

KEUPAYAAN PENYUSUPAN

Oleh

Nasruddien B Mohd Nor Saidi

65335/01

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan untuk ijazah
dengan kepujian**

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

**Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia**

April 2005

ABSTRAK

Konsep kawalan kuantiti dan kualiti air larian hujan didalam Manual Saliran Mesra Alam (MSMA) yang dicadang oleh Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS) telah dipraktikkan dalam kajian ini melalui penggunaan kaedah penyusupan. Kajian penyusupan yang dijalankan merupakan kaedah kawalan bagi mengurangkan sumber air larian permukaan yang mengakibatkan masalah banjir di bandar-bandar besar. Kajian ini dijalankan di dalam daerah Butterworth iaitu. Perincian kawasan adalah di zon 1 dan zon 2. Kajian menunjukkan tanah yang terged baik akan mempunyai nilai penyusupan yang tinggi. Kaedah ujikaji yang digunakan adalah seperti kaedah *Double Ring Infiltrometer* , analisis ayak dan ujikaji turus menurun bagi mendapatkan data-data berkaitan dengan penyusupan, jenis tanah dan nilai pekali kebolehtelapan. Sampel-sampel tanah terganggu yang dijalankan ujikaji akan dianalisa untuk mencari hubungan diantara jenis tanah, nilai pekali kebolehtelapan dan nilai pekali penyusupan. Segala jenis faktor yang telah dikenalpasti turut dikaji dalam projek ini. Akhir sekali, satu peta daerah berdasarkan kapasiti penyusupan akan dihasilkan untuk tujuan pembangunan di daerah Butterworth. Peta ini juga akan dibandingkan dengan peta yang dihasilkan di kampus kejuruteraan berdasarkan indeks penyusupan.

ABSTRACT

In this research, the Department of Irrigation and Drainage Malaysia has proposed a concept by Manual Saliran Mesra Alam (MSMA) to implement the infiltration method for controlling the quantity and quality of surface runoff. The purpose of using this infiltration method is to reduce the volume of surface runoff and eliminate the flood problems in major cities. The location is around the Butterworth area which is in zone 1 and zone 2. The result shows that well graded soil will increase the infiltration rate. The double ring infiltrometer test, sieve analysis and falling head permeability test is used to determine the value of infiltration coefficient, soil properties and permeability coefficient. By using the disturbed soil sample, experiment and data analysis will be done to relate the relationship between infiltration and permeability coefficient. All the factors that have been assumed in this project will be determined also. Finally, a mapping of soil according to infiltration coefficient will be established for development purposes in Butterworth. This mapping will also be compared with engineering campus maps depending on infiltration index.

ISI KANDUNGAN	HALAMAN
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
ISI KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI GAMBAR	ix
PENGHARGAAN	xii
BAB 1 : PENGENALAN	
1.0 Kenyataan masalah	1
1.1 Objektif kajian	2
1.2 Skop kajian	2
BAB 2 : KAJIAN PERSURATAN	
2.0 Penyusupan	3
2.1 Kebolehtelapan	4
2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar penyusupan	
2.2.1 Sifat tanah	6
2.2.2 Keamatan Hujan	8
2.2.3 Vegetasi	8
2.2.4 Ciri-ciri bendalir	8

2.2.5 Faktor-faktor lain	9
2.3 Pengukuran penyusupan	10
2.4 Kajian kes	
2.4.1 Kajian mengenai kapasiti penyusupan	11
2.4.2 Model Penyusupan Tanah	12
2.4.3 Penyesuaian Sistem Penyusupan	15

BAB 3 : METODOLOGI

3.0 Pengenalan	17
3.1 Lokasi kajian	17
3.2 Tinjauan Tapak	19
3.3 Ujikaji di lapangan	19
3.4 Ujikaji di makmal	19
3.5 Pemetaan	20
3.6 Kaedah Ujikaji	
3.6.1 Ujikaji penyusupan di lapangan (Double Ring Infiltrrometer)	20
3.6.2 Analisis Ayak (dry sieve analysis)	25
3.6.3 Ujikaji kebolehtelapan	28

BAB 4 : KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Klasifikasi dan penentuan ciri-ciri sampel tanah berdasarkan ujian ayakan	32
4.2 Analisis lengkung Horton	43

BAB 5 : PERBINCANGAN

5.1 Pencerapan data	52
5.2 Klasifikasi dan ciri-ciri tanah berdasarkan analisis ayakan	53
5.3 Klasifikasi dan ciri-ciri tanah berdasarkan ujian kebolehtelapan	56
5.4 Klasifikasi dan ciri-ciri tanah berdasarkan ujian penyusupan	58

BAB 6 : KESIMPULAN

6.1 Pandangan dan cadangan	60
----------------------------	----

RUJUKAN

LAMPIRAN A : PELAN-PELAN PEMBANGUNAN MENGIKUT ZON

LAMPIRAN B : DATA UJIAN ANALISIS AYAKAN

LAMPIRAN C : DATA UJIAN PENYUSUPAN DI ZON-ZON BUTTERWORTH

LAMPIRAN D : DATA UJIAN PENYUSUPAN DI KAMPUS KEJURUTERAAN USM

LAMPIRAN E : DATA UJIAN KEBOLEHTELAPAN SAMPEL TANAH

LAMPIRAN F : PETA KAWASAN KAJIAN BERDASARKAN NILAI PENYUSUPAN

LAMPIRAN G : PETA KAMPUS KEJURUTERAAN BERDASARKAN NILAI
PENYUSUPAN

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1 : Pekali kebolehtelapan (m/s)

Jadual 2.2 : Kadar penyusupan dalam tanah berdasarkan jenis tanah menggunakan kaedah ring infiltrometer

Jadual 2.3 : Nilai-nilai K , f_0 , dan f_c untuk tanah berlainan jenis

Jadual 3.1 : Zon kawasan kajian Butterworth

Jadual 3.2 : Pecahan guna tanah semasa untuk Zon BW 1 dan BW 2

Jadual 4.1 : Perincian lokasi kajian mengikut zon

Jadual 4.2 : Pengelasan tanah bagi lima kelas utama

Jadual 4.3 : Saiz klasifikasi tanah berdasarkan piawai beberapa organisasi

Jadual 4.4 : Pekali keseragaman zarah tanah

Jadual 4.5: Taburan zarah tanah

Jadual 4.6 : Jadual analisis ujian kebolehtelapan

Jadual 4.7 : Nilai kadar penyusupan biasa berdasarkan kepada tekstur tanah yang dicadangkan

Jadual 4.8 : Nilai anggaran kadar penyusupan daripada kelas tanah yang dicadangkan oleh Schualler

