

## EFEKTIFITAS SUMUR RESAPAN DALAM MEMPERCEPAT PROSES LAJU INFILTRASI

*Siswanto*<sup>\*</sup>, *Lita Darmayanti*<sup>\*</sup>, *Polo Tarigan*<sup>\*\*</sup>

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293*

### **Abstrak**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas sumur resapan dalam membantu proses infiltrasi pada kondisi tanah tertentu dengan kondisi permeabilitas yang telah di uji. Laju infiltrasi dapat diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat single ring infiltrometer, dan dilanjutkan dengan pengukuran pada sumur resapan dengan kedalaman 1 m dan 1,5 meter.

Penelitian ini berlokasi di samping Gedung Rektorat Universitas Riau Pekanbaru, pada kondisi tanah yang relative tinggi dan muka air tanah yang dalam. dimana kondisi tanah di lokasi tersebut mempunyai koefisien permeabilitas pada kedalaman 1 meter dan 1,5 meter berturut-turut adalah 0,00103388, 0,000388253, yang telah diperoleh dari uji laboratorium menggunakan falling head test. Sedangkan untuk permeabilitas lapangan diperoleh permeabilitas lebih besar, masing-masing untuk kedalaman 1 m dan 1,5 m berturut-turut adalah 0,405129 cm/detik dan 0,405129 cm/detik. Untuk penelitian laju infiltrasi hanya menggunakan alat ukur single ring infiltrometer yang akan disebar di 5 titik dan metode perhitungan yang digunakan adalah metode Horton. Hasil perhitungan laju infiltrasi ini akan dibandingkan dengan besarnya laju infiltrasi yang ada pada sumur resapan dengan kedalaman 1 meter dan 1,5 meter, sehingga bisa diketahui bahwa sumur resapan mampu mempercepat laju infiltrasi atau tidak.

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa laju infiltrasi dengan metoda Horton adalah sebesar 0,9 cm/jam. Untuk selanjutnya dilakukan pengukuran laju infiltrasi pada sumur resapan untuk kedalaman 1 meter dan 1,5 meter, dari hasil pengukuran sumur resapan tersebut diperoleh laju infiltrasi yang dihitung dengan metode horton untuk kedalaman 1 meter dan 1, 5 meter masing-masing adalah 10,44 cm/5menit atau 125,28 cm/jam, dan 14,72 cm/5 menit atau 176,64 cm/jam. Dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa sumur resapan yang dibuat terbukti efektif mempercepat laju infiltrasi.

*Kata kunci : Laju infiltrasi, sumur resapan, ring infiltrometer, koefisien permeabilitas, metode Horton.*

### **PENDAHULUAN**

Pengalihan fungsi lahan merupakan salah satu faktor penyebab banjir dan menurunnya permukaan air tanah di kawasan perumahan. Pengalihan lahan hijau seperti hutan menjadi perumahan menyebabkan berkurangnya area terbuka sebagai daerah resapan air, sehingga air yang meresap ke dalam tanah semakin kecil dan memperbesar volume aliran air permukaan. Sumur resapan merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan imbuhan air tanah, Selain itu manfaat yang sangat berguna adalah dapat mengurangi banjir akibat limpasan air permukaan khususnya pada saat musim hujan.

Pembuatan sumur resapan di Kota Pekanbaru juga telah dikuatkan oleh PERDA No. 10 TAHUN 2006, dimana setiap bangunan perumahan diwajibkan membuat sumur resapan. Dalam peraturan tersebut, sumur resapan juga sebagai prasyarat untuk pengurusan IMB, tetapi dalam pelaksanaan di lapangan hal itu belum sepenuhnya dilakukan.

Permasalahan banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau terjadi karena ketidakseimbangan neraca air (*Water Balance*). Perubahan tata guna lahan menyebabkan berkurangnya luas resapan air sehingga berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah dan mengakibatkan bertambahnya limpasan air permukaan. Berkurangnya resapan yang masuk ke dalam air tanah serta pemakaian air tanah yang seringkali meningkat menyebabkan terjadinya krisis air bersih.

