air melalui sejat transpirasi
- 1 ekar ladang jagung akan mengeluarkan 1.23 juta liter air sejat transpirasi dalam masa 3 bulan

### **Kerpasan (precipitation)**

- Kerpasan yang lazim adalah hujan, hujan batu, salji, dan embun.
- Hampir 100% hujan yang turun ke laut akan jatuh ke laut. Hujan yang berlaku di kawasan berhutan, tidak terus sampai ke permukaan bumi, tetapi **dipintas** oleh kanopi
- Setelah simpanan kanopi penuh, barulah air hujan tadi jatuh ke bumi

### **Proses di permukaan bumi**

- Apabila air sampai ke bumi, sebahagiannya menyusup ke dalam tanah hingga ke lapisan tidak telap air
- Di sempadan ini air mengalir ke bawah tanah dan akan keluar sebagai mata air ke sungai dan tasik
- Sebahagian air yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalir terus di atas permukaan bergantung kepada ketepuan tanah, keupayaan susunan dan terus ke dalam sungai dan tasik.

### **Air larian**

- air larian adalah aliran air di permukaan tanah melalui alur, dan sungai
- bergantung kepada kecerunan dan keadaan permukaan
- berlaku apabila intensiti hujan melebihi kadar penyusupan dan keupayaan sejatan

### Penyusupan

- proses kemasukan air ke dalam tanah
- dipengaruhi oleh keliangan, tekstur, keadaan permukaan, dan intensiti hujan
- kadar penyusupan berkurangan sehingga ke satu kadar yang tetap
- proses yang mempengaruhi penyusupan:
  1. sebaran balik air tanah: simpanan air tanah
  2. penelusan – pengaliran air terus ke zon ketepuan
  3. kenaikan kapilari

### **Di Malaysia:**

Jumlah hujan tahunan	-	990 bil m <sup>3</sup>
Kembali ke atmosfera	-	360
Aliran permukaan	-	566
Takungan air bumi	-	64
<hr/>		
Jumlah sumber air	-	630 bil m <sup>3</sup>

### **Sejat-transpirasi (Evapotranspiration) - ET**

- Mengukur kehilangan air dari tanah disebabkan oleh kehilangan wap air adalah mudah tetapi menentukan kehilangan air terus dari tanah (sejatan) dan kehilangan melalui permukaan daun (transpirasi) adalah susah
- Oleh itu, kedua-dua proses digabungkan menjadi sejat-tanspirasi
- Dilihat dari sudut produktiviti tanaman, sejat-transpirasi adalah proses yang membazirkan air
- Tetapi dari satu sudut yang lain. Komponen transpirasi ini diperlukan untuk penyejukan, pengangkutan nutrien dan fotosintesis
- Kadar sejat-transpirasi potensi (**PET**) boleh menunjukkan betapa cepat air hilang dari sistem tanah-tanaman yang ditanam padat jika kandungan air tanah tetap pada kadar optima

- PET biasanya ditentukan oleh angkubah iklim seperti suhu, kelembapan bandingan, tutupan awan, kelajuan angin yang mempengaruhi perbezaan tekanan wap air antara tanah, daun, kawasan berair, dan atmosfera
- PET boleh anggarkan berdasarkan persamaan:

$$\text{PET} = 0.65 \times \text{bacaan besen sejatan}$$

### **Kesan Kandungan air tanah kepada PET**

- Sejatan dari permukaan tanah pada suhu tertentu ditentukan oleh kelembapan permukaan tanah dan kebolehan tanah untuk menambah air apabila berlaku sejatan
- Biasanya pergerakan kapilari air sangat terhad dan permukaan yang kering apabila sejatan berlaku akan menyebabkan sejatan yang berikutnya perlahan
- Tetapi akar tanaman masuk kedalam tanah dan sebahagian besar air hilang melalui proses sejat-transpirasi adalah dari tanah bawah

### **Defisit air dan tegasan air tanaman**

- untuk kawasan tanaman padat yang dibekalkan air secukupnya, ET biasanya menyamai PET
- tetapi apabila kandungan air kurang dari optima, pokok tidak dapat mengambil air dengan cepat untuk memenuhi kehendak PET
- Jika air sejat dari daun lebih cepat dari air masuk ke dalam akar, pokok akan hilang tekanan ketegaran dan akan layu
- Dalam keadaan ini, ET kurang dari PET dan pokok mengalami tegasan air (water stress)
- Perbezaan antara PET dan ET dipanggil defisit air
- Perbezaan PET dan ET yang tinggi menunjukkan keadaan tegasan air yang tinggi

- Dalam keadaan tegasan air, tanaman mula menutup stomata pada permukaan daun untuk mengurangkan kehilangan wap air dan menghalang kelayuan
- Penutupan stomata akan menyebabkan:
  1. tumbesaran terhalang kerana kekurangan CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis
  2. pemanasan permukaan daun apabila tenaga matahari diserap kerana kurang daya penyejukan

### **Kesan radiasi matahari keatas PET**

- sinar matahari yang tepat akan menyebabkan sejatan tinggi
- tutupan oleh awan mengurangkan sejatan
- sudut pancaran yang rendah juga mengurangkan sejatan

### **Kesan kanopi tanaman ke atas ET**

- penutupan yang luas akan mengurangkan sejatan tetapi meningkatkan transpirasi
- oleh itu sumbangan transpirasi adalah paling tinggi sewaktu tanaman matang dan pada masa yang sama sejatan paling minima

### **Kesan sifat tanaman**

- sifat tanaman seperti kedalaman akar, tempoh hayat tanaman, dan bentuk daun memengaruhi ET sepanjang musim penanaman
- untuk tanaman bermusim, ET dipengaruhi oleh masa dalam tempoh penanaman

### **Mengawal ET**

- kehilangan air berkait rapat dengan jumlah luas permukaan daun yang terdedah kepada sinar matahari
- beberapa cara untuk mengawal supaya ET dan PET seimbang:
  1. tambah air melalui pengairan
  2. jika tumbesaran mendadak sebelum tempoh matang akan mengurangkan air, kurangkan faktor yang mempengaruhi tumbesaran seperti pembajaan pada kadar yang sederhana
  3. kurangkan penanaman pada setiap unit kawasan
  4. kurangkan rumpai

