



## OPTIMALISASI PENERAPAN SUMUR RESAPAN UNTUK MENURUNKAN DEBIT BANJIR

Dwi Kurniani<sup>1</sup>, Suripin<sup>1</sup>

Diterima 18 Oktober 2006

### ABSTRACT

*The increasing demand for water supply has increased groundwater pumping. On the other hand, the fast growing development has altered the pervious land surface of recharge area to impervious surface that reduces natural recharge. The groundwater is therefore inbalance the discharge greater than the recharge. As consequence, there is graoundwater defisit, and the groundwater piezometric pressure goes down. The further impact of the lowering groundwater is landsubsidence. The awareness towards the use of artificial recharge to augment ground water supplies have to be activated. Artificial recharge by using recharge wells is one of the possible measures to replenish an aquifer. The technology of recharge wells is generally well understood by both the technicians and the general population, and no special tools are needed to dig drainage wells. This research is aimed to determine and formulate the capacity of the recharge wells, both shallow and deep wells, by setting up a physical model. The results indicated that depression curve of water table and/or piezometric pressure was logaritmic function both for shallow and deep wells. The capacity of the wells depends on the head, permeability, the aquifer thickness, and type of well. The capacity of the wall recharge well is higher than the bottom recharge well. It could be related to the infiltration area, the first is higher than the last. The obtained formula gives the higher capacity value than that of Dupuit. It may happen due to the deviation of the soil permeability between the measured and the actual in the test preparation*

**Key Words :** Ground water, recharge well, aquifer.

### ABSTRAK

*Meningkatnya kebutuhan air bersih telah memicu meningkatnya pengambilan air tanah. Di sisi lain, pertumbuhan pembangunan yang sangat cepat telah merubah permukaan lahan yang lolos air menjadi kedap air yang menurunkan pengisian air tanah secara alamiah. Air tanah menjadi tidak seimbang pengambilan lebih tinggi dari pengisian. Sebagai konsekwensi, terjadi defisit air tanah, dan tekanan piezometrik air tanah turun. Dampak selanjutnya adalah terjadinya amblesan muka tanah. Kepedulian*

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH. Tembalang, Semarang  
Email : dwik@sipil.ft.undip.ac.id ; srpn@sipil.ft.undip.ac.id

terhadap pengisian air tanah secara buatan harus digalakkan. Pengisian buatan dengan menggunakan sumur resapan adalah merupakan salah satu kemungkinan untuk mengisi kembali air tanah. Teknologi sumur resapan secara umum sudah diketahui baik oleh teknisi maupun masyarakat umum, dan tidak diperlukan peralatan khusus untuk membuatnya. Tulisan ini bertujuan untuk menentukan kapasitas sumur resapan, baik sumur dalam maupun sumur dangkal, berdasarkan model fisik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lengkung depresi muka air tanah atau tekanan piezometrik merupakan fungsi logaritmik baik untuk air tanah dalam maupun air tanah dangkal. Kapasitas sumur tergantung pada tinggi tekan, permeabilitas tanah, ketebalan akifer, dan jenis sumur. Kapasitas sumur dengan resapan dinding lebih tinggi dari pada sumur resapan dasar. Hal ini berkaitan dengan luas permukaan infiltrasi, jenis pertama lebih luas dari yang kedua. Rumusan yang diperoleh memberikan kapasitas lebih tinggi dibandingkan dengan rumus Dupuit. Perbedaan mungkin terjadi karena adanya perbedaan angka permeabilitas di lapangan dan di model.

**Kata kunci** : air tanah, sumur resapan, akifer

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang begitu cepat menjadi pemicu utama perubahan tata guna lahan, dari lahan yang semula berupa lahan terbuka dan/atau hutan berubah menjadi areal terbangun, seperti permukiman, industri, dan lain-lain. Dampak dari perubahan tata guna lahan tersebut adalah meningkatnya aliran permukaan langsung sekaligus menurunnya air yang meresap ke dalam tanah. Di lain pihak pertumbuhan penduduk serta perkembangan industri menuntut bertambahnya kebutuhan air bersih, yang sampai saat ini masih banyak yang mengandalkan air tanah, baik air tanah dangkal maupun air tanah dalam. Ketidak seimbangan antara pengisian dan pengambilan air tanah ini menyebabkan muka air tanah cenderung makin turun.