Jadual 4.9 : Keputusan bagi analisis Horton untuk kesemua enam zon di Butterworth

SENARAI RAJAH

- Rajah 2.1 : Skematik punca penyusupan air ke dalam tanah
- Rajah 2.2 : Kesan penutupan permukaan tanah ke atas kadar penyusupan
- Rajah 2.3 : Graf kesan pembukaan tanah
- Rajah 2.4 : Konsep proses penyusupan pada kepelbagaian ruang padang
- Rajah 2.5 : Tekstur tanah di lapangan
- Rajah 3.1 : Pecahan zon di kawasan kajian sekitar Butterworh
- Rajah 3.2 : ‘Double Ring Infiltrometer’ dan graf kadar penyusupan melawan masa mengikut jenis tanah
- Rajah 3.3 : Ujian Kebolehtelapan Kaedah Turus Menurun
- Rajah 4.1 : Lengkung taburan saiz zarah tanah bagi zon BW1
- Rajah 4.2 : Lengkung taburan saiz zarah tanah bagi zon BW1
- Rajah 4.3 : Lengkung taburan saiz zarah tanah bagi zon BW1
- Rajah 4.4 : Lengkung taburan saiz zarah tanah bagi zon BW2
- Rajah 4.5 : Lengkung taburan saiz zarah tanah bagi zon BW2
- Rajah 4.6 : Lengkung taburan saiz zarah tanah bagi zon BW2
- Rajah 4.7 : Lengkung penyusupan Horton
- Rajah 4.8 : Graf kadar penyusupan melawan masa bagi kawasan 1B
- Rajah 4.9 : Graf kadar penyusupan melawan masa bagi kawasan 1C
- Rajah 4.10 : Graf kadar penyusupan melawan masa bagi kawasan 1D
- Rajah 4.11 : Graf kadar penyusupan melawan masa bagi kawasan 1E
- Rajah 4.12 : Graf kadar penyusupan melawan masa bagi kawasan 1D
- Rajah 4.13 : Graf kadar penyusupan melawan masa bagi kawasan 2C

Rajah 4.14 : Pemetaan Taman Cernai dan Kampung Jawa berdasarkan indeks penyusupan

Rajah 4.15 : Pemetaan kampus kejuruteraan USM berdasarkan indeks penyusupan

SENARAI GAMBAR

Gambar 3.1 : Pemasangan gelang di atas tapak kajian

Gambar 3.2 : Alatan ujian siap dipasang

Gambar 3.3 : Air diisi ke dalam gelang pada bahagian luar terlebih dahulu

Gambar 3.4 : Air diisikan ke dalam gelang di bahagian dalam

Gambar 3.5 : Set ayak yang digunakan

Gambar 3.6 : Penggongcang mekanikal

Gambar 3.7 : Contoh sampel tanah yang dikeringkan

Gambar 3.8 : Contoh sampel tanah kawasan Taman Merbau BW 1

Gambar 3.9 : Alat ujian turus menurun di makmal

Gambar 3.10 : Radas meter telap dan tangki air untuk ujian kebolehtelapan

PENGHARGAAN

Segala puji dan syukur ke hadrat Ilahi, dengan izin dan limpah kurnia-Nya projek ini telah dapat diselesaikan dalam tempoh yang ditetapkan. Jutaan penghargaan diberikan kepada mereka yang terlibat dan membantu dalam melengkapkan projek ini terutama sekali **Profesor Madya Dr. Nor Azazi Zakaria** selaku pensyarah / penyelia yang banyak memberikan nasihat dan panduan. Juga **Profesor Madya Dr. Aminuddin Ab. Ghani** selaku pensyarah dan penyelia kedua. Terima kasih di atas keluangan masa yang diberikan sepanjang proses penyiapan projek ini. **En. Mohd Fazly Yusof** sebagai pembantu penyelia yang bertugas setiap hari yang banyak membantu memberikan panduan dan penerangan menjalankan ujikaji serta nasihat yang amat berguna kepada saya. **Kakitangan-kakitangan Redac** yang banyak membantu saya dalam menyiapkan projek ini serta bimbingan dan tunjuk ajar mereka amatlah saya hargai. **Kakitangan makmal geoteknik pusat pengajian kejuruteraan awam** yang memberikan kemudahan di dalam makmal bagi menjalankan ujikaji. Tidak lupa juga kepada semua pihak yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak dalam menjayakan projek ini. Saya berasa berbangga kerana dipilih untuk menjalankan penyelidikan yang sedang berjalan dengan lancar di Pusat Penyelidikan Kejuruteraan Sungai Dan Saliran Bandar (REDAC) ini dibawah peruntukan geran IRPA RM8 dan banyak pengalaman baru yang saya perolehi semasa menjalankan projek ini. Diharap agar kajian yang saya jalankan ini dapat memberi sumbangan kepada mana-mana pihak dalam menjalankan penyelidikan untuk tujuan rekabentuk dan pembangunan.

BAB 1

Pengenalan

1.0 KENYATAAN MASALAH

Secara semulajadi, air hujan akan menyusup masuk ke dalam tanah. Proses pembangunan di negara ini telah mengakibatkan kadar penyusupan air ke dalam tanah semakin berkurangan. Kesan dari itu jumlah air larian yang memasuki longkang meningkat pada kadar yang tinggi. Selepas hujan paras air sungai di kawasan bandar manjadi tinggi dan kejadian banjir kilat berlaku. Beberapa langkah yang telah diambil bagi mengawal keadaan ini seperti menyediakan kolam takungan, kolam tahanan air dan kerja-kerja melebarkan sungai. Walaubagaimanapun langkah yang diambil itu tidaklah dapat mengawal keadaan banjir sepenuhnya. Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia telah menguatkuasakan kaedah pengawalan dipunca sebagai langkah mengawal banjir bermula Januari 2001. Manual pengurusan air ribut bandar telah mencadangkan kaedah penyusupan untuk mengawal keadaan aliran puncak dan isipadu puncak air. Penyusupan merupakan satu daripada alternatif yang dapat mengawal kedua-dua aliran puncak dan isipadu puncak pada masa yang serentak. Namun demikian, pangkalan data mengenai pekali penyusupan untuk tanah tempatan masih belum dihasilkan lagi. Tanpa pangkalan data ini, rekabentuk yang dibuat adalah berdasarkan pangkalan data penyusupan yang dihasilkan oleh negara lain seperti pengelasan tanah USCS bagi Amerika Syarikat yang kadangkalanya tidak boleh diguna pakai untuk tanah di Malaysia. Maka kajian yang dijalankan adalah untuk mengkaji jenis tanah mengikut kapasiti penyusupan dan juga menilai keberkesanan sistem penyusupan ini dalam mengawal masalah banjir dari aspek teknikal dan ekonomi. Akhir sekali, satu peta daerah berdasarkan kapasiti penyusupan akan dihasilkan untuk

tujuan pembangunan bagi bandar-bandar besar seperti Kuala Lumpur, Ipoh, Johor Bahru, Kuantan dan Butterworth.