## LANDASAN TEORI

### Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Di dalam tanah air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) menuju mata air, danau, dan sungai, atau secara vertikal, yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*) menuju air tanah (Bambang Triatmodjo, 2008). Gerak air di dalam tanah melalui pori-pori tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya gravitasi menyebabkan aliran selalu menuju ke tempat yang lebih rendah, sementara gaya kapiler menyebabkan air bergerak ke segala arah. Air kapiler selalu bergerak dari daerah basah menuju daerah yang lebih kering. Tanah kering mempunyai gaya kapiler lebih besar daripada tanah basah. Gaya tersebut berkurang dengan bertambahnya kelembaban tanah. Selain itu, gaya kapiler bekerja lebih kuat pada tanah dengan butiran halus seperti lempung daripada tanah berbutir kasar seperti pasir. Apabila tanah kering, air terinfiltrasi melalui permukaan tanah karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya kapiler pada seluruh permukaan. Setelah tanah menjadi basah, gerak kapiler berkurang karena berkurangnya gaya kapiler. Hal ini menyebabkan penurunan laju infiltrasi. Sementara aliran kapiler pada lapis permukaan berkurang, aliran karena pengaruh gravitasi berlanjut mengisi pori-pori tanah, laju infiltrasi berkurang secara berangsur-angsur sampai dicapai kondisi konstan, dimana laju infiltrasi sama dengan laju perkolasi tanah.

## Alat Ukur Infiltrasi

Beberapa alat maupun perlengkapan yang dapat digunakan untuk mengukur infiltrasi di lapangan diantaranya adalah :

1. Infiltrometer ring tunggal (*Single ring infiltrometer*)
2. Infiltrometer ring ganda (*Double ring infiltrometer*)

Single ring infiltrometer merupakan silinder baja atau bahan atau bahan lain berdiameter antara 25 – 30 cm dan panjang alat kurang lebih 50 cm. Alat ini dilengkapi dengan tangki cadangan air. Pada dinding silinder terdapat skala dalam mm. Selain itu masih perlu dilengkapi dengan bantalan kayu dan pukul besi untuk memasukkan silinder kedalam tanah.

Pengukuran dengan *double ring infiltrometer* pada dasarnya sama dengan yang dijelaskan sebelumnya ( '*single ring infiltrometer*' ). Perbedaannya adalah pada alat ini terdapat dua silinder, dengan diameter luar kurang lebih sama dengan dua kali diameter silinder sebelah dalam. Dalam pemakaian, silinder dalam dimasukkan terlebih dahulu ke dalam tanah, seperti yang dilakukan pada '*single ring infiltrometer*'. Setelah itu baru silinder kedua (silinder luar) dimasukkan secara konsentris ke dalam tanah.

## Rumus Horton

Rumus Horton (Horton, 1940) memberi hasil hitungan laju infiltrasi dalam hubungannya dengan waktu, yaitu :

$$f(t) = fc + (f_0 - fc)e^{-kt} \quad (1)$$

Dengan,

$f(t)$  = Laju infiltrasi pada waktu ke  $t$  (cm/jam)

$f_0$  = Laju infiltrasi awal ( cm/jam )

$fc$  = Laju infiltrasi tetap ( cm/jam )

$k$  =Konstanta yang menunjukkan laju pengurangan kapasitas infiltrasi.

$t$  = Waktu (jam)

Rumus Horton di atas ditransposisikan sebagai berikut :

$$f(t) - fc = (f_0 - fc) e^{-kt} \quad (2)$$

Kemudian kedua persamaan tersebut di  $\log$  kan menjadi (Triatmodjo, 2008) :

$$\text{Log} ( f(t) - fc ) = \text{log} (f_0 - fc) - kt \text{ log } e \quad (3)$$

Atau,

$$\text{Log} ( f(t) - fc ) - \text{log} (f_0 - fc) = - kt \text{ log } e \quad (4)$$

$$\text{---} [ \text{Log} ( f(t) - f_c ) - \text{log} ( f_0 - f_c ) ] \quad (5)$$

Atau,

$$\text{---} \text{Log} ( f(t) - f_c ) \text{---} \text{log} ( f_0 - f_c ) \quad (6)$$