Untuk menanggulangi defisit air tanah ini, telah banyak pemikir yang mengajukan konsep pengisian buatan, misalnya dengan genangan buatan dengan sumber air dari sungai (Todd, 1980); membuat kolam-kolam di sekitar

rumah; pemanfaatan pipa jaring-jaring drainase yang porous guna meresapkan air hujan di sekitar rumah (Dune and Leopold, 1978); dan menyebarkan air pada lahan yang luas yang sekaligus untuk mengairi daerah pertanian (Mac Donald, 1969 dalam Sunjoto, 1988). Cara yang terakhir ini telah lama dipraktekkan di Jawa dan Bali yaitu pada lahan pertanian basah (padi sawah).

Walaupun banyak diantara kita, termasuk instansi pemerintah, tahu manfaat adanya sumur resapan, namun sampai saat ini belum banyak dipraktekkan. Secara sekilas dapat dikatakan bahwa permasalahan yang menghambat pembuatan sumur resapan adalah belum adanya acuan praktis dan mudah yang dapat diikuti oleh masyarakat. Hal lain yang menjadi penghambat adalah kesulitan penempatan sumur resapan karena keterbatasan lahan, seperti pada kawasan perkotaan padat, atau kawasan permukiman sederhana, dengan luas masing-masing kapling sangat terbatas.

Untuk menjawab permasalahan di atas, penelitian ini dimaksudkan untuk memastikn efektifitas sumur resapan dalam menurunkan limpasan permukaan melalui kanjian analitis sekaligus membuat model sumur resapan yang efisien dan ekonomis.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas, tujuan utama dari penelitian ini adalah menemukan kapasitas aktual sumur resapan berdasarkan kajian teoritis dan model fisik di laboratorium.

Untuk mencapai tujuan tersebut penelitian ini terdiri-dari beberapa sub-judul penelitian sebagai berikut:

- 1) Pengisian Akifer Bebas melalui Sumur Resapan Dangkal.
- 2) Pengisian Akifer Tertekan melalui Sumur Resapan Dalam.
- 3) Pengaruh tinggi muka air tanah terhadap laju infiltrasi
- 4) Lengkung depresi muka air tanah dan jarak minimal antara sumur resapan.

## PEMODELAN

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui tingkat efektifitas sumur resapan sebagai alat bantu meningkatkan pengisian air tanah secara artifisial. Penelitian terdiri-dari tiga kegiatan pokok: pekerjaan kantor (*desk study*), pekerjaan lapangan, dan pekerjaan laboratorium.

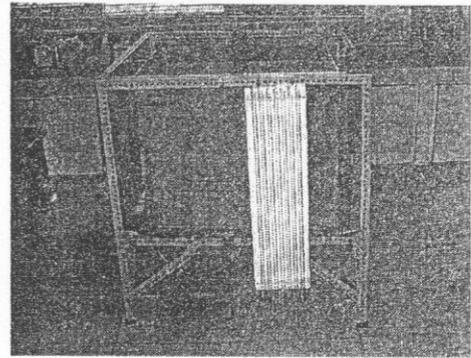
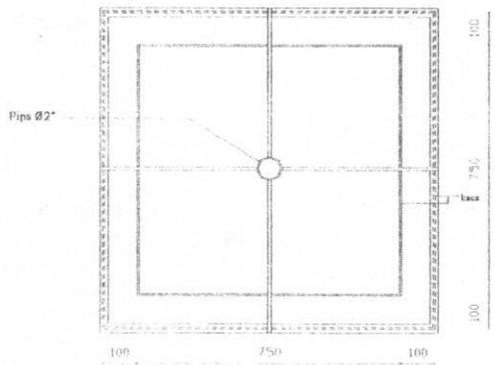
Model dibuat dengan bentuk kubus tanpa tutup atas, dengan pelapis dinding kedap air yang terbuat dari bahan fiber tembus pandang. Dinding