1.1 OBJEKTIF KAJIAN

1. Untuk menghasilkan satu pengkalan data geoteknik dan hidrologi bagi kawasan Butterworth.
2. Mengkelaskan tanah di Butterworth berdasarkan pekali penyusupan, analisis ayakan dan ujian kebolehtelapan.
3. Menghasilkan satu peta daerah Butterworth berdasarkan pekali penyusupan tanahnya.

1.2 SKOP KAJIAN

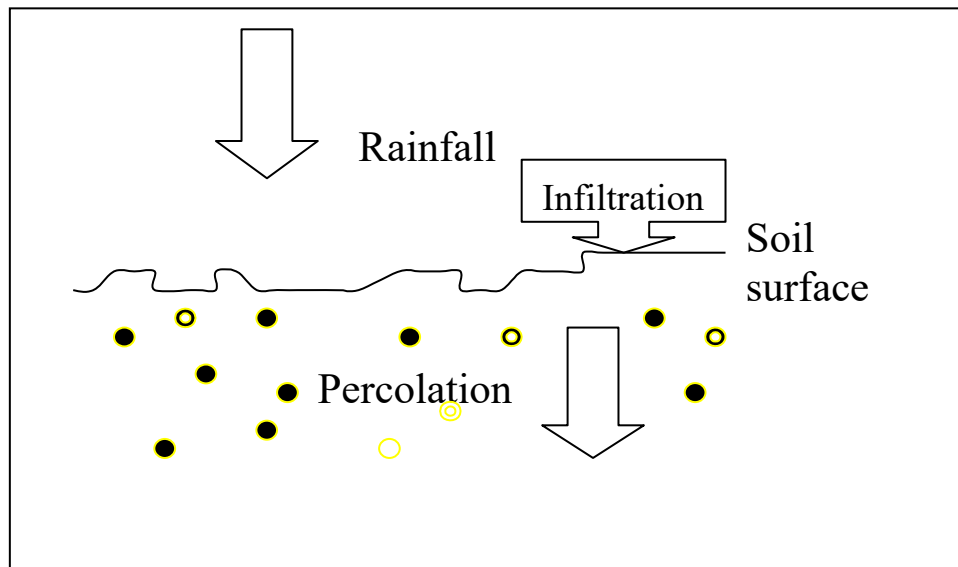
Skop kajian bermula dengan mencari maklumat persuratan iaitu menentukan lokasi kajian zon berdasarkan Draf Rancangan Tempatan Butterworth 2010, yang dikeluarkan oleh Majlis Perbandaran Seberang Perai (MPSP). Cerapan kadar penyusupan di lapangan dijalankan. Sampel tanah terganggu diambil untuk ujikaji makmal seperti analisis ayak dan ujian kebolehtelapan bagi mendapatkan taburan saiz zarah beserta nilai kebolehtelapannya. Daripada data itu, satu peta daerah Butterworth berdasarkan pekali penyusupan akan dihasilkan.

BAB 2

KAJIAN PERSURATAN

2.0 PENYUSUPAN (infiltration)

Penyusupan merupakan satu proses semulajadi iaitu proses kemasukan air ke dalam tanah daripada permukaan bumi. Proses penyusupan juga boleh dihuraikan sebagai proses air melalui liang-liang kecil pada permukaan tanah dan melepasi permukaan tanah tersebut sehingga memasuki lapisan bawah sesuatu tanah. Pergerakan air ini di bawah pengaruh graviti sehingga ia sampai ke zon tepu dipanggil proses kebolehtelapan air. Pergerakan air di dalam tanah adalah disebabkan oleh cerun hidraulik yang wujud. Kadar penyusupan berkurangan sehingga ke satu kadar yang tetap. Rajah 1 di bawah menunjukkan punca penyusupan air dalam zarah tanah.



Rajah 2.1 : Skematik punca penyusupan air dalam tanah

Di samping itu,ada juga proses-proses yang mempengaruhi penyusupan,antaranya ialah sebaran balik air tanah, penelusan(pengaliran air terus ke zon ketepuan) dan kenaikan kapilari air tanah. Tanah yang berada dalam keadaan kering atau pun basah mempunyai

keupayaan menyusup pada kadar yang berlainan dan diukur dalam mm/j atau inci/j. Kadar penyusupan sesuatu tanah ialah hasil tambah ketelapan air dengan jumlah air yang memasuki simpanan atas aras air bumi. Jika kadar hujan melebihi kapasiti penyusupan tanah, air akan menyusup dengan kapasitinya dan lebih air tersebut akan membentuk takungan air seperti lopak-lopak kecil dan air larian permukaan. Jika kadar hujan kurang dari kapasiti penyusupan, semua air tersebut akan menyusup masuk kedalam tanah.

Keupayaan penyusupan merupakan kadar maksimum tanah yang boleh menyerap air dalam keadaan tertentu. Walaubagaimanapun, ia bergantung kepada dua keadaan iaitu:

- Intensiti hujan < keupayaan penyusupan

Kadar penyusupan = keupayaan penyusupan

- Intensity hujan > keupayaan penyusupan

Kadar penyusupan = keupayaan penyusupan dan lebih hujan berkumpul pada permukaan tanah atau mengalir ke sungai

2.1 KEBOLEHTELAPAN

Pada tahun 1856, Henri Philibert Darcy telah menakrifkan satu persamaan yang berkaitan dengan kebolehtelapan tanah. Berdasarkan Hukum Darcy, kebolehtelapan boleh ditakrifkan melalui persamaan

$$q = Aki \quad (2.0)$$

atau

$$v = q / A = ki \quad (2.1)$$

di mana q = isipadu air yang mengalir seunit masa,
 A = luas keratan rentas tanah,
 k = pekali kebolehtelapan,
 i = kecerunan hidraulik,
 v = halaju kadar alir.

Unit bagi pekali kebolehtelapan adalah halaju iaitu m/s atau cm/s. Pekali kebolehtelapan bergantung kepada saiz purata liang, dan ianya berkait rapat dengan agihan saiz zarah, bentuk zarah dan struktur tanah. Pekali kebolehtelapan mempunyai nilai tertentu pada suhu yang berlainan. Ini terhasil kerana perubahan dalam kelikatan. Pekali kebolehtelapan tanah pada suhu 20°C dikatakan nilai pada suhu piawai.