Persamaan diatas sama dengan persamaan :

$$Y = mX + C \quad (7)$$

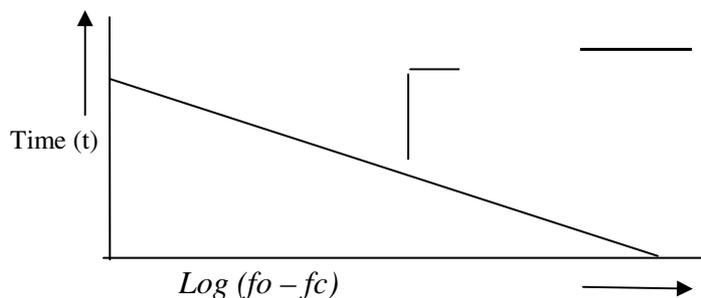
Dengan,  $Y = t$

$$M = \text{---}$$

$$x = \text{Log} ( f(t) - f_c )$$

$$C = \text{---} \text{log} ( f_0 - f_c )$$

Dengan demikian persamaan ini dapat diwakilkan dalam sebuah garis lurus yang mempunyai nilai  $m = \text{---}$  Bentuk dari garis lurus persamaan tersebut di perhatikan dalam Gambar. 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Hubungan  $t$  Terhadap  $\text{Log} ( f_0 - f_c )$

## Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah merupakan sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air mengalir melewati rongga pori yang menyebabkan tanah bersifat permeable. Tanah permeable disebut tanah yang mudah dilalui oleh air, sedangkan tanah impermeable adalah tanah yang sulit dilalui oleh air. Contoh tanah yang permeable adalah tanah pasir dan kerikil, oleh karena itu jenis tanah ini sangat cocok sekali untuk sistem drainase pipa dibawah muka tanah. Contoh tanah impermeable adalah tanah lempung murni.

Menurut **Braja M. Das, 1988** koefisien permeabilitas tanah tergantung pada beberapa faktor, yaitu:

1. distribusi ukuran pori-pori tanah,
2. gradasi tanah (distribusi ukuran butir-butir tanah) dan kepadatannya,
3. kekentalan cairan,
4. angka pori,
5. kekasaran permukaan butiran tanah,
6. dan derajat kejenuhan tanah.

Harga koefisien permeabilitas untuk tiap-tiap tanah adalah berbeda-beda. Beberapa harga koefisien permeabilitas diberikan dalam tabel berikut.

**Table 1.** Harga – harga koefisien permeabilitas pada umumnya.

<b>Jenis Tanah</b>	<b>Permeabilitas (cm/ detik)</b>	<b>Permeabilitas (ft/ menit)</b>
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 – 200
Pasir kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	Kurang dari 0,000001	Kurang dari 0,000002

**Sumber :** Mekanika Tanah Jilid 1, Braja M. Das, 1988

### **Sumur resapan**

Sumur resapan (*Infiltration well*) adalah sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan/aliran permukaan agar dapat meresap ke dalam tanah (Ir. Kusnaedi, 2002). Pada dasarnya ada 2 (dua) jenis bangunan peresapan yang sering digunakan, yaitu peresapan vertikal (sumur resapan) dan peresapan horizontal (peresapan memanjang). Peresapan vertikal (sumur resapan) adalah bangunan peresapan yang berbentuk sumur. Prinsip tampung airnya adalah vertikal kebawah permukaan tanah dan peresapan airnya ke arah vertikal (kebawah seluas penampang sumur) dan horizontal (kesamping). Resapan vertikal (sumur resapan) efektif di gunakan pada daerah yang muka air tanahnya cukup dalam dan area lahan yang digunakan untuk bangunan peresapan tidak terlalu luas

Pada penelitian ini, jenis sumuran yang ditekankan adalah jenis peresapan vertikal (sumur resapan). Dimensi yang akan digunakan telah ditentukan sesuai dengan

ketersediaan bahan yang ada di pasar, yaitu bentuk lingkaran dengan diameter dalam 80 cm. Penempatan sumur resapan harus memperhatikan letak *septicktank*, sumur air minum, posisi rumah, dan jalan umum. Untuk mempermudahnya, dapat dilihat pada **tabel 2**

**Tabel 2** Jarak Minimum Sumur Resapan dengan bangunan lainnya.

No	Bangunan objek yang ada	Jarak minimal dengan sumur resapan (m)
1	Bangunan / rumah	3,0
2	Batas pemilikan lahan / kapling	1,5
3	Sumur untuk air minum	10,0
4	Septik tank	10,0
5	Aliran air (sungai)	30,0
6	Pipa air minum	3,0
7	Jalan umum	1,5
8	Pohon besar	3,0

**Sumber :** Dr. Ir. Suripin, 2004.

## **Metodologi Penelitian**

### **Data**

Data primer diperoleh dari pengukuran dilapangan yang dilakukan di area lingkungan kampus Universitas Riau Pekanbaru dan uji laboratorium. Data tersebut antara lain adalah besar penurunan muka air yang diukur menggunakan ring infiltrometer, koefisien permeabilitas, dan besar penurunan muka air yang diukur pada sumur resapan yang berpenampang lingkaran.

Sedangkan data sekunder ini diperoleh dari pengambilan data curah hujan kota pekanbaru tahun 2000 s/d tahun 2004 dari hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hadi Suherly tahun 2006 untuk memperoleh intensitas hujan rancangan.

### **Pengujian Infiltrasi**

Pengukuran infiltrasi dengan ring infiltrometer ini dilakukan pada lima titik yang berbeda untuk memperoleh hasil yang akurat. Untuk pelaksanaan pengukuran infiltrasi dengan ring infiltrometer dilakukan dengan lankah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan lahan yang akan dijadikan tempat penelitian,
2. Mempersiapkan alat-alat pada lokasi pengukuran,
3. Menekan ring infiltrometer kedalam tanah sedalam 47 cm,

4. Kemudian air dituangkan sampai silinder penuh dan tunggu sampai air tersebut seluruhnya terinfiltrasi.
5. Air dituangkan kembali ke dalam silinder sampai penuh,
6. Setelah air penuh, *stopwatch* dijalankan dan penurunan yang terjadi diukur dan dicatat pada tabel yang telah disiapkan,
7. Air dituangkan kembali secepatnya ke dalam silinder sampai penuh, kemudian selama 5 menit kemudian diukur dan dicatat kembali pada tabel pencatatan,
8. Hal pada poin 7 tersebut dilakukan terus menerus, sampai laju penurunan muka air konstan atau penurunan muka air ke  $n$  sama dengan laju penurunan muka air ke  $n+1$  dengan waktu pengamatan yang sama yaitu 5 menit. Dalam hal ini berarti laju infiltrasi sudah tetap/konstan.

### **Pengujian Sumur Resapan**

Untuk pelaksanaan pengukuran infiltrasi pada sumur resapan dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Membersihkan lahan yang akan dibuat sumur resapan.
3. Tanah digali untuk pembuatan sumur resapan dengan bentuk lingkaran dengan diameter 1m dan kedalaman 1m.
4. Selanjutnya cincin sumur beton dimasukan ke dalam lobang yang telah digali.
5. Pada dinding sumur diletakkan mistar ukur untuk mengukur penurunan air dalam sumur.
6. Air dituangkan ke dalam sumur hingga penuh, setelah air penuh. *stopwatch* dihidupkan, kemudian dilakukan pencatatan penurunan air yang terjadi pada tabel pencatatan.
7. Air dituangkan kembali secepatnya ke dalam sumur sampai penuh, kemudian penurunan muka air diukur dan dicatat kembali pada tabel pencatatan.
8. Hal pada poin 7 tersebut dilakukan terus menerus sampai laju penurunan muka air konstan atau penurunan muka air sebelumnya sama dengan laju penurunan muka air berikutnya dengan waktu pengamatan yang sama. Bila penurunannya sama, berarti laju infiltrasi sudah tetap/konstan.

## Hasil Dan Pembahasan

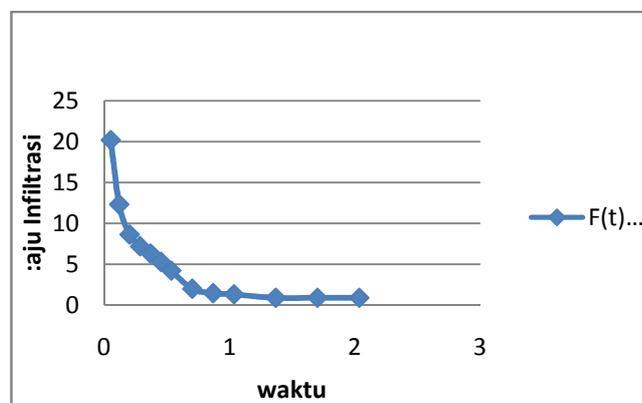
### Hasil Pengujian Single Ring Infiltrometer