dibuat rangkap dengan jarak 75 mm. Kubus bagian dalam digunakan untuk memodelkan akifernya, diisi sampel tanah. Sedangkan ruang antar dinding difungsikan sebagai pengontrol tinggi muka air tanah (untuk akifer tak tertekan), atau tinggi tekan piezometrik (untuk akifer tertekan). Dinding bagian dalam dibuat porus dengan cara membuat lobang-lobang yang cukup banyak. Ruang antar dinding dilengkapi dengan lobang pengeluaran (*outflow*) dengan diameter 10 mm yang dilengkapi dengan pipa slang plastik tembus pandang (Gambar 1). Lubang ini berfungsi untuk mengukur debit yang masuk kedalam sumur resapan saat kondisi *steady* sudah tercapai. Hal ini sesuai dengan hukum Darcy, bahwa pada saat kondisi *steady* telah tercapai maka debit akan konstan, sehingga  $Q_{in} = Q_{out}$ .

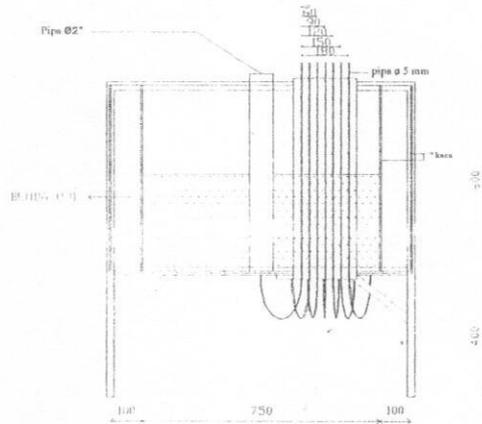
Model sumur resapan dipasang tepat ditengah kubus. Model sumur dibuat dari pipa paralon dengan diameter 50 mm. Depresi air tanah atau tinggi tekan piezometrik dikontrol dengan memasang 6 buah piezometer yang dihubungkan dengan akifer melalui dasar model, dengan jarak masing-masing 50 mm ke arah memanjang sejajar sumur resapan.

Air yang masuk ke dalam sumur resapan dialirkan melalui kran yang dapat diatur debitnya. Untuk membuat kondisi akuifer tertekan, di atas tanah sampel pada kubus bagian dalam dipasang penutup dari fiber yang kedap air, penutup ini diasumsikan sebagai lapisan tanah yang kedap air.

Tampak atas

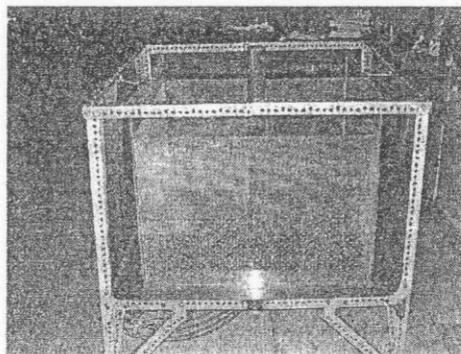


Gambar 2. Model sebelum diisi tanah, memperlihatkan pipa piezometer



Tampak depan

Gambar 1. Model sumur resapan, tampak atas, bawah dan depan



Dalam penelitian ini pelaksanaan uji model dilakukan terhadap kombinasi 3 (tiga) variabel yaitu jenis akifer, jenis tanah, dan tipe sumur resapan. Masing-masing variabel terdiri dari 2 (dua) macam, sehingga keseluruhan percobaan berjumlah 8 (delapan) varian, yaitu:

- Sumur dangkal resapan sisi pada tanah pasir
- Sumur dangkal resapan ujung pada tanah pasir
- Sumur dangkal resapan sisi pada tanah lempung
- Sumur dangkal resapan ujung pada tanah lempung
- Sumur dalam resapan sisi pada tanah pasir
- Sumur dalam resapan ujung pada tanah pasir
- Sumur dalam resapan sisi pada tanah lempung
- Sumur dalam resapan ujung pada tanah lempung

Sumur dangkal dimaksudkan adalah sumur yang dibuat pada akifer bebas (akifer tak tertekan), sedangkan sumur dalam adalah sumur yang dibuat pada

akifer tertekan. Sumjur resapan sisi adalah sumur yang dindingnya porus, sehingga sepanjang dinding sumur dapat dilewati/ditembus air, sedangkan sumur resapan ujung adalah sumur dengan dinding kedap air, sehingga resapan air hanya terjadi melalui dasar sumur. Sumur resapan sisi dibuat dengan jenis sumur penetrasi penuh, sedangkan pada sumur resapan ujung dibuat sumur penetrasi sebagian.