### **Mengawal sejatan**

- amalan yang berkesan untuk mengawal sejatan biasanya amalan yang boleh menutup permukaan tanah
- antaranya ialah menggunakan sungkupan samada menggunakan sisa tanaman atau bahan sintetik seperti plastik
- selain itu pembajakan secara konservatif juga boleh mengurangkan kehilangan air melalui sejatan

### **Kepentingan kitar hidrologi**

- menganalisa aktiviti manusia sebagai agen utama sumber air:
  - merangsang hujan
  - mengurangkan sejatan
  - mengubah dan mengawal penggunaan tanah dan rupa bentuk bumi
  - mengawal kadar penyusupan
  - mengawal kadar aliran permukaan
  - pengambilan penyedutan air bumi
- menilai kedapatan air

## AIR TANAH

- Apabila air hujan atau air saliran masuk ke dalam tanah, sebahagian akan disimpan dalam tanah dan sebahagian lagi akan menyusup ke dalam tanah
- Jumlah yang tersimpan di dalam tanah bergantung kepada: **jumlah, saiz, bentuk, dan susunan**
  - bahan organik
  - mineral

### Penyusupan

- kemasukan air dalam tanah
  - **keupayaan penyusupan**
    - **kadar maksima tanah boleh menyerap air dalam keadaan tertentu**
- Jika:
  - **intensiti hujan < keupayaan penyusupan**  
kadar penyusupan = intensiti hujan
  - **intensiti hujan > keupayaan penyusupan**  
kadar penyusupan = keupayaan penyusupan, dan lebih hujan berkumpul di permukaan tanah atau mengalir ke sungai
- **kadar penyusupan** diukur dalam unit **kedalaman per unit masa**, sama seperti **intensity hujan**, yang bermaksud kedalaman satu lapisan air yang membasahi tanah dalam sesuatu masa
- permukaan tanah bertindak seperti tapis yang menentukan lorong air hujan yang mengalir ke sungai
- air yang tidak menyusup masuk akan mengalir di permukaan manakala air yang menyusup akan bergerak dengan perlahan
- semasa di permukaan, air boleh menghakis tanah atas dan sisa organik dan juga menjadi agen utama kepada pembentukan lanskap

### **Proses penyusupan**

- tanah mengandung jutaan zarah pasir, kelodak dan lempung yang tersusun membentuk ruang liang yang berbagai saiz
- Jumlah runag liang ini dipanggil **keliangan tanah (soil pores)**
- penyusupan melibatkan 3 proses:
  - kemasukan melalui permukaan tanah
  - simpanan air tanah
  - pergerakan melalui tanah
- kadar penyusupan menurun dengan cepat pada awal hujan, sehingga mencapai kadar tetap selepas 1 atau 2 jam hujan berhenti

### **Faktor yang mempengaruhi penyusupan:**

1. ciri hujan
2. sifat tanah
3. vegetasi
4. penggunaan tanah

### **Sifat Tanah**

- Tanah berfungsi sebagai media yang membolehkan air menyusup masuk dari permukaan tanah
- Keberkesanan tanah sebagai agen pengangkut air bergantung kepada saiz dan juga ketetapan liang dalam tanah
- Secara umumnya, saiz liang yang membolehkan air bergerak kedalam tanah dan kadar penyusupan bergantung kepada:
  - Saiz partikel tanah (tekstur)
  - kekuatan agregat tanah
  - susunan agregat dan partikel tanah (struktur)

- kadar penyusupan tinggi jika saiz liang besar dan juga kesinambungan liang tinggi
- Adalah penting untuk mengekalkan liang ronggayang tetap terutamanya pada permukaan tanah
- Biasanya, penurunan kadar penyusupan diikuti oleh pembentukan lapisan padat pada permukaan tanah
- Lapisan ini adalah hasil daripada pemecahan struktur tanah disebabkan samada oleh hentakan titisan hujan, aliran air pada permukaan tanah, dan kemasukan partikel halus pada keliling partikel besar menyebabkan pembentukan lapisan yang tidak telus air
- Penutupan permukaan tanah boleh diatasi dengan menutup permukaan tanah dengan sungkupan, sisa tanaman, atau bahan plastik
- Keberkesanan penutupan permukaan tanah mengatasi masalah ini dapat dilihat pada graf di bawah:

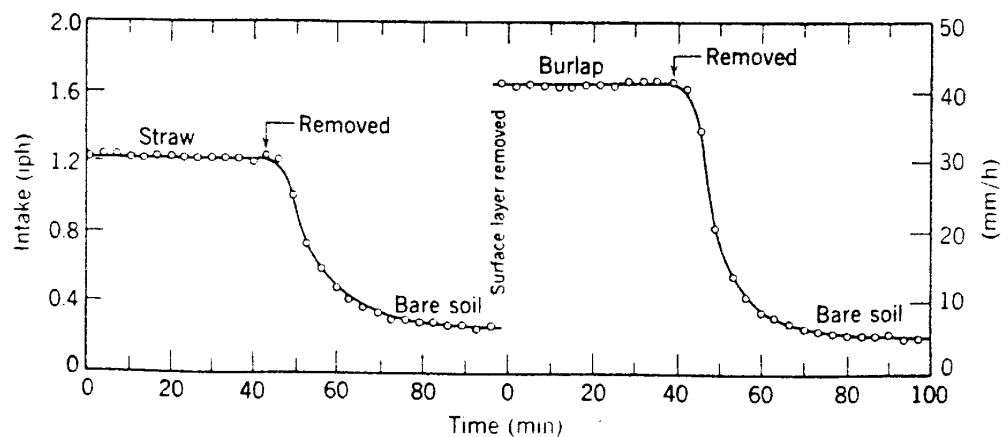


Fig. 3.1 Effect of protective cover on infiltration rates. (Redrawn from Duley, 1939.)