Jadual 2.1 : Pekali kebolehtelapan (m/s) (BS:8004,1986)

1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
		Pasir bersih dan campuran pasir-kelikir			Pasir sangat halus, kelodak dan lapis tanah-liat kelodak					
		Tanah liat kering dan merekah								

Terdapat dua kaedah untuk menentukan nilai pekali kebolehtelapan iaitu ujian turus malar dan turus menurun. Walaubagaimanapun, ujian turus menurun adalah untuk tanah berzarah halus manakala ujian turus malar adalah untuk pasir.

2.2 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KADAR PENYUSUPAN

2.2.1 Sifat tanah

tanah berfungsi sebagai media yang membolehkan air menyusup masuk dari permukaan tanah. Keberkesanan tanah sebagai agen pengangkut air bergantung pada saiz dan juga ketetapan liang dalam tanah. Secara umumnya, saiz liang yang membolehkan air bergerak ke dalam tanah dan kadar penyusupan bergantung kepada tekstur tanah, kekuatan aggregate tanah dan susunan aggregate dan partikal tanah. Tanah berpasir yang longgar atau tanah berbatu kelikir mempunyai nilai keupayaan penyusupan yang tinggi dan tanah lempung mempunyai nilai keupayaan yang rendah. Ini kerana liang-liang diantara zarah tanah pasir dan batu kelikir tersebut lebih besar dari tanah lempung.

Biasanya, penurunan kadar penyusupan diikuti oleh pembentukan lapisan padat 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 di atasi dengan menutup permukaan tanah dengan sungkupan, sisa tanah atau bahan plastik. Keberkesanan penutupan permukaan tanah mengatasi masalah ini dapat dilihat seperti graf di bawah :

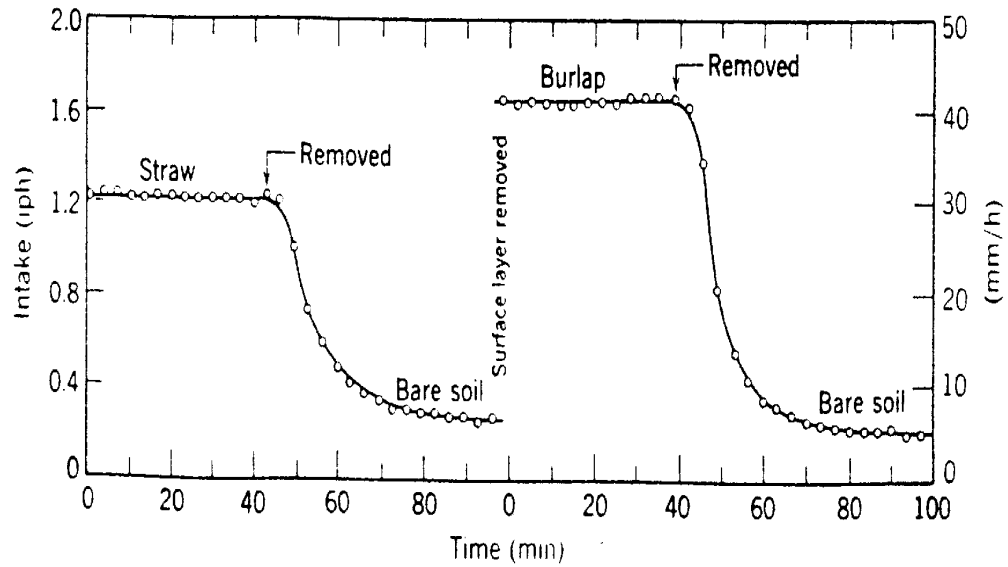


Fig. 2.1. Effect of surface cover on infiltration rate.

Rajah 2.2 : Kesan penutupan permukaan tanah ke atas kadar penyusupan (Duley,1939)

Jadual 2.2 : Kadar penyusupan dalam tanah berdasarkan jenis tanah menggunakan kaedah ring infiltrometer (USDA,1998)

Jenis tanah	Kadar penyusupan asas(mm/jam)
Pasir	Kurang dari 30
Pasir berkelodak	20 – 30
Kelodak	10 – 20
Tanah liat berkelodak	5 – 10
Tanah liat	1 - 5

2.2.2 Keamatan hujan

Kadar penyusupan dipengaruhi oleh kekerapan hujan walaupun kenaikan turus hidrostatik ke atas liang adalah kecil, ia tetap menghasilkan kenaikan aliran dalam permukaan tanah. Kekerapan hujan yang tinggi menyebabkan tanah menjadi tepu dan seterusnya mengurangkan kadar penyusupan air ke dalam tanah. Hujan lebat yang berpanjangan juga boleh menyebabkan tanah menjadi padat pada permukaannya, menyerakkan zarah halus tanah dan menyebabkan liang tanah tersumbat. Ia juga boleh mengurangkan potensi simpanan air tanah. Di samping itu, lempung juga akan mengembang dan menjadi tepuair.