## HASIL PEMODELAN

### Analisa tanah

Material tanah yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu tanah pasir dan tanah lempung. Tanah pasir diambil dari Kawasan Kaligarang, sedangkan tanah lempung diambil dari Kawasan kampus UNDIP Tembalang. Masing-masing jenis tanah diambil 2 sampel. Analisa tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

#### Tanah Pasir

Kadar air rata-rata, $w$	=	3,11%
Berat jenis spesifik, $G_s$	=	2,987
Diameter butiran rerata, $D_{50}$	=	0,6mm
Kadar air optimum, $w_{opt}$	=	12,52%
Permeabilitas tanah, $k$	=	0,01085 cm/dt

#### Tanah Pasir ✓

Kadar air rerata, $w$	=	32,357%
-----------------------	---	---------

Diameter butiran rerata,  $D_{50} = 0,2\text{mm}$

Permeabilitas tanah,  $k = 0,00024$   
cm/dt

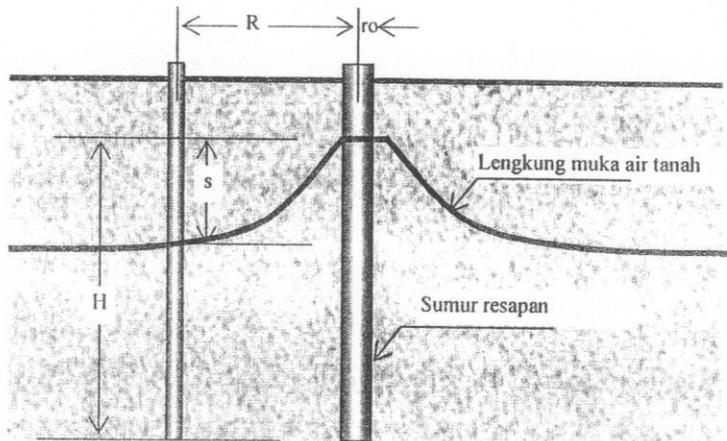
Berdasarkan data hasil pengamatan dilakukan analisis dan pembahasan untuk menjawab tujuan dari penelitian ini.

### Lengkung depresi muka air/tekanan piezometrik

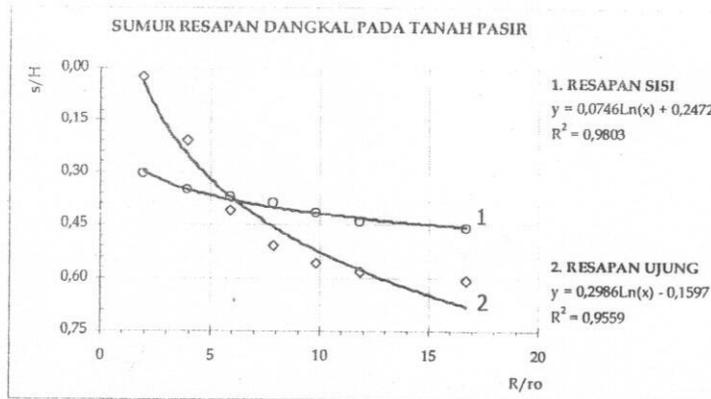
Pola lengkung depresi muka air dan/atau tekanan tekanan piezometrik yang terjadi akibat adanya pengisian pada sumur resapan dapat dikorelasikan dengan jarak dari sumur resapan. Dalam hal ini posisi muka air tanah terhadap tinggi muka air dalam sumur dinyatakan dalam kedalaman muka air relatif terhadap tinggi total air dalam sumur resapan ( $s/H$ ) dan jarak terhadap sumur dinyatakan dalam jarak relatif terhadap jari-jari sumur resapan ( $R/r_0$ ) (Gambar 3).