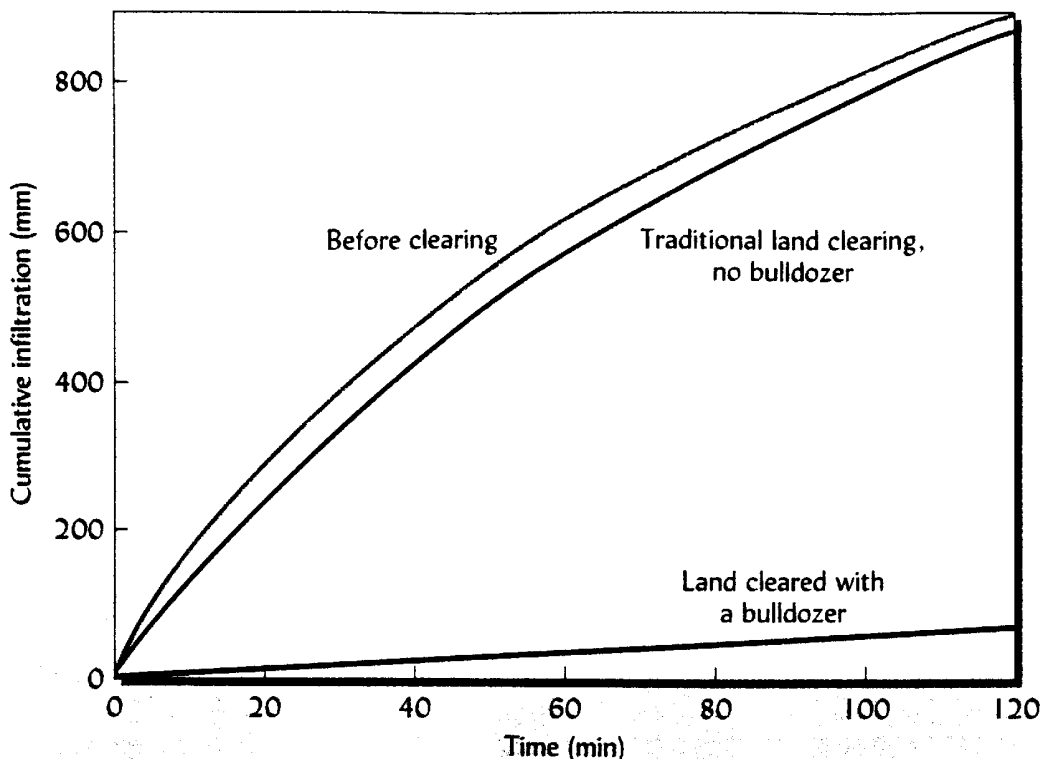
- Graf menunjukkan bagaimana kadar penyusupan berkurang setelah sungkupan dibuang kerana pembentukan lapisan yang tidak telus air bermula
- Setelah lapisan tidak telap air ini dibuang, kadar penyusupan meningkat

### Vegetasi

- Vegetasi dapat mengurangkan pembentukan lapisan tidak telap air
- Pada umumnya, vegetasi adalah lebih penting dalam mengawal kadar penyusupan berbanding jenis dan tekstur tanah

### Faktor lain

- Antara faktor lain adalah kecerunan curam, kandungan air tanah sebelum hujan, dan juga suhu air bagi kawasan sejuk, serta Pengurusan
- Grafa di bawah menunjukkan kesan Pengurusan pembukaan tanah yang berbeza keatas kadar penyusupan air



### Faktor yang menyebabkan kadar penyusupan berkurangan:

1. jumlah dan saiz liang
2. kehadiran zarah lempung
3. impak titisan hujan

- hujan lebat yang panjang:
  - memadatkan permukaan tanah
  - menyerakkan zarah halus tanah dan menyebabkan liang tanah tersumbat
  - menurunkan potensi simpanan air tanah
  - menyebabkan lempung mengembang
  - tanah menjadi tepuair
  
- tanah yang bertekstur kasar seperti pasir mempunyai liang besar dan saluran air mudah manakala tanah bertekstur halus seperti lempung memperlahankan saluran air
- tanah yang mempunyai bahan organic yang tinggi dan lempung yang rendah menjadikan struktur tanah longgar dan poroi dan memudahkan penyusupan air
- kelembapan asal tanah penting dalam menentukan jumlah air yang boleh menyusp dan disimpan
- tutupan vegetasi dan penggunaan tanah mempengaruhi penyusupan air

<b>Siri</b>	<b>Kekuatan (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Kadar penyusupan (mm/h)</b>
<b>Melaka</b>	<b>284.07</b>	<b>146.8</b>
<b>Durian</b>	<b>106.87</b>	<b>43.4</b>
<b>Batu Anam</b>	<b>143.42</b>	<b>12.2</b>

**Kesan kekuatan tanah (shear strength) ke atas kadar penyusupan**

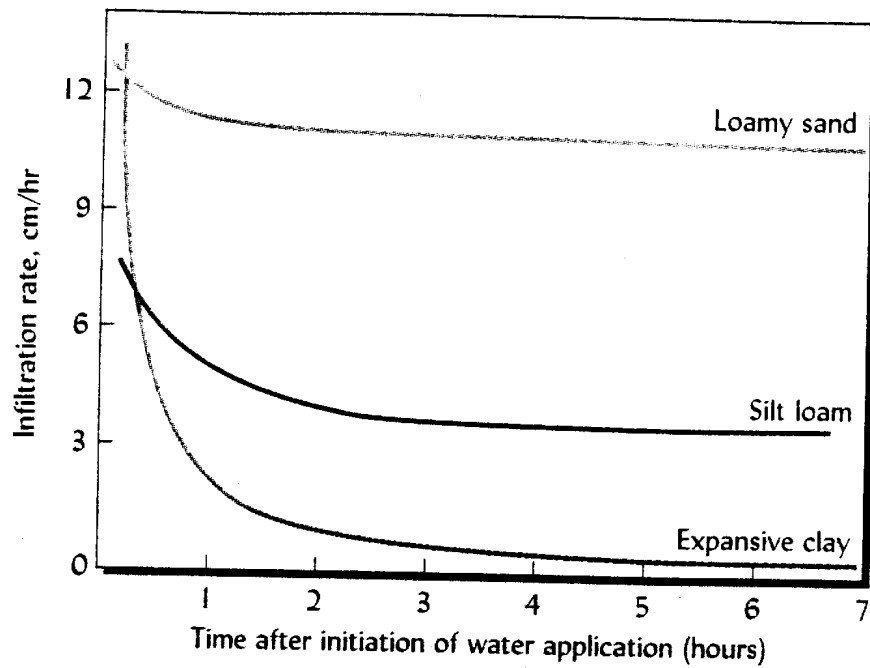
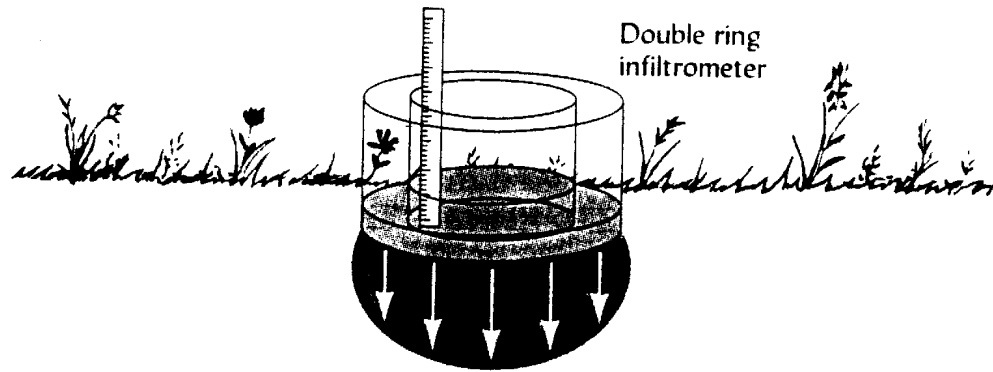
<b>Tempat di ukur</b>	<b>Kegunaan tanah</b>	<b>Kadar kehilangan tanah (kg/m<sup>2</sup>/tahun)</b>
<b>Sg Gombak</b>	<b>Hutan</b>	<b>0.004</b>
<b>Sg. Telom</b>	<b>Hutan</b>	<b>0.034</b>
<b>Sg. Bertam</b>	<b>Teh</b>	<b>0.673</b>
<b>Sg. Kial</b>	<b>Sayuran</b>	<b>1.009</b>
<b>Sg. Gombak</b>	<b>Perlombongan</b>	<b>0.495</b>
<b>Sg. Batu</b>	<b>Bandar</b>	<b>0.800</b>