Hasil perhitungan laju infiltrasi menggunakan metode Horton pada single ring infiltrometer pada 5 titik yang berbeda ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil akhir perhitungan laju infiltrasi menggunakan *single ring infiltrometer*

No Lokasi	Laju Infiltrasi (cm/jam)	Waktu (jam)
Titik 1	1,8	2
Titik 2	1,5	2,5
Titik 3	1,2	0,75
Titik 4	1,2	1,717
Titik 5	0,9	1,367

Setelah melihat hasil perhitungan diatas maka diambil nilai laju infiltrasi yang paling kecil, karena pertimbangan untuk memperoleh posisi aman dalam perencanaan. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa laju infiltrasi sebelum adanya sumur resapan adalah sebesar 0,9 cm/jam dengan waktu 1,367 jam. Seperti yang terlihat pada gambar 2.



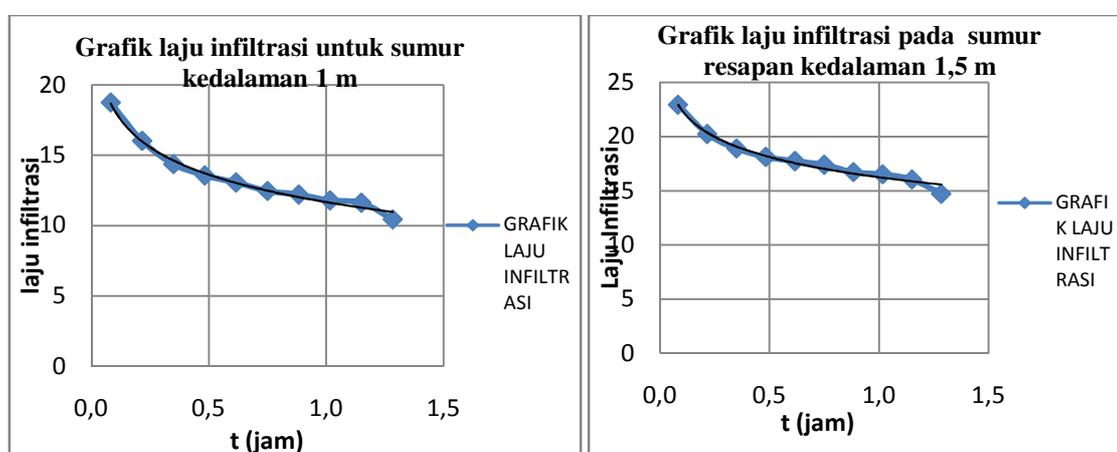
Gambar 2. Laju infiltrasi terhadap waktu

### Hasil Pengujian Permeabilitas dengan *falling head test* (Pengujian Laboratorium)

Untuk mengetahui permeabilitas tanah pada lokasi dengan kedalaman 1 m dan 1,5 m sesuai dengan kedalaman sumur resapan maka dilakukan pengujian permeabilitas di laboratorium dengan *Falling Head Test*, hasil pengujian diperoleh pada kedalaman 1 m koefisien permeabilitas = 0,00103 cm/dt dan pada kedalaman 1,5 m koefisien permeabilitas = 0,00039 cm/dt.

### Perhitungan laju infiltrasi pada sumur resapan kedalaman 1 meter

Pengukuran laju infiltrasi berdasarkan data-data pengukuran lapangan untuk sumur resapan dengan kedalaman 1 meter selama 5 kali pengukuran. Laju infiltrasi diambil rata-rata untuk per lima menitan, yang kemudian akan menghasilkan grafik laju infiltrasi terhadap waktu. Pengukuran sumur resapan pada kedalaman 1 meter menunjukkan bahwa laju infiltrasi mulai konstan pada waktu setelah 1,283 jam atau pada waktu 77 menit dengan laju infiltrasi 10,44 cm/5 menit. Sedangkan untuk analisis hasil pengukuran sumur resapan pada kedalaman 1,5 meter menunjukkan hasil laju infiltrasi pada waktu 1,283 atau 77 menit adalah sebesar 14,72 cm/5 menit.



Gambar 3. Grafik hubungan laju infiltrasi terhadap waktu pada sumur kedalaman 1 m dan 1,5 m

### Hasil Permeabilitas Lapangan

Berikut ini merupakan hasil perhitungan permeabilitas lapangan untuk kedalaman 1 meter dan 1,5 meter sebanyak 5 kali pengukuran pada sumur resapan. Ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil permeabilitas lapangan pada sumur resapan kedalaman 1 m dan 1,5 m

Pengukuran	Koefisien permeabilitas ( $k$ ) (cm/detik) Kedlmn 1 m	Koefisien permeabilitas( $k$ ) (cm/detik), Kedlmn 1,5m
Pengukuran hari ke 1	0,438356	0,415677
Pengukuran hari ke 2	0,42928	0,402987
Pengukuran hari ke 3	0,471231	0,451515
Pengukuran hari ke 4	0,37833	0,495757
Pengukuran hari ke 5	0,30845	0,503206
<b>Rata-rata</b>	<b>0,405129</b>	<b>0,453828</b>

## **Pembahasan**

### **Perbandingan Nilai Laju Infiltrasi Sebelum dan Sesudah Adanya Sumur Resapan**

Setelah dilihat pada hasil perhitungan slaju infiltrasi pada single ring infiltrometer dan sumur resapan, ternyata laju infiltrasi meningkat tajam setelah adanya sumur resapan. Dengan bantuan sumur resapan kedalaman 1m laju infiltrasi meningkat dari 0,9 cm/jam menjadi 10,44 cm/5 menit atau 125,28 cm/jam, berarti jika dengan luasan yang sama maka sumur resapan sebanding dengan 138 kali laju infiltrasi pada single ring infiltrometer. Begitu halnya dengan bantuan sumur resapan 1,5 m, maka laju infiltrasi meningkat labih besar yaitu dar 0,9 cm/jam menjadi 14,72 cm/5 menit atau 176,64 cm/jam setara dengan 196 kali laju infiltrasi single ring infiltrometer, hal ini menunjukkan bahwa ternyata sumur resapan yang dibuat ternyata efektif mempercepat laju infiltrasi.

### **Perbandingan Permeabilitas Dengan Uji Laboratorium dan Lapangan**

Disamping pengukuran laju infiltrasi, peneliti juga mengukur nilai koefisien permeabilitas baik di laboratorium maupun permeabilitas lapangan. Setelah dilakukan perhitungan pada sub bab sebelumnya maka telah diperoleh nilai permeabilitas di laboratorium dan permeabilitas lapangan, baik untuk dasar sumur resapan kedalaman 1 m dan 1,5 m. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 8.berikut:

Tabel 7. Perbandingan Permeabilitas Uji Laboratorium dan Permeabilitas Lapangan

Kedalaman	Permeabilitas uji laboratorium	Permeabilitas lapangan
1 m	0,00103388 cm/detik	0,405129 cm/detik
1,5 m	0,000388253 cm/detik	0,453828 cm/detik

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa permeabilitas lapangan jauh lebih besar jika dibandingkan dengan hasil uji laboratorium. Untuk kedalaman 1m permeabilitas lapangan setara 391 kali hasil uji laboratorium, dan untuk kedalaman 1168 kali hasil uji laboratorium. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran diameter yang lebih besar sehingga volume air yang masuk juga lebih besar, maka tekanan air yang besar akan mempercepat proses penurunan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. 2002. *Cegah banjir dengan sumur resapan*. Available at: <URL: <http://tumoutou.net/> dan Sunjoto, Dr. Ir. Dip.HE. “Sistem Drainasi Air Hujan Yang Berwawasan Lingkungan” Majalah Kontruksi No. 122, Juni 1988. [accessed 18 february 2009].
2. Braja M Das. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
3. Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
4. C.D. Soemarto. 1999. *Hidrologi Tenik edisi ke - 2*. Jakarta: Erlangga.
5. Hadi Suherly. 2006. *Pemilihan Metode Intensitas Hujan Yang Sesuai Dengan Karakteristik Stasiun Pekanbaru*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
6. Kusnaedi. 2002. *Sumur Resapan Untuk Pemukiman Perkotaan Dan Pedesaan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
7. Mohammad Rusli. 2008. *Desain Sumur Resapan Dengan Konsep “Zero Runn Off” Dikawasan Jaten Sleman Yogyakarta*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
9. Sri Harto. 1993. *Analisis hidrologi* Jakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
10. Sunjoto. 1989. *Pengembangan Sistem Drainase Di Indonesia*. Yogyakarta.
11. Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.
12. Tim Mekanika Tanah. 2008. *Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah*. Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Riau.