### Sumur resapan dangkal

Hasil plotting bilangan tak berdimensi ( $s/H$ ) versus ( $R/r_0$ ) pada sumur resapan dangkal yang dibuat pada tanah pasir, sebagaimana terlihat pada Gambar 4, mempunyai korelasi yang cukup kuat. Dari gambar tampak bahwa sumur resapan ujung mempunyai sensitifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan resapan sisi. Hal yang hampir sama juga terjadi pada sumur resapan yang dibuat pada tanah lempung (Gambar 5), namun disini perbedaanya tidak terlalu besar.



Gambar 3. Sketsa sumur resapan dan notasi-notasi yang digunakan dalam penurunan rumus



Gambar 4. Lengkung depresi tekanan muka air sumur resapan dangkal pada tanah pasir



Gambar 5. Lengkung depresi tekanan muka air sumur resapan dangkal pada tanah lempung

### Sumur resapan dangkal

Berbeda dengan kejadian pada sumur resapan dangkal, pada sumur resapan dalam lengkung depresi tekanan piezometrik yang terjadi hampir tidak ada bedanya antara sumur resapan sisi dan sumur resapan dalam, baik untuk tanah pasir maupun tanah lempung (Gambar 6 dan 7).

### Kapasitas Sumur Resapan

Untuk merumuskan kapasitas sumur resapan sebagai fungsi parameter-parameter yang lain, yang dapat berlaku secara umum, maka perlu dibuat parameter-parameter tak berdimensi. Hasil ujicoba beberapa parameter tak berdimensi dari hasil analisis dimensi, maka hasil yang paling baik adalah korelasi antara  $(Q/pkb)$  versus  $(r/h)$ , dimana :

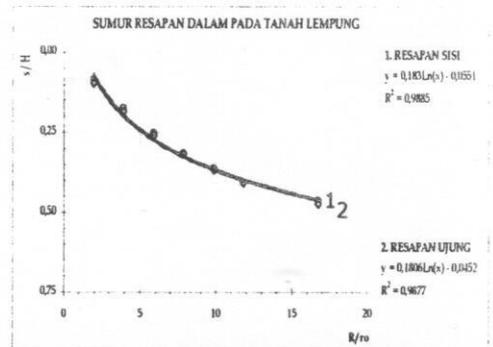
- Q = debit atau kapaitas sumur
- p = tekanan piezometrik (beda tinggi tekanan piezometrik antara sumur resapan dan lokasi pemantau)
- k = koefisien permeabilitas tanah
- b = tebal lapisan akifer tertekan
- r = jarak sumur pantau terhadap sumur resapan
- h = tinggi tekan piezometrik pada jarak r

Hasil plotting parameter tak berdimensi yang diperoleh menunjukkan bahwa pada tanah pasir kapasitas sumur resapan sisi lebih besar dibandingkan dengan sumur resapan ujung. Demikian juga yang terjadi pada sumur pada tanah lempung. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan luas bidang resapan, dimana sumur resapan sisi mempunyai bidang resapan yang lebih luas dibandingkan dengan sumur

resapan dasar (ujung). Pada Gambar 9 terlihat bahwa sumur dangkal pada tanah lempung dengan resapan sisi mempunyai koefisien kemiringan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumur resapan ujung, sedangkan kejadian serupa pada tanah pasir tidak terjadi.

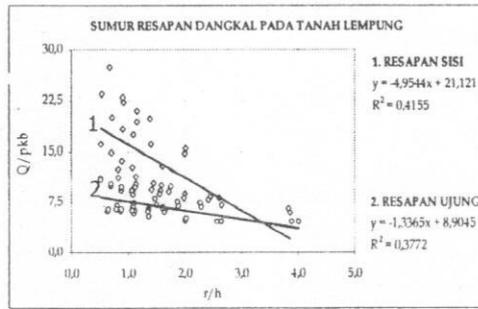


Gambar 6. Lengkung depresi tekanan piezometrik sumur resapan dalam pada tanah pasir