**Kesan penggunaan tanah ke atas kehilangan tanah**

- manipulasi vegetasi dan penggunaan tanah seperti penebangan hutan dan penanaman berbagai jenis tanaman mengakibatkan kadar penyusupan yang berbeza walaupun dalam kawasan hujan dan jenis tanah yang sama

**Penentuan dan Anggaran Keupayaan Penyusupan**

1. Double-ring infiltrometer
2. Sprinkling infiltrometer
3. Plots or small drainage basin
4. Rainfall simulator



- Double ring infiltrometer adalah kaedah yang digunakan untuk mengukur kadar penyusupan air secara menegak
- Gelang disebelah luar digunakan untuk mengawal pergerakan air secara mendatar di gelang sebelah dalam
- Kadar penyusupan di ukur hanya bagi gelang sebelah dalam di mana pergerakan air adalah secara menegak

### Kelembapan tanah

- peratus kandungan air dalam tanah berdasarkan kepada isipadu dan berat
- kandungan air tanah boleh dinyatakan dalam bentuk **kandungan air mengikut berat** dan **kandungan air mengikut isipadu**
- oleh kerana kita memikirkan bahawa system akar pokok meneroka tanah mengikut kedalaman, maka kita biasanya menyatakan **kerpasan** sebagai kedalaman
- oleh itu, **kandungan air mengikut berat** juga boleh dinyatakan sebagai **nisbah kedalaman**
- nilai bagi **nisbah kedalaman** dan **kandungan air mengikut isipadu** adalah sama
- contohnya, kandungan air mengikut berat sebanyak  $0.1 \text{ m}^3$  air per  $\text{m}^3$  tanah, nisbah kedalaman adalah 0.1 m per m kedalaman tanah
- Contoh pengiraan:

Berat tanah basah = 100 g

Berat tanah kering = 70 g

Kandungan air mengikut berat ( $\theta_m$ ):

$30/70 = 0.43 \text{ kg air}/1 \text{ kg tanah kering}$

- kandungan air mengikut berat biasanya dinyatakan dalam bentuk **berat kering tanah**
- Untuk mengira **kandungan air mengikut isipadu ( $\theta_v$ )**, kita mesti tahu **ketumpatan pukal tanah kering ( $\rho_b$ )**
- Ketumpatan pukal tanah kering pada tanah biasa adalah  $1.3 \text{ g/cm}^3$
- Hubungan antara kandungan air mengikut berat dan mengikut isipadu ialah:

$$\theta_v = \rho_b \times \theta_m$$

### Kaedah penentuan air tanah

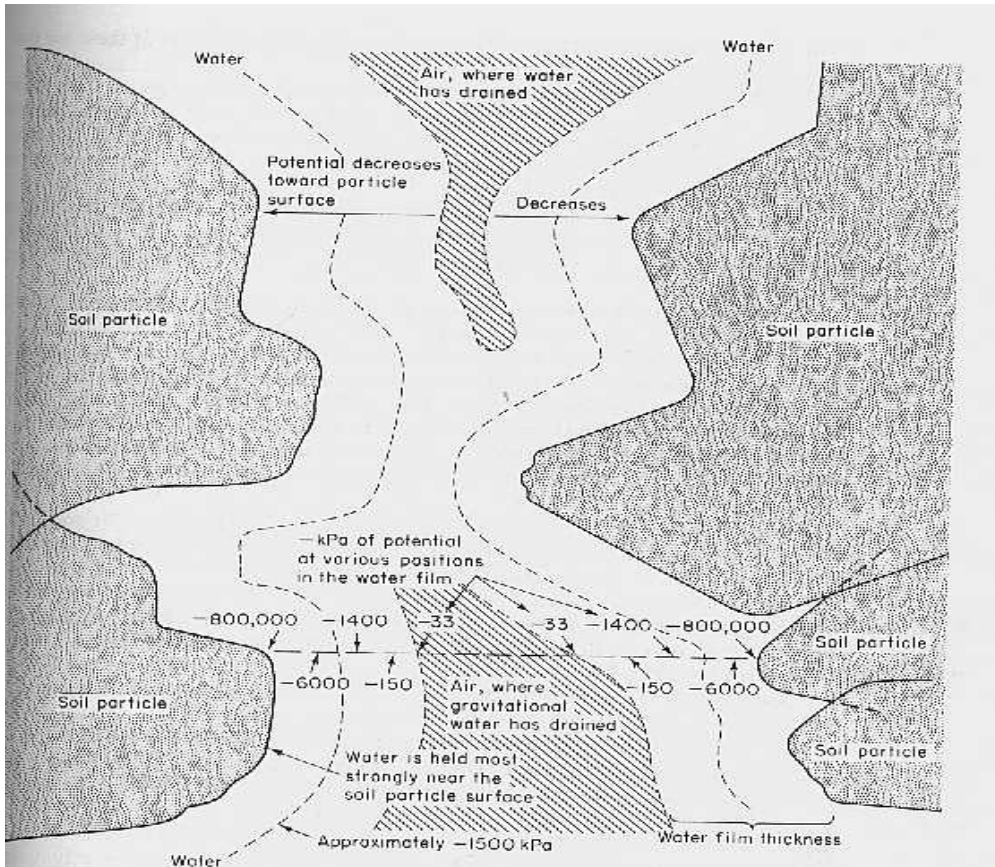
1. Gravimetrik
  2. Blok rintangan elektrik
  3. Serakan neutron
  4. Time-domain reflectometry
- kelembapan zon akar tumbuhan hanya 0.064% sahaja daripada 39 juta km<sup>3</sup> air tawar dunia
  - sungguhpun kecil, kita bergantung kepadanya untuk sumber makanan
  - kelembapan tanah yang tinggi tidak sesuai untuk tangki septic dan operasi saluran air, menyukarkan pembajakan dan penuaian hasil pertanian