2.2.3 Vegetasi

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

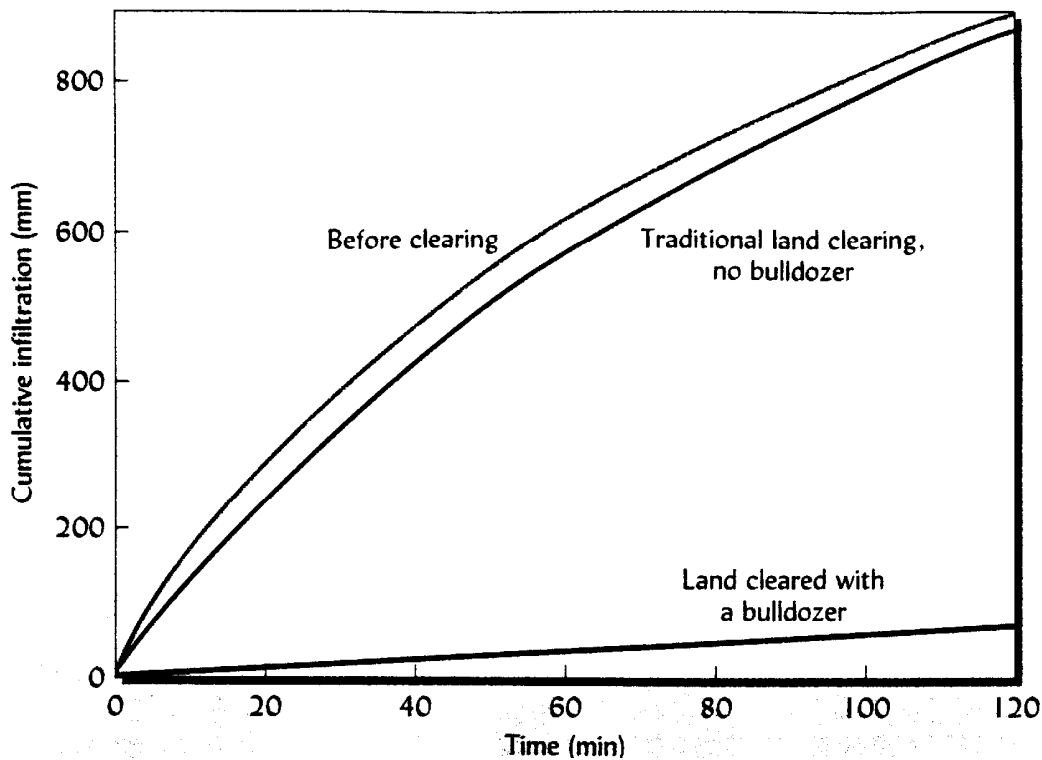
2.2.4 Ciri-ciri bendalir

Kehadiran bahan asing di dalam air sama ada dalam bentuk terampai atau larutan boleh mempengaruhi kadar penyusupan. Garam terlarut boleh memberi kesan terhadap struktur tanah dan seterusnya kadar penyusupan. Suhu pula memberi kesan kepada kelikatan bendalir dan ini juga boleh mempengaruhi kadar penyusupan. Suhu yang tinggi

akan mengurangkan kelikatan air. Tanah yang mempunyai bahan organic yang tinggi dan lempung yang rendah menjadikan struktur tanah longgar, pori dan memudahkan penyusupan air.

2.2.5 Faktor-faktor Lain

Tanah yang kering dan basah mempengaruhi kadar penyusupan air. Walau bagaimanapun jika tanah dalam keadaan bercerun maka air tersebut akan menjadi air larian permukaan. Ini akan melambatkan lagi penyusupan air. Tanah yang lembap akan mengurangkan kadar penyusupan kerana tanah tersebut telah tepu. Pengurusan pembukaan tanah juga mempengaruhi kadar penyusupan. Graf di bawah menunjukkan kesan pembukaan tanah di sesuatu kawasan.



Rajah 2.3 : Graf kesan pembukaan tanah (Duley,1939)

2.3 Pengukuran Penyusupan

Dalam menjalankan pengukuran penyusupan dilapangan, alat yang digunakan ialah kaedah “ring infiltrometer”. Ia mengandungi satu logam bulat berdiameter 30sm dan 60sm dengan ketinggian 20sm. Logam bulat ini dipacu kedalam tanah sedalam 5sm. Air kemudiannya diisi ke dalam bulatan dengan mengekalkan turus dan ukuran kemasukan air dicatatkan sehingga kadar penyusupan yang ditetapkan diperhatikan. untuk menghapuskan kesan penyusupan sisi, satu bulatan logam yang berdiameter lebih besar dipasang di luar bulatan pertama tadi. Air diisi ke dalam kedua-dua bulatan tetapi pengukuran diambil bulatan yang pertama sahaja iaitu bulatan kecil. Bulatan logam kedua adalah sebagai penimbal. Kaedah ini biasanya memberikan bacaan penyusupan yang lebih tinggi berbanding dengan alat lain.



Gambar 2.1 : “Double Ring Infiltrometer”

2.4 KAJIAN KES

2.4.1 Kajian mengenai kapasiti penyusupan

Nassif dan Wilson, (1976) telah membuat kajian yang meluas keatas penyusupan dengan menggunakan suatu kawasan tadahan makmal seluas 25m². Kesimpulan yang dihasilkan adalah untuk sebarang tanah yang mengalami hujan lebat dan tetap, kadar penyusupan berkurangan menurut satu persamaan mengikut bentuk yang mula-mula digunakan oleh Horton iaitu:

$$f = f_c + \mu e^{-Kt} \quad (2.2)$$

$$\mu = f_0 - f_c \quad (2.3)$$

dengan f = kadar penyusupan pada sebarang masa t (mm/j)

f_c = keupayaan penyusupan pada nilai tinggi t (mm/j)

f_0 = keupayaan penyusupan awal pada $t = 0$ (mm/j)

t = masa dari permulaan hujan lebat (min)

K = pemalar untuk satu jenis tanah dan permukaan (min⁻¹)

K bergantung kepada tekstur permukaan tanah. Jika terdapat tumbuhan, nilai K adalah kecil. Mana kala satu tekstur permukaan yang lebih licin seperti tanah kosong akan menghasilkan nilai-nilai K yang besar.

Nilai f_0 dan f_c adalah bergantung pada jenis tanah dan penutup bumi. Sebagai contoh, tanah berpasir yang lapang atau tanah berbatu kelikir mempunyai nilai-nilai f_0 dan f_c yang tinggi dan tanah lempung yang lapang akan mempunyai nilai-nilai f_0 dan f_c yang rendah tetapi kedua-dua nilai tersebut akan bertambah besar sekiranya tanah-tanah ini ditanami rumput. Nilai f_c bergantung pada kecerunan tanah sehingga ke satu had (berubah

di antara 16% – 24%) selepas itu hanya berlaku sedikit perubahan. Parameter pembolehubah yang memberi pengaruh kepada nilai f_c telah pun dibincangkan sebelum ini.

Jadual 2.3 : Nilai-nilai K , f_0 , dan f_c untuk tanah berlainan jenis (Wilson,1990)

Jenis tanah	f_0 (mm/j)	f_c (mm/j)	K (mm ⁻¹)
	280	6-220	1.6
	900	20-290	0.8
Gambut	325	2-20	1.8
	210	2-25	2.0
	670	10-30	1.4

Jadual 2.3 diatas menunjukkan perkaitan antara parameter-parameter f_0 , f_c , dan K untuk suatu tanah pertanian. Parameter-parameter K dan f_0 adalah stabil untuk tanah tertentu dan tidak nyata berubah mengikut cerun tadahan ataupun keamatan hujan, f_c sebaliknya mengalami perubahan besar mengikut kedua-dua nilai itu dan oleh itu ia ditunjukkan sebagai satu julat nilai.

2.4.2 Model Penyusupan Tanah

Penyusupan biasanya diukur pada satu titik sahaja untuk mewakili kadar penyusupan untuk satu kawasan. Keputusan daripada penyusupan pada satu titik tidak boleh dianggap sama pada titik yang lain kerana kepelbagaian sifat dan jenis tanah yang banyak dalam suatu keluasan tertentu. Pengiraan kadar penyusupan pada satu skala luas tidak tepat tetapi mudah untuk dikira. Antara sebab-sebab pengiraan ini tidak tepat kerana kebanyakan tanah wujud dalam kepelbagaian jenis yang mempengaruhi kadar penyusupan dan proses penyusupan berlaku dengan tidak sekata. Oleh itu parameter berkesan tidak dapat dinyatakan dengan mudah.

Sebagai alternatif, pengkaji menggunakan penyelesaian analitikal dan semi-anlitikal untuk menyelesaikan masalah ini. Maller dan Sharma (1981,1984) telah menemui kaitan masa dengan pembentukan lopak padak permukaan, kadar penyusupan dan jumlah penyusupan secara kumulatif berdasarkan kepada keberaliran hidraulik tepu yang sudah diketahui nilainya. Banyak kajian yang telah dibuat oleh pengkaji-pengkaji namun masalah pengiraan kadar penyusupan pada skala luas tertentu masih belum dapat diselesaikan dengan tepat.

Model matematik

Green-Ampt Equation dipilih kerana ringkas dan mempunyai persamaan analisis dengan Model Smith-Parlange. Dengan menggambarkan padang dibahagikan kepada N petak, setiap petak mempunyai nilai K_s seperti ditunjukkan dalam rajah 2.10. Untuk petak yang ditanda i , keberaliran hidraulik tepunya direkabentuk sebagai K_{si} dan kapasiti

penyusupan sebagai $f_i(F)$, dimana F adalah penyusupan keseluruhan sebagai pekali yang bebas. Kapasiti penyusupan pada skla tersebut adalah :

$$F_i(F) = K_{si} \frac{\psi \Delta \theta + F}{F} \quad (2.0)$$

Dimana,

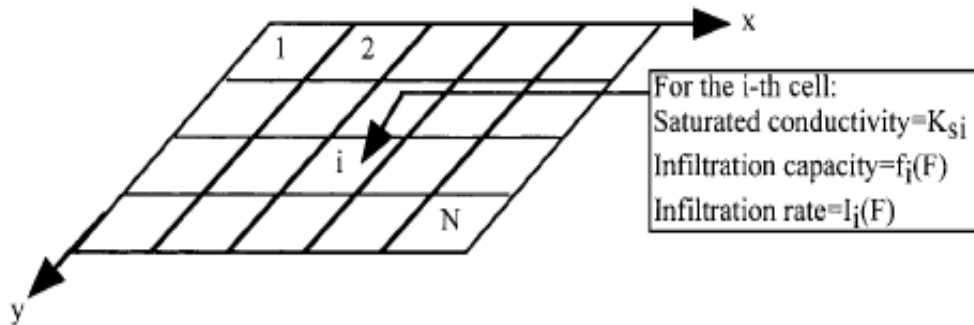
Ψ = Kepala sedutan tanah pada permukaan basah.

$\Delta \theta$ = Perbezaan antara ketepuan dan kandungan kelembapan optimum.

$f_i(F)$ = Kapasiti penyusupan

F = Penyusupan keseluruhan

Dengan anggapan K_s adalah satu-satunya ciri kepelbagaian ruang di padang itu.



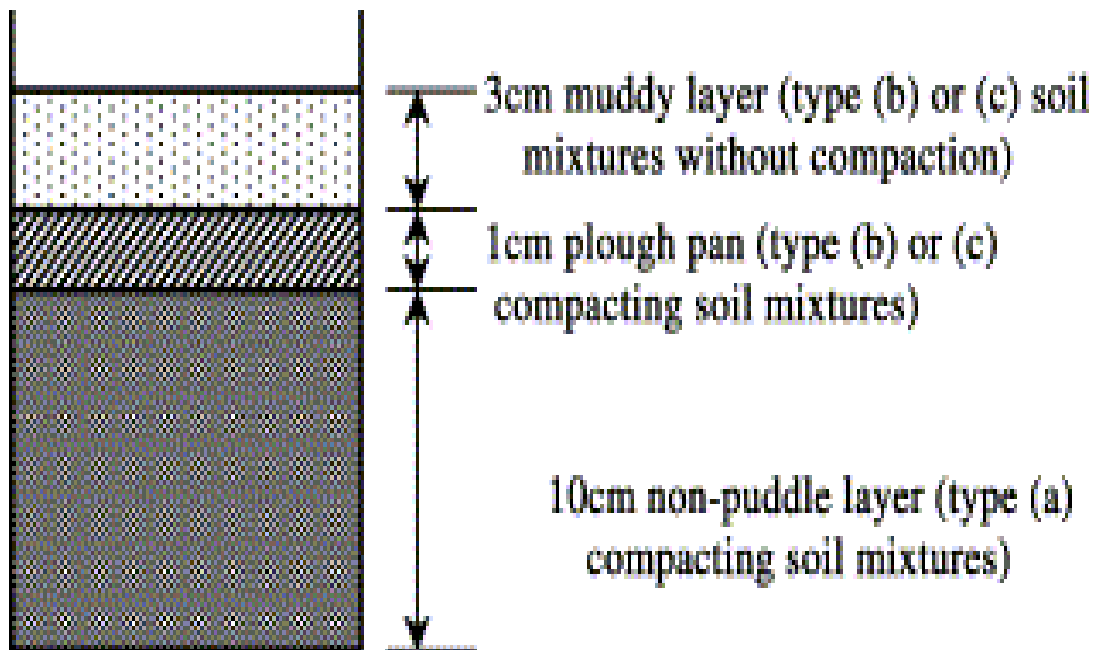
Rajah 2.4 : Konsep proses penyusupan pada kepelbagaian ruang padang.

(Govindaraju et.al,2001)

2.4.3 Penyesuaian Sistem Penyusupan (Van der Werf,1999)

Dalam praktik umum, sistem penyusupan dikatakan tidak sesuai diaplikasi di kawasan yang mempunyaiparas air bumi yang tinggi, permukaan yang curam (>10%) dan wujudnya lapisan batuan berdekatan dengan permukaan tanah. Keadaan ini dikatakan akan menimbulkan masalah aliran sisi di permukaan perantaraan lapisan tanah liat dan tanah batuan. Aliran ini dipercayai mengancam kestabilan geoteknik pada bahagian bawah cerun. Namun, Van der Werf et. Al. (1999) telah menunjukkan bahawa keadaan-keadaan geografi tersebut tidak semestinya akan menyebabkan “side flow”. Malah, sistem penyusupan berpotensi untuk mengawal air larian hujan di kawasan bersifat tersebut dan tanah liat.

Dalam kajian, penulis membangunkan satu model matematik untuk menganggar jangka hayat sistem penyusupan. Model ini secara asanya berdasarkan hukum keseimbangan jisim. Langkah penerbitan persamaan dan anggapan yang telah digunakan telah tercatat secara teliti dalam kertas penulis. Penulis telah melakukan simulasi untuk sistem penyusupan “hypothetical” di atas dengan menggunakan keputusan air larian dan kepekatan zarah dari pengiraan sebelum ini. Zarah terampai dengan 3 ketumpatan pukal, iaitu 0.80, 1.8 dan 2.8 t/m³ telah digunakan untuk mengkaji kesan ketumpatan pukal terhadap jangka hayat operasi sistem. Keputusan menunjukkan sistem penyusupan mempunyai hayat operasi yang lebih tinggi untuk kawasan tadahan yang menghasilkan zarah yang berketumpatan tinggi. Ketumpatan pukal akan menurun dengan meningkatnya peratusan kandungan bahan organik.



Rajah 2.5 : Tekstur tanah di lapangan (Elsevier , 2003)

BAB 3

METODOLOGI

3.0 PENGENALAN

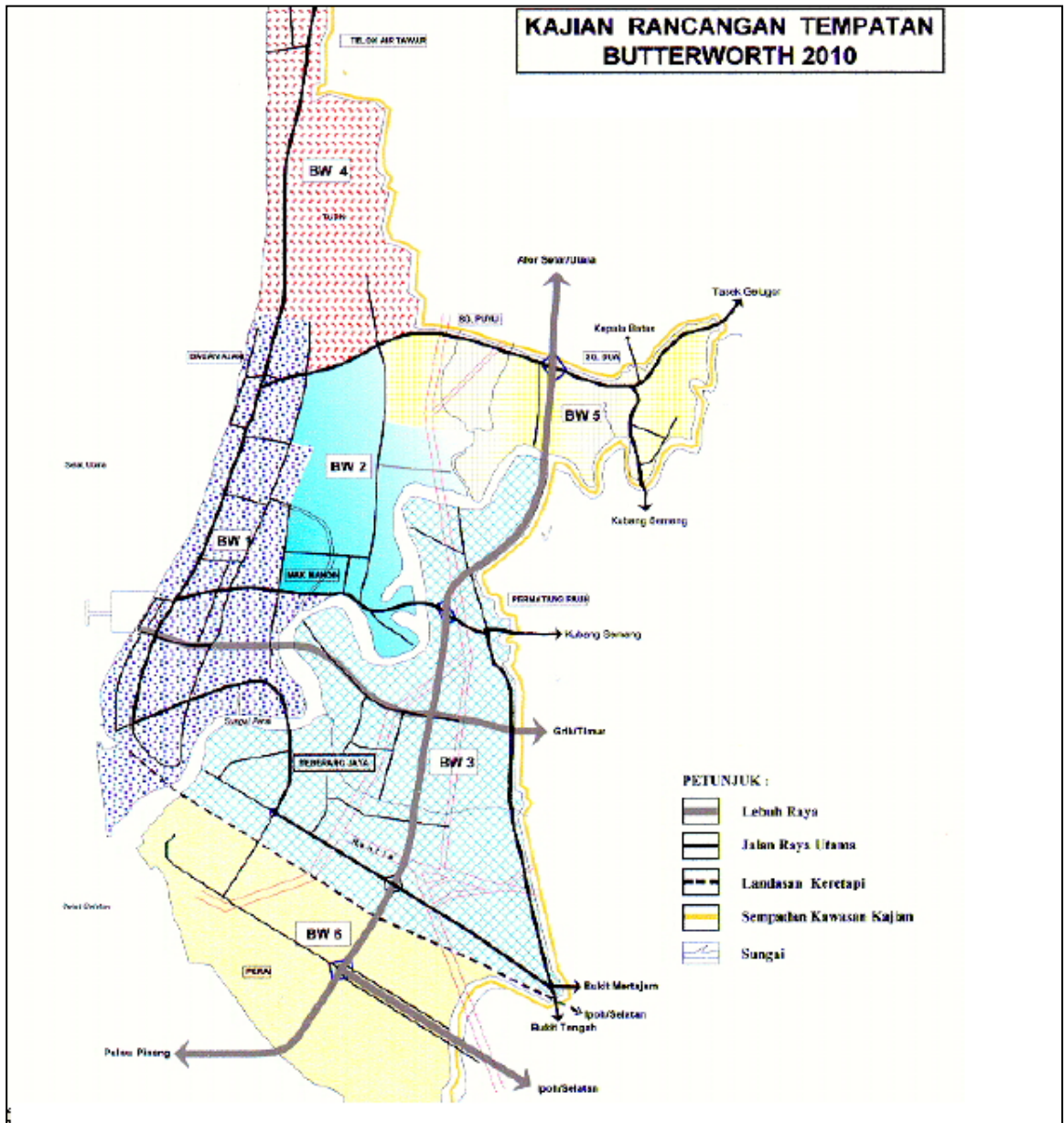
Kajian yang dijalankan ke atas tanah di Daerah Butterworth ini, merupakan tempat yang dipilih mengikut kesesuaian kajian. Dalam proses menjalankan kajian ini, maklumat mengenai kawasan kajian perlulah diketahui terlebih dahulu. Disebabkan pembangunan yang pesat dan penggunaan tanah secara maksimum, jumlah air larian yang masuk ke dalam sungai secara terus menjadi tinggi. Oleh itu, kajian mengenai penyusupan air ke atas tanah dapat dijalankan bagi mengawal keadaan tersebut.

3.1 LOKASI KAJIAN

Dengan menggunakan Draf Rancangan Tempatan Butterworth 2010 oleh Majlis Perbandaran Seberang Perai, peta topografi dan peta geologi, penentuan kawasan kajian boleh dijalankan dengan lebih berkesan. Disediakan juga pelan-pelan pembangunan mengikut zon di Lampiran A.

Jadual 3.1: Zon kawasan kajian Butterworth

Zon	Keluasan (hektar)
Zon BW 1 : Pusat Bandar	1084
Zon BW 2 : Kawasan Mak Mandin	719
Zon BW 3 : Seberang Jaya/Permatang Pauh	2018
Zon BW 4 : Telok Air Tawar	830
Zon BW 5 : Bagan Lalang/Sungai Puyu	795
Zon BW 6 : Kawasan Perindustrian Perai	773



**Rajah 3.1 : Pecahan zon di kawasan kajian sekitar Butterworh
 (Sumber : Draft Rancangan Tempatan Butterworth 2010, MPSP)**

3.2 TINJAUAN TAPAK

Tinjauan ke atas tapak dilakukan sebelum kerja-kerja mengambil data dilakukan. Keadaan sebenar tapak kajian perlu diketahui dengan lebih jelas kerana pembangunan yang berlaku menyebabkan sesuatu kawasan itu tidak lagi wujud.

3.3 UJIKAJI DI LAPANGAN

Secara umumnya, untuk menjalankan satu ujikaji mengenai penyusupan dimakmal adalah amat sukar, kos tinggi dan memakan masa yang lama (Wang dan Benson, 1995). Oleh yang demikian, ujikaji ini dijalankan ditapak untuk mendapatkan nilai penyusupan dan sampel tanah. Antara ujikaji yang boleh dijalankan di lapangan adalah seperti berikut:

- Double ring infiltrometer test
- Sand replacement
- Auger boring
- 5 tons and 10 tons electric cones

3.4 UJIKAJI DI MAKMAL

Daripada sampel tanah yang diambil dari lapangan ujian yang akan dijalankan adalah seperti berikut :

- Ujikaji Turus Menurun 'Falling head permeability test' (saturated permeability)
- Analisis Ayak 'Dry sieve analysis'
- Ujikaji Kelembapan tanah(sampel yang diambil)

3.5 PEMETAAN

Setelah kerja dilapangan dan di makmal selesai, pemetaan data-data yang diperolehi seperti sifat tanah, kadar penyusupan, nilai kebolehtelapan dan kandungan lembapan bolehlah dilakukan dengan menggunakan kaedah Geographical Information System (GIS) dan AUTOCAD. Dengan itu satu pangkalan data baru dapat diwujudkan bagi tujuan merekabentuk satu sistem saliran berkaitan penyusupan di masa akan datang.

3.6 KAEDAH UJIKAJI

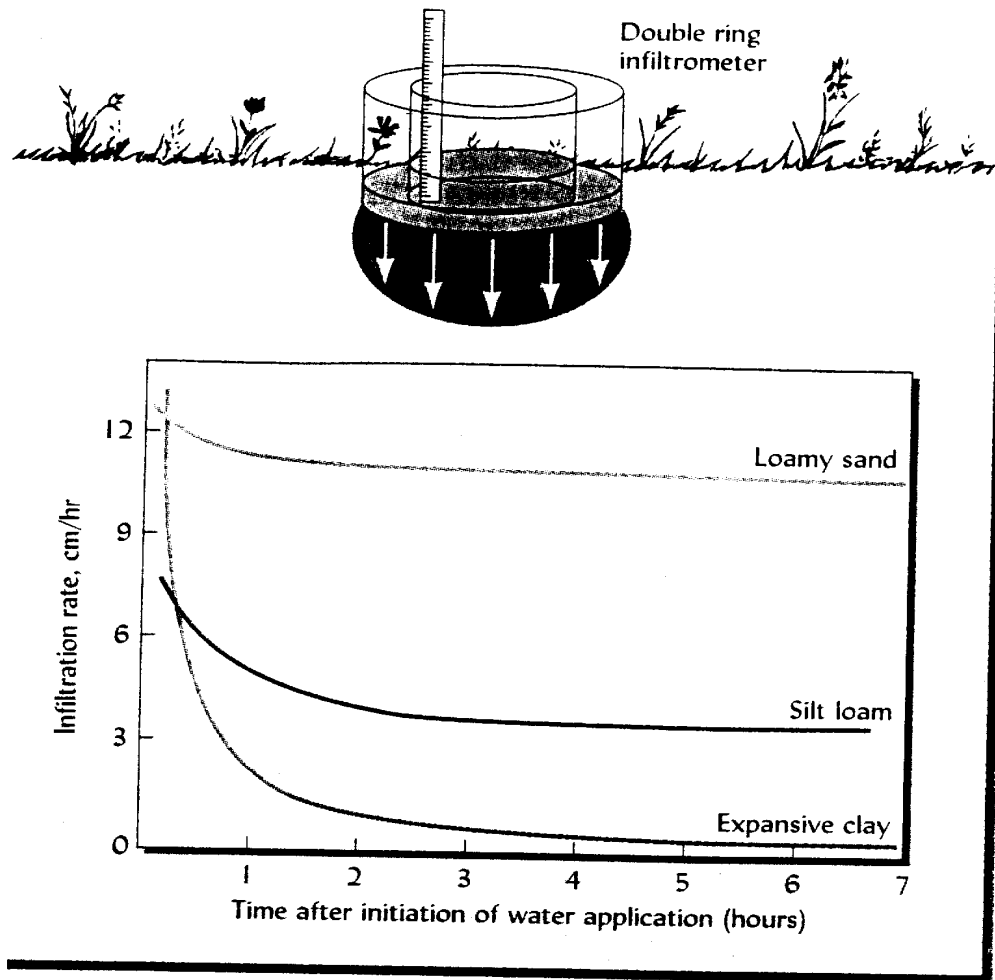
3.6.1 Ujikaji penyusupan di lapangan (Double-ring Infiltrrometer)

Tujuan :

Mengkaji dan mendapatkan nilai kadar penyusupan tanah dilapangan.

Radas :

1. Gelang berdiameter 60 sm dan 30 sm
2. Jam randik
3. Tukul
4. Air



Rajah 3.2 : 'Double Ring Infiltrometer' dan graf kadar penyusupan melawan masa mengikut jenis tanah (agri.upm.edu.my)

Tatacara :

1. Kenal pasti kawasan yang hendak dijalankan ujikaji.
2. Keadaan kawasan seperti cuaca dicatat pada borang khas yang disediakan.
3. Gelang yang berdiameter 60 sm diletakkan di atas tanah dan dipastikan terbenam sedikit ke dalam tanah.

4. Gelang yang berdiameter 30 sm pula di letakkan di dalam gelang yang lebih besar tadi.
5. Air dituang ke dalam gelang disebelah luar sebelum dituang ke dalam gelang disebelah dalam.
6. Paras air yang dituang ke dalam gelang ditetapkan bagi memudahkan pengambilan bacaan.
7. Masa dan paras penyusutan air di dalam gelang diambil dan dicatatkan.



Gambar 3.1 : Pemasangan gelang di atas tapak kajian



Gambar 3.2 : Alatan ujian siap dipasang



Gambar 3.3 : Air diisi ke dalam gelang pada bahagian luar terlebih dahulu



Gambar 3.4 : Air diisikan ke dalam gelang di bahagian dalam



Gambar 3.5 : Masa diambil untuk setiap paras penyusupan air