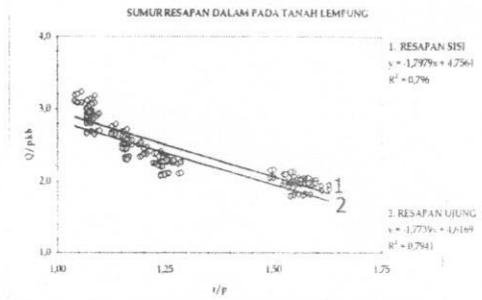


Gambar 7. Lengkung depresi tekanan piezometrik sumur resapan dalam pada tanah lempung

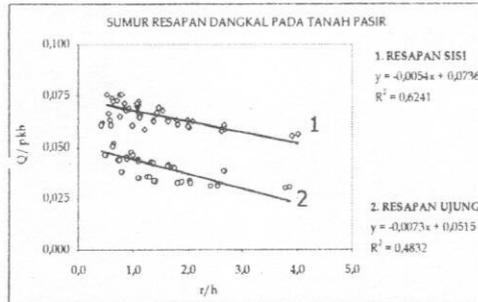
Pada sumur dalam, baik pada tanah pasir maupun tanah lempung, pola korelasinya mempunyai kecenderungan yang sama. Pada keduanya sumur resapan sisi mempunyai kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumru reasapan dasar. Namun demikian, pada tanah lempung, perbedaannya sangat tipis (Gambar 10).



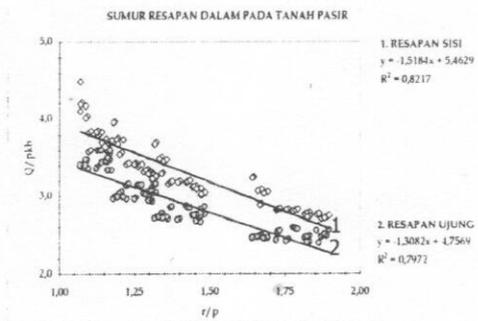
Gambar 8. Korelasi parameter nondimensional Q/pkb versus r/p pada sumur resapan dangkal pada tanah pasir



Gambar 11. Korelasi parameter nondimensional Q/pkb versus r/p pada sumur resapan dalam pada tanah lempung



Gambar 9. Korelasi parameter nondimensional Q/pkb versus r/p pada sumur resapan dangkal pada tanah lempung

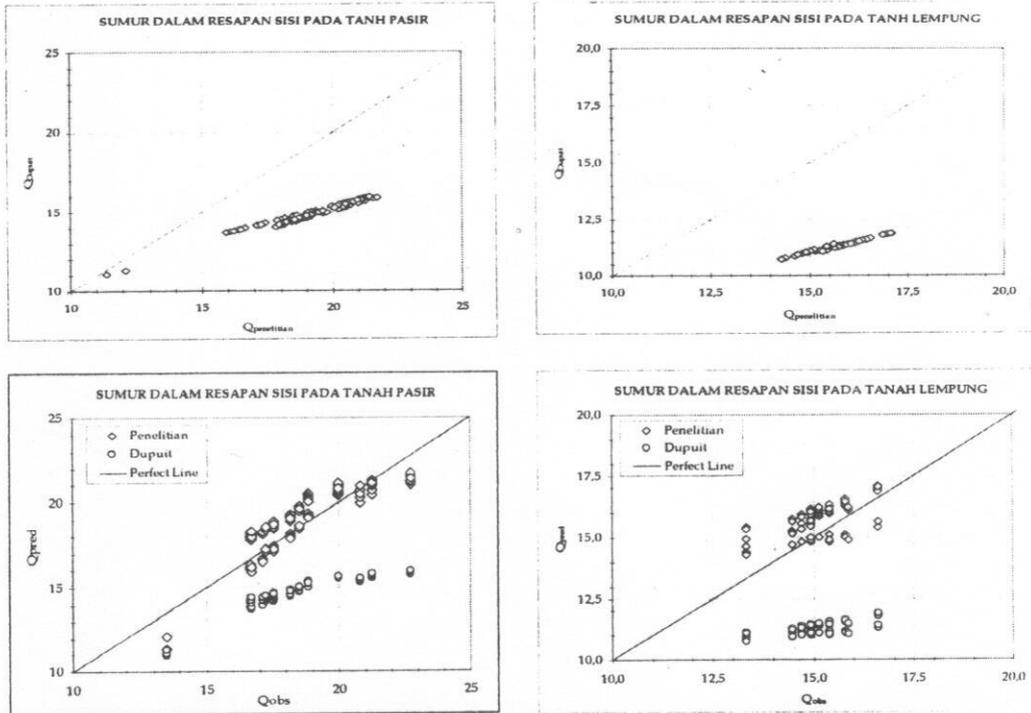


Gambar 10. Korelasi parameter nondimensional Q/pkb versus r/p pada sumur resapan dalam pada tanah pasir