### Simpanan air dalam tanah

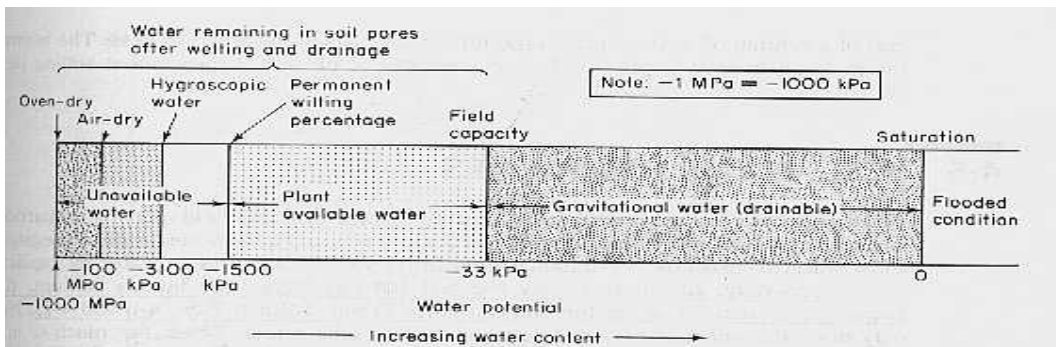
- air disimpan di dalam ruang liang tanah
- pada simpanan maksimum, tanah dikatakan telah tepuair dan kelembapan tanah tepuair adalah sama dengan jumlah keliangan tanah tersebut
- air dipegang dengan kuat oleh liang mikro, dan air tersalir dengan mudah dari liang makro
- kadar saliran menurun apabila kelembapan tanah menurun sehingga air yang tinggal hanyalah air yang dipegang kuat oleh liang kecil tanah
- Kelembapan ketika ini dipanggil **Muatan Tanah (Field capacity)**
- Potensi air ketika ini ialah antara 10 – 33 kPa bergantung kepada tekstur tanah
- Pada peringkat air tanah tidak boleh lagi diserap oleh tumbuhan, tumbuhan akan layu
- Pada peringkat ini, air tanah berada pada **Titik layu (wilting point)** iaitu pada tekanan 1500 kPa

### **Keupayaan air tanah**

- apabila air dicampur kepada tanah, kedudukan tenaga air berkurang
- jumlah tenaga yang hilang bila air tertarik pada tanah berkait rapat dengan tenaga yang diperlukan untuk menarik molekul air tersebut dari tanah oleh tumbuhan
- Penambahan air menghasilkan tenaga kejelekatan antara molekul-molekul air
- Tenaga ini tidak besar, jadi air tidak hilang tenaga potensi dengan banyak
- Dengan itu air mudah disedut oleh tumbuhan
- Air yang dipegang oleh tanah dinyatakan menggunakan istilah **keupayaan air**
- Keupayaan air dinyatakan dalam nilai negatif
- Sebaliknya, jika dinyatakan dalam bentuk positif, ia dinamakan **tegangangan (tension)**
- Air yang dipegang oleh tanah dipanggil **keupayaan matrik**
- Bila air ditambah, daya kejelekatan tidak cukup besar untuk memegang air, menyebabkan air bergerak ke bawah oleh daya gravity
- Ini ialah **keupayaan gravity**, yang penting hanya bila tanah tepu
- Air yang boleh digunakan oleh tanah ialah air tersimpan yang boleh diserap oleh tumbuhan
- 90% air diserap secara pasif bergantung kepada kawasan daun (haba, angin, kelembapan)
- akar menjalar ke kawasan berair, ini proses yang penting kerana pergerakan air melalui kapilari adalah perlahan
- serapan aktif berlaku apabila garam terkumpul di dalam akar menyebabkan air masuk melalui proses osmosis



**FIGURE 4-3** Cross section of a soil pore (also called a *void*) and the solid soil particles that make up its walls, showing the increase in force with which water is held as the distance from the soil particle surface decreases. At some distance from the particle surfaces, water is held so weakly that the pull of gravity causes some of it to drain. The water layers depicted have arbitrary thicknesses which have been selected for illustration purposes only. (Courtesy of Raymond W. Miller, Utah State University.)



**FIGURE 4-4** Soil water constants and their approximate equivalents in bars of water potential as they affect the relative availability of water to plants. At water potential of  $-33$  kPa, water is held too loosely to overcome the effect of gravity and drains away. Capillary water (that held by capillary pressure) remains for plant use; this is held by water potentials ranging from  $-33$  kPa (field capacity) to  $3100$  kPa or lower (hygroscopic), depending on the pore sizes of the soil. Plants can only use capillary water held by not more than  $-1500$  kPa (the point of permanent wilting). Soil water at the air-dry state is held by water potentials that vary from  $-100$  to  $-30$  MPa, depending on humidity. (Courtesy of Raymond W. Miller.)

$$\begin{aligned} \text{kandungan air tanah} & \left[ = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat tanah kering-oven}} \right] \\ \text{mengikut berat} & \\ (\theta_m) & = \left[ \frac{\text{berat tanah basah} - \text{berat tanah kering-oven}}{\text{berat tanah kering-oven}} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kandungan air tanah} & = \left[ \frac{\text{Isipadu air}}{\text{Isipadu tanah}} \right] \\ \text{mengikut isipadu} & \\ (\theta_v) & \end{aligned}$$

$$= \frac{\text{berat air/ketumpatan air}}{\text{berat tanah kering ketukar/ketumpatan pukal tanah}}$$

$$= \frac{\text{berat air}}{\text{berat tanah}} \times \frac{\text{ketumpatan pukal}}{\text{ketumpatan air}}$$

ketumpatan air  $\sim 1\text{gcm}^{-3}$  dan berat air/berat tanah kering oven x 100 ialah  $\theta_m$ , maka

$$\begin{aligned} \text{kandungan air tanah} & = \theta_m \times \text{ketumpatan Pukal (KP)} \\ \text{mengikut isipadu} & \\ (\theta_v) & \end{aligned}$$

- contoh pengiraan:

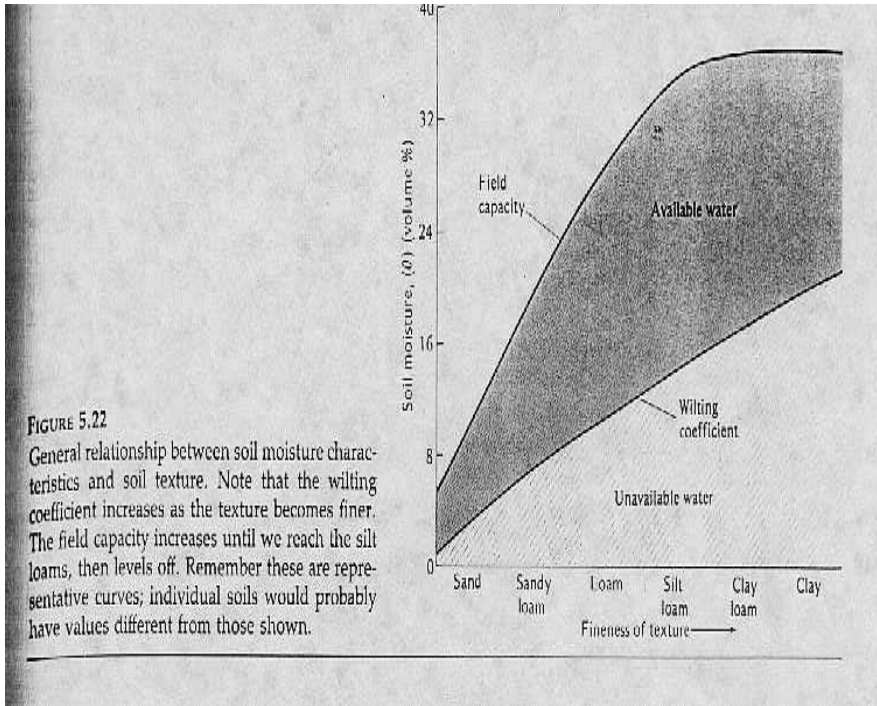
Sampel tanah diambil dari lapangan dan diletakkan dalam alat penyampel, ditimbang, dan dikeringkan dalam oven pada  $105^\circ\text{C}$  dan ditimbang semula. Ukurannya adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah basah} & = 159 \text{ g} \\ \text{Berat tanah kering-oven} & = 134 \text{ g} \\ \text{Berat alat penyampel} & = 41 \text{ g} \\ \text{Ketumpatan tanah} & = 1.4 \text{ gcm}^{-3} \end{aligned}$$

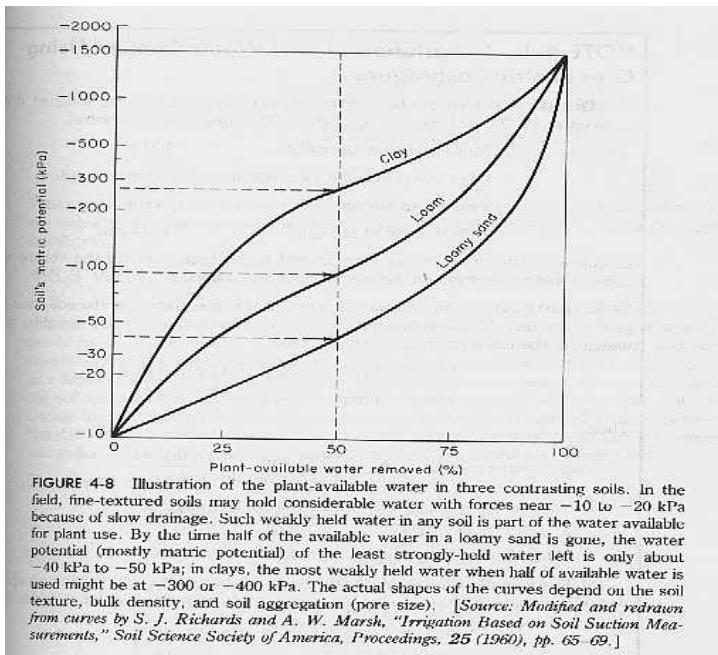
a)  $\theta_m$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah basah} & = 159 - 41 = 118 \text{ g} \\ \text{Berat tanah kering oven} & = 134 - 41 = 93 \text{ g} \\ \theta_m & = \frac{118 - 93 \text{ g}}{93 \text{ g}} = 0.269 \end{aligned}$$

$$\text{b) } \theta_v = 0.269 \times 1.4 = 0.3766$$



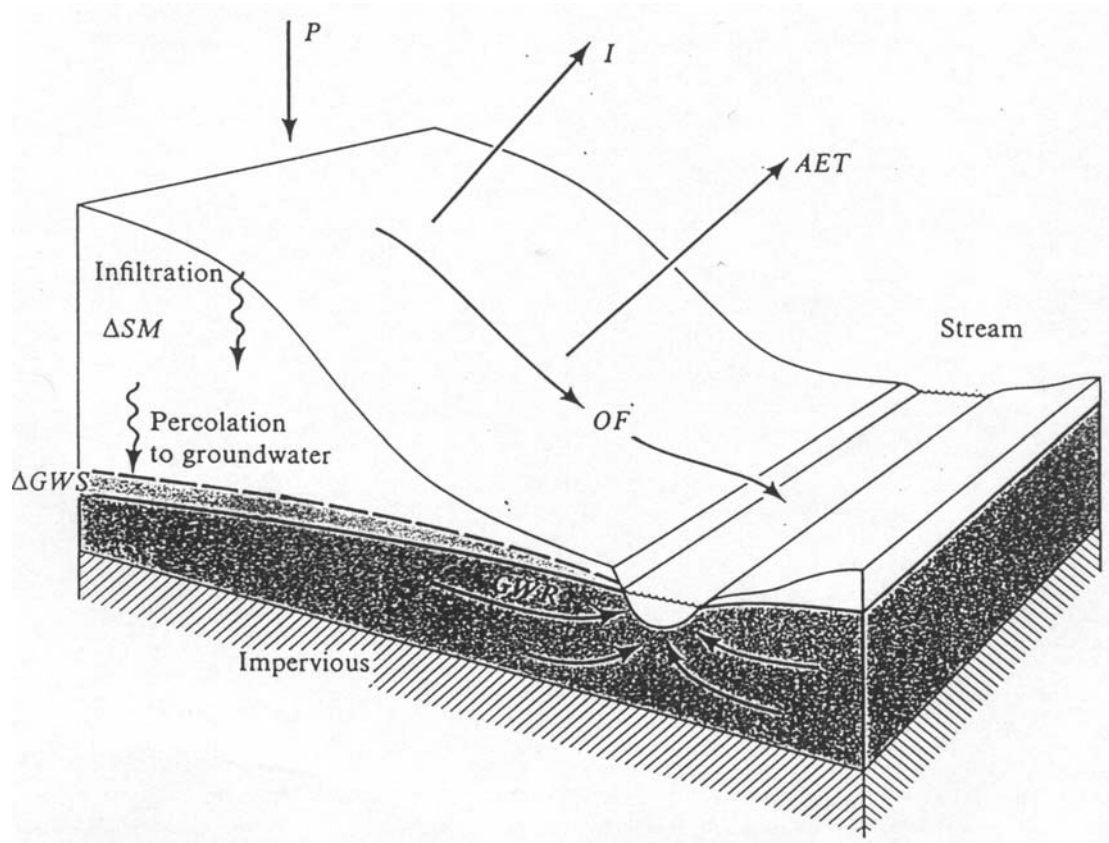
**Graf menunjukkan kadar pegangan air pada tekstur tanah yang berbeza.**



**Graf menunjukkan jumlah air yang dikeluarkan oleh tanah yang berbeza tekstur apabila tekanan dikenakan pada tanah.**

## Perseimbangan Air

- keseimbangan air adalah penggabungan kaedah hidrometeorologi, fizik tanah, dan hidrologi air tanah untuk mengetahui imbangan antara hujan dan aliran keluar air melalui proses sejat-transpirasi, recas air tanah dan aliran sungai bagi sesuatu profil tanah atau keseluruhan lembangan saliran atau kawasan tadahan hujan pengetahuan mengenai keseimbangan air penting untuk:
  1. mendapatkan rekod berterusan kelembapan tanah, sejat-transpirasi sebenar, recas air tanah dan aliran sungai dari rekod meteorologi dan pemerhatian ke atas tanah dan vegetasi
  2. mendapatkan anggaran keperluan perairan, tegasan air tanaman dan vegetasi boleh bertahan, ramalan aliran sungai dan elevasi aras air
  3. menjanakan data jangka panjang kelembapan tanah, air tanah dan aliran sungai untuk kajian kesesuaian ekonomi dan ekologi dalam perancangan sumber tanah dan air
- imbangan air adalah alat penting dalam analisis masalah air di sesuatu kawasan
- komponen penting dalam imbangan air adalah (lihat gambarajah):
  1. Kerpasan (Precipitation) – P
  2. Pintasan (Interception) – I
  3. Sejat-transpirasi sebenar (Actual Evapotranspiration) – AET
  4. Larian permukaan (Overland Flow) – OF
  5. Pertukaran air tanah (change in soil moisture) –  $\Delta SM$
  6. Pertukaran simpanan air bawah tanah (change in groundwater storage) –  $\Delta GWS$
  7. Aliran air bawah tanah (groundwater runoff) – GWR



- Perseimbangan Imbangan air adalah seperti berikut:

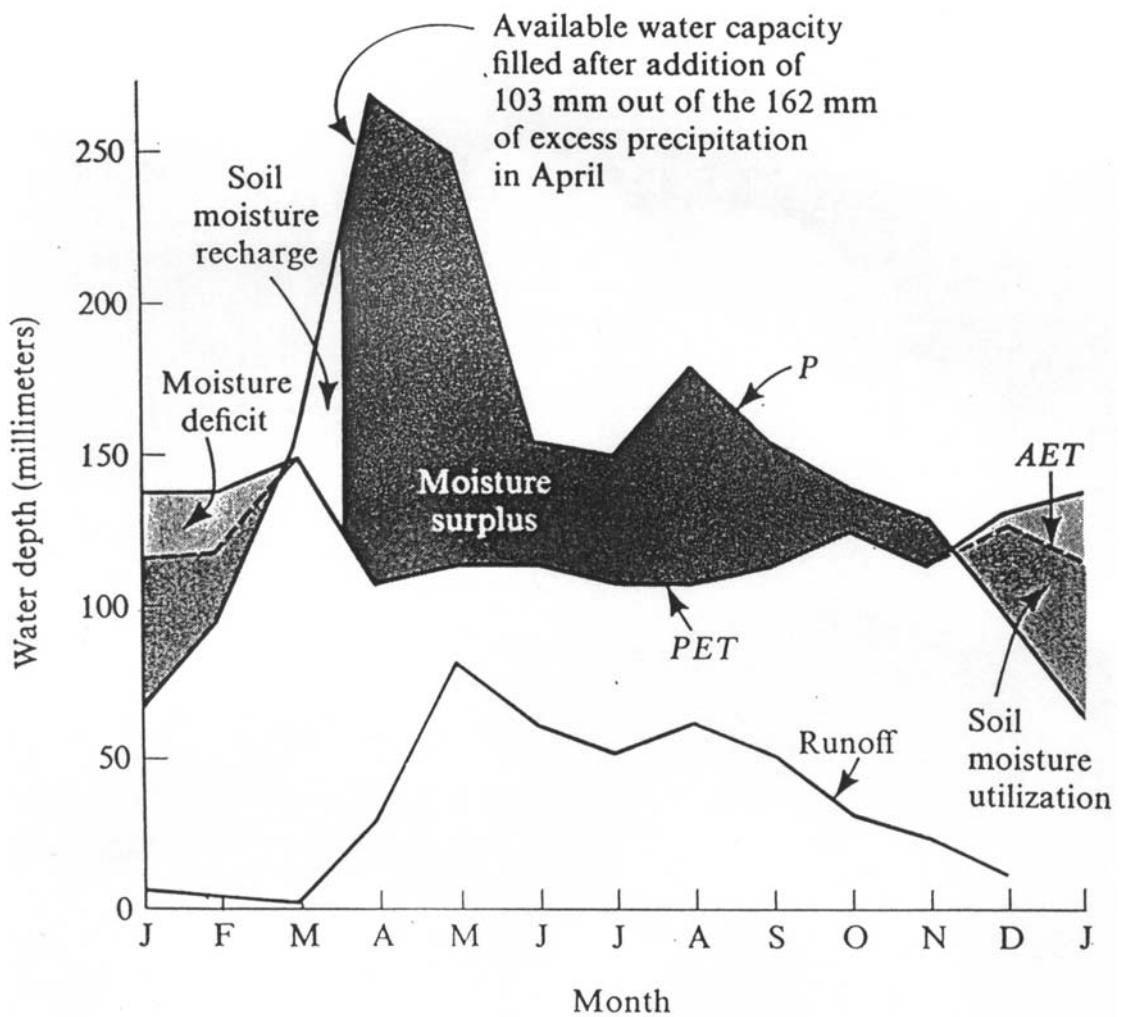
$$P = I + AET + OF + \Delta SM + \Delta GWS + GWS$$

- Sekiranya pengiraan dibuat secara tahunan, tiada perubahan kelembapan tanah dan simpanan air bawah tanah, maka persamaan di atas boleh dipermudahkan menjadi:

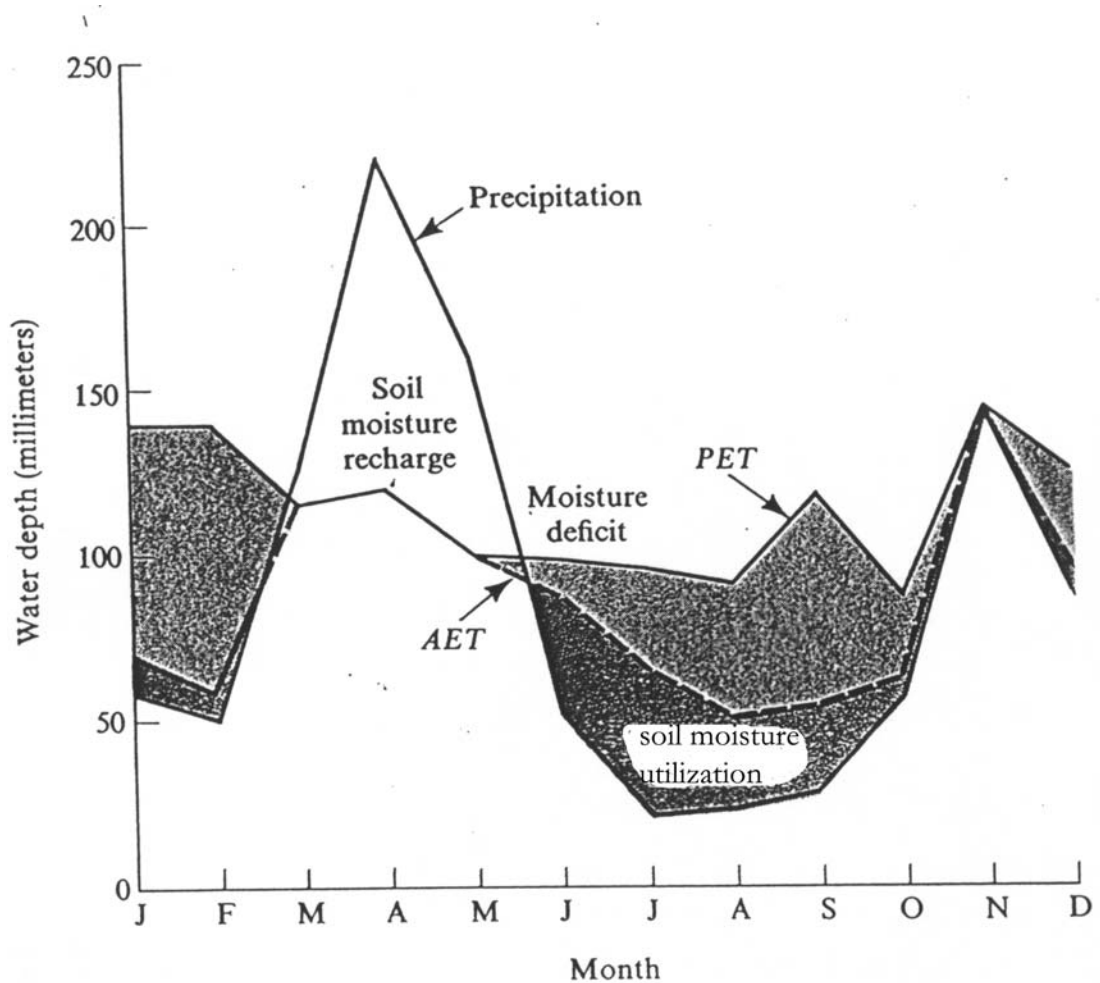
$$P = I + AET + \text{Aliran alur}$$

- pengukuran imbangan air dapat menghasilkan maklumat hidrologi tentang saling hubung antara iklim, penggunaan tanah, air bawah tanah dan air larian
- maklumat yang diperolehi diplotkan untuk mendapatkan ringkasan mengenai berbagai maklumat bermusim sesuatu kawasan termasuk (lihat 2 graf di bawah):

1. pola hujan
2. sejat-transpirasi
3. air larian
4. masa kelembapan tanah berkurangan
5. recas kelembapan
6. lebihan kelembapan



- graf pertama di atas menunjukkan bahawa pada bulan antara Januari – Mac, kelembapan adalah defisit, dan AET kurang dari PET menunjukkan berlakunya tegasan air tanaman
- oleh itu hujan yang turun mulai bulan Mac adalah digunakan untuk menambah air tanah
- setelah air tanah direcas, kelembapan berlebihan maka oleh itu larian permukaan meningkat apabila kelembapan berlebihan



- graf yang berikut pula menunjukkan kekurangan kelembapan adalah tinggi antara bulan Jan – Mac
- Hujan yang turun digunakan sepenuhnya untuk recas air tanah, maka tiada air larian
- Di pertengahan bulan May berlaku kekurangan lembapan, AET kurang dari PET, berlaku tegasan air tanaman