**Perbandingan antara Hasil Penelitian dan Teoritis**

Hasil penelitian diuji dengan menggunakan doble plot diagram antara hasil penelitian dan hasil observasi, serta hasil penelitian dan perhitungan teoritis berdasar rumus Dupuit.

Gambar 12 memperlihatkan bahwa hasil penelitian memberikan nilai kapasitas atau debit yang lebih besar dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan rumus Dupuit, dengan deviasi yang cukup besar, terutama untuk tanah lempung. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan nilai permeabilitas tanah. Tanah yang diuji coba tidak dilakukan pemadatan, dan hanya digenangi / direndam dalam air selama 24 jam, sehingga permeabilitasnya jauh lebih tinggi dari permeabilitas hasil pengukuran di laboratorium mekanika tanah.



Gambar 12. Uji hasil penelitian secara visual untuk sumur resapan dalam pada tanah pasir

Hal ini akan tampak lebih jelas pada tanah lempung, mengingat pemadatan dengan cara perendaman lebih mudah terjadi pada pasir dibandingkan dengan tanah lempung. Hal ini berpengaruh pada besarnya deviasi yang terjadi, dimana pada lempung deviasi hasil penelitian dan teoritis lebih besar dibandingkan dengan deviasi yang terjadi pada tanah pasir.

### KESIMPULAN & REKOMENDASI

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dalam penelitian dan

pengamatan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.:

1. Lengkung depresi muka air pada akifer bebas dan/atau tekanan piezometrik air pada akifer tertekan secara umum membentuk fungsi logaritmik.
2. Hasil plotting parameter tak berdimensi diperoleh bahwa bilangan tak berdimensi ( $Q/pkb$ ) versus  $(r/p)$  mempunyai korelasi yang paling baik, terutama untuk sumur resapan dalam, baik di tanah lempung maupun tanah pasir, serta sumur resapan sisi maupun sumur resapan ujung (dasar).
3. Persamaan yang dikembangkan memberikan hasil yang lebih besar

dibandingkan dengan persamaan yang telah ada (Dupuit). Pada tanah lempung, deviasi yang terjadi lebih besar dibandingkan pada tanah pasir. Hal ini terjadi akibat kekurangan-telitian dalam penyiapan sampel dalam bok percobaan, sehingga nilai koefisien permeabilitasnya jauh lebih besar dibandingkan dengan yang terukur di laboratorium.

4. Pemanfaatan sumur resapan dapat mengurangi debit banjir secara signifikan jika dimensi sumur yang dibuat disesuaikan dengan luas bidang resapan yang hilang akibat pengembangan/perubahan penutup lahan.

#### Rekomendasi

1. Tingkat akurasi koefisien permeabilitas tanah dapat diperbaiki dengan melakukan perlakuan yang sama antara tanah yang diuji permeabilitasnya dengan tanah yang di ada di dalam bok

percobaan, atau dengan melakukan pengukuran pada tanah yang sudah disiapkan dalam bok percobaan.

2. Pembuatan sumur uji *full scale*, jika memungkinkan, akan memberikan hasil yang lebih akurat.
3. Untuk penyempurnaan hasil penelitian yang telah dicapai, diperlukan lanjutan penelitian dengan menggunakan varian jenis sumur dan jenis tanah yang berbeda.

#### DAFTAR PUSTAKA

Dune, T. and Leopold, L.B. (1978). *Water in environmental planning*. WH Freeman and Company, San Fransisco.

Sunjoto (1988). Intrusi air asin. *Kursus Singkat Hidrodinamika Sungai dan Estuari*. PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta, 12-24 Desember 1988.

Todd, K.T. (1980). *Groudwater Hydrology*. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons.