Jurnal ILMU LINGKUNGAN

ISSN 1978-5283

Juandi., Ahmad, A., Edisar., Syamsulduha
2013:7 (2)

ANALISIS PARAMETER AKUIFER BEBAS KOTA PEKANBARU UNTUK KEBERLANJUTAN AIR BAWAH TANAH

Juandi
Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Panam Pekanbaru.

Adrianto Ahmad
Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Panam Pekanbaru.

Edisar
Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Panam Pekanbaru.

Syamsulduha
Dosen Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Panam Pekanbaru.

Parameter Analysis Unconfined Aquifer Pekanbaru City For Sustainability Underground Water

ABSTRACT

Studies have been conducted to analyze the unconfined aquifer parameters City Pekanbaru. Based on the results obtained that the unconfined aquifer transmissivity Pekanbaru City is $13{,}58\frac{m^2}{day}$, *value - average yield sfesifik unconfined aquifer by geoelectric measurement point in the city of Pekanbaru is 17.67%, average hydraulic conductivity value unconfined aquifer by geoelectric measurement point in the city of Pekanbaru is 1,87 m / day and unconfined aquifer thickness value based geoelectric measurement point in the city of Pekanbaru is 7,264 m.*

Keywords: *Unconfined aquifer, geoelectric*

PENDAHULUAN

Agar terjadi keberlanjutan perekonomian meski didukung oleh ketersediaan sumberdaya air di suatu wilayah, maka sangat perlu dilakukan penelitian analisis karakteristik parameter akuifer bebas yang menentukan keberlanjutan air tanah.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Karakteristik akuifer bebas meliputi : Karakteristik konduktivitas hidrolika (K), *spesific yield* (Sy), dan transmisivitas (T). Parameter – parameter akuifer tersebut didapatkan dari karakeristik litologi berdasarkan interpretasi data geolistrik (Todd, 1980).

Konduktivitas hidrolika atau kelulusan air (K) adalah kemampuan batuan untuk meluluskan air di dalam rongga-rongga batuan tanpa mengubah sifat-sifat airnya. Kelulusan air ini sangat dipengaruhi oleh kesarangan dan sifat cairan yang melaluinya (Todd, 1980).

Spesific yield (Sy) adalah perbandingan dalam persen jumlah air yang dapat diambil dari tanah atau batuan yang jenuh air dibandingkan dengan volume total batuan atau tanah. Berdasarkan jenis litologi yang menyusun lapisan akuifer dapat ditentukan besarnya nilai *specific yild*-nya (Todd, 1980).

Transmisivitas (T) adalah banyaknya air yanag dapat mengalir melalui suatu bidang vertical setebal akuifer, selebar satu satuan panjang dengan landaian hidrolika 100 %. Nilai transmisivitas dipengaruhi oleh besarnya debit pemompaan dari sumur bor, disamping itu *specific yield* dari batuan, konduktivitas hidrolika, dan ketebalan akuifer juga mempengaruhi besarnya nilai transmisivitas yang ada.

Tabel 1. Nilai kelulusan air dari berbagai macam litologi (Todd, 1980)

Litologi	K (m/hari)	Keterangan	Litologi	K (m/hari)	Keterangan
Kerikil kasar	150	Besar	Pasir halus	2,5	Menengah
Kerakal	270	Besar	Lanau	0,08	Kecil
Kerikil	450	Besar	Lempung	0,0002	Sangat kecil
Pasir kasar	45	Besar	Batupasir halus	0,2	Menengah
Pasir sedang	12	Besar	Batupasir sedang	3,1	Menengah

Nilai transmisivitas akuifer dapat dinyatakan dalam persamaan (Todd,1980):

$$T = K \times b \quad \text{.....(1)}$$

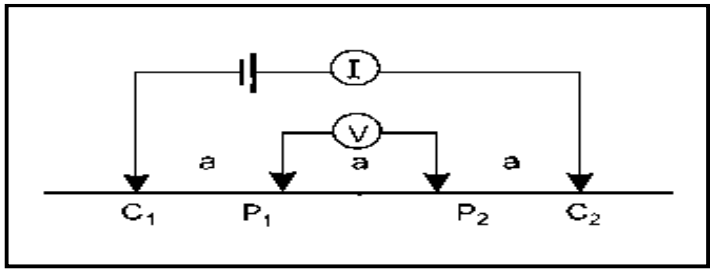
Tabel 2. Nilai *Spesific Yield* dari berbagai macam litologi (Todd, 1980)

No	Litologi	Spesific Yield (%)	No	Litologi	Spesific Yield (%)
1	Kerakal kasar	23	8	Lempung	3
2	Kerakal	24	9	Batu pasir halus	21
3	Kerikil	25	10	Batu pasir sedang	27
4	Pasir kasar	27	11	Batu gamping	14
5	Pasir sedang	28	12	Sand dune	38
6	Pasir halus	23	13	Batu lanau	12
7	Lanau	8	14	Tuf	21

Penelitian ini menggunakan konsep tahanan jenis susunan elektroda Wenner yang memiliki keunggulan yaitu ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda potensial lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda potensial yang relatif dekat dengan elektroda arus. Menurut Burger (2006) kelebihan susunan elektroda Wenner adalah dengan lebar spasi elektroda potensial yang besar maka tidak memerlukan peralatan yang sensitif.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Dua buah elektroda potensial (P1 dan P2) dihubungkan dengan peralatan Resistivitymeter yang berfungsi mengukur beda potensial yang terjadi di permukaan bumi.



Gambar 1. Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner (Astier, 1971).

Beda potensial yang terukur (ΔV) akibat adanya perbedaan nilai resistivitas medium batuan bawah permukaan dapat digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu dari medium batuan (ρ_a) dengan persamaan berikut :

$$\rho_a = 2\pi \frac{\Delta V}{I}\left[\frac{1}{\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)-\left(\frac{1}{r_3}-\frac{1}{r_4}\right)}\right] \quad \text{.....(2)}$$

$$\rho_a = k\frac{\Delta V}{I} \quad \text{.....(3)}$$

Sehingga persamaan untuk menentukan nilai K (faktor geometri dari konfigurasi elektroda) dapat diketahui yaitu:

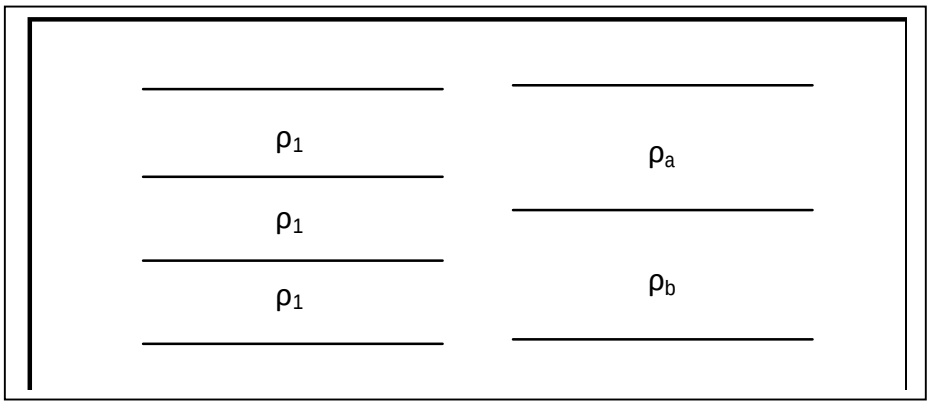
$$k = \left[\frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)-\left(\frac{1}{r_3}-\frac{1}{r_4}\right)}\right] \quad \text{.....(4)}$$

Dimana:
r_1 = Jarak C1 ke P1 = a
r_4 = Jarak P2 ke C2 = a
r_2 = Jarak P1 ke C2 = 2a
r_3 = Jarak C1 ke P2 = 2a
a = Jarak spasi elektroda (m)
ΔV = Beda potensial yang terukur (volt)
I = Kuat arus listrik yang diinjeksikan (amper)

Bumi diasumsikan memiliki sifat homogen isotropis, dengan asumsi ini harga resistivitas yang diperoleh dari pengukuran merupakan harga resistivitas yang sebenarnya. Namun pada kenyataannya bumi merupakan lapisan-lapisan dengan harga resistivitas yang berbeda-beda, sehingga harga potensial yang diperoleh adalah pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

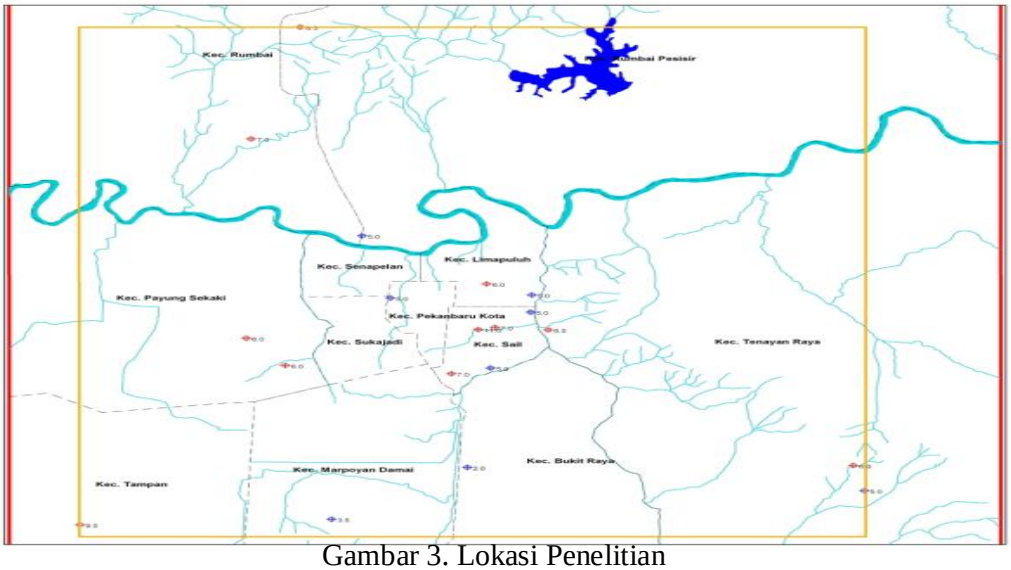
Resistivitas yang diperoleh dari pengukuran dipermukaan bumi bukan harga resistivitas yang sebenarnya, tetapi harga rata-rata resistivitas lapisan dibawah permukaan. Resistivitas ini disebut resistivitas semu (Loke, 2004).



Gambar 2. Lokasi Penelitian

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen lapangan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data geolistrik menggunakan konfigurasi elektroda Wenner.



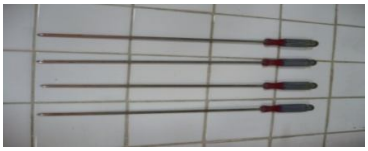
Gambar 3. Lokasi Penelitian

Peralatan untuk Pengolahan Data terdiri dari :

- Satu unit computer
- Perangkat lunak (software) Microsoft Excel Versi 2007
- Perangkat lunak (software) Notepad Versi 2007
- Perangkat lunak (software) Res2Dinv

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

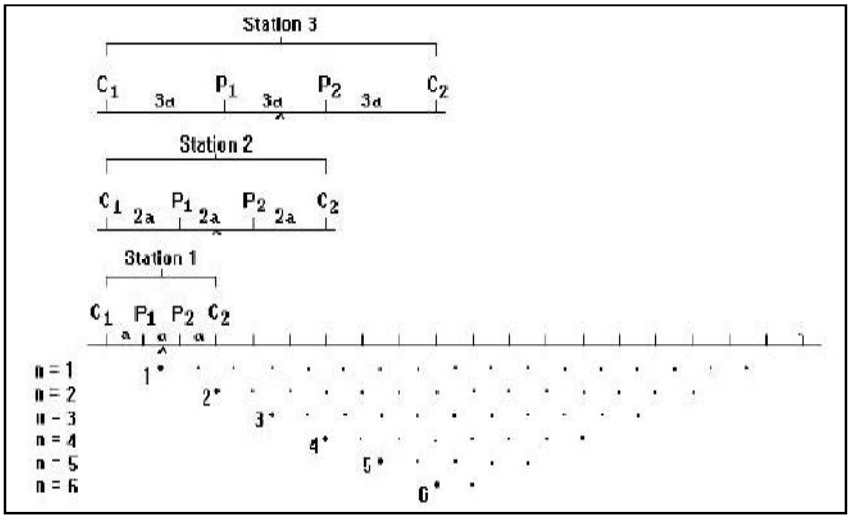
Tabel 3. Peralatan untuk Pengukuran di Lapangan.

NO	NAMA ALAT	GAMBAR
1.	Instruments Geolistrik merk NANIURA model NRD 300 HF.	
2.	2 buah elektroda arus dan 2 buah elektroda potensial.	
3.	Accu 12 V.	
4.	4 roll kabel.	
5.	1 buah meteran.	-
6.	Kamera digital.	-
7.	Lembar kerja.	-

Prosedur Penelitian.

1. Pengukuran di Lapangan, menggunakan konfigurasi elektroda Wenner.
   a) Persiapan pelaksanaan pengukuran, meliputi persiapan daerah yang akan diukur yaitu menentukan lintasan pengukuran.
   b) Menyusun rangkaian alat resistivity meter untuk konfigurasi Wenner serta mengatur jarak spasi elektroda yang digunakan yaitu 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21…dst.
   c) Mengaktifkan resistivity meter, lalu mengalirkan arus listrik ke medium tanah.
   d) Mencatat arus listrik yang mengalir (I) dan beda potensial (V) antar dua titik elektroda.
   e) Melakukan pengukuran seperti pada langkah b-c dan seterusnya.
   f) Dari data hasil pengukuran selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai resistivitas semu menggunakan persamaan (2).

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau



Gambar 4. Cara Pengukuran dengan Konfigurasi Elektroda Wenner

2. Pengolahan Data.
   Perhitungan nilai resistivitas semu dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel 2007. Data hasil pengolahan tersebut berupa nilai resistivitas semu, mid x dan spasi elektoda dibuka menggunakan program Notepad 2007 dan disimpan dalam bentuk DAT. Selanjutnya data DAT diolah dengan menggunakan program VES. Dari inversi akan diperoleh penampang 2 dimensi dari distribusi nilai resistivitas bawah permukaan bumi.

3. Interpretasi Data / Analisa Litologi.
   Data hasil pengolahan dari program VES yaitu berupa distribusi nilai resistivitas bawah permukaan bumi, berdasarkan resistitivitas bawah permukaan bumi tersebut maka dapat dilakukan interpretasi dan klasifikasi dari perbedaan nilai resistivitasnya untuk menentukan struktur litologi bawah permukaan bumi. Karena setiap lapisan atau material bumi memiliki nilai resistivitas dan ketebalan tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Akuifer Bebas Kota Pekanbaru

Parameter akuifer bebas adalah suatu besaran fisis yang berhubungan dengan karakteristik akuifer memegang peranan penting untuk menentukan keberlanjutan air akuifer bebas di suatu wilayah.

Parameter akuifer bebas harus dianalisa terlebih dahulu sebelum menentukan prediksi keberlanjutan air akuifer bebas di Kota Pekanbaru. Penentuan parameter akuifer bebas ini dapat dilakukan dengan penyelidikan geolistrik.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Adapun parameter akuifer bebas yang diperlukan untuk memprediksi keberlanjutan air akuifer bebas di Kota Pekanbaru adalah :

1) Litologi akuifer bebas
2) Tebal akuifer bebas (m)
3) Konduktivitas hydrolik (m/hari)
4) *Sfesifik yield* atau storatovitas (%)
5) Transmisivitas ($m^2/hari$)

Kondisi alamiah akuifer bebas Kota Pekanbaru adalah kondisi yang perlu diketahui untuk awal perhitungan *head hidrolik* alamiah artinya suatu kondisi dimana lahan belum ada gangguan dari luar.

Data yang dapat mengambarkan kondisi alamiah akuifer bebas Kota Pekanbaru dalam penelitian ini digunakan data tahun 1998 yaitu data pengukuran geolistrik daerah Kota Pekanbaru yang telah dilakukan oleh Dinas Pertambangan Pemerintah Daerah Tingkat I Provinsi Riau.

Data geolistrik tersebut kemudian diolah dengan program VES sehingga diperoleh model Litologi daerah Kota Pekanbaru seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Menunjukkan nilai Tahanan jenis dapat dilihat ada lima lapisan dengan ketebalan berbeda – beda. Setiap lapisan ditandai dengan jenis Litologi tertentu, dimana untuk setiap Litologi mempunyai nilai resistivitas tertentu.

Berdasarkan sebaran resistivitas telah dapat diinterpretasikan bahwa pada lapisan pertama merupakan Litologi tanah penutup dengan harga resistivitas 30,55 Ohm.m, lapisan kedua dengan Litologi pasir memiliki nilai resistivitas sebesar 10,18 Ohm.m dan diinterpretasikan sebagai lapisan akuifer bebas dengan ketebalan 7,79 m, sedangkan lapisan ketiga merupakan Litologi lempung pasiran dengan harga resistivitas sebesar 3,46 Ohm.m merupakan lapisan impermeable.

Pada titik pengukuran K2 juga terdapat tiga lapisan dengan lapisan pertama diinterpretasikan sebagai tanah penutup dengan harga resistivitas 7,15 Ohm.m, lapisan kedua dengan Litologi pasir merupakan lapisan akuifer bebas dengan nilai resistivitas 22,43 Ohm.m serta memiliki ketebalan 4,27 m. Demikian pula untuk titik pengukuran lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 4. Nilai ketebalan akuifer bebas berdasarkan titik pengukuran geolistrik di daerah Kota Pekanbaru

Titik Geolistrik	Tahanan jenis (Ohm.m)	Perkiraan Litologi	Ketebalan (m)
K1	30,55	Tanah penutup	7.79
	10,18	Pasir	
	3,46	Lempung Pasiran	
K2	7,15	Tanah penutup	4.27
	22,43	Pasir	
	3,58	Lempung Pasiran	
K3	100,75	Tanah penutup	8.34
	15,11	Pasir	
	3,02	Lempung Pasiran	
K4	35,55	Tanah penutup	8.79
	10,16	Pasir	
	3,15	Lempung Pasiran	
K5	10,16	Tanah penutup	7.13
	32,55	Pasir	
	4,06	Lempung Pasiran	
		Jumlah	36.32
		Ketebalan rata-rata	7.264

Berdasarkan nilai Litologi yang ditemukan pada sistim akuifer bebas Kota Pekanbaru maka dapat ditentukan konduktivitas hydrolik akuifer bebas Kota Pekanbaru seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa kemampuan batuan untuk meluluskan air di dalam rongga-rongga batuan tanpa mengubah sifat-sifat airnya memiliki angka rata – rata 1,87 m/hari. Tabel 5 memperlihatkan bahwa kelulusan air ini sangat dipengaruhi oleh Litologi penyusun akuifer bebas.

Tabel 5 menunjukkan bahwa struktur Litologi geologi berpengaruh terhadap besar – kecilnya gerakan air tanah, sekaligus menentukan tipe dan potensi akuifer. Struktur Litologi ini akan membentuk stratigrafi tersusun atas beberapa lapisan batuan akan berpengaruh terhadap ketebalan akuifer (Tabel 5), serta kedudukan air tanah. Jenis Litologi ini akan berpengaruh juga terhadap daya hantar listrik.

Litologi ini juga menentukan formasi geologi, misalnya permeabel (tembus air) yang dikenal sebagai akuifer (juga disebut reservoir air tanah, fomasi pengikat air, dasar-dasar yang tembus air) yang merupakan formasi pengikat air yang memungkinkan jumlah air yang cukup besar untuk bergerak melaluinya pada kondisi lapangan yang biasa.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 5. Nilai konduktivitas hydrolik akuifer bebas berdasarkan titik pengukuran geolistrik di daerah Kota Pekanbaru

Titik Geolistrik	Tahanan jenis (Ohm.m)	Perkiraan Litologi	K (m/hari)
K1	30,55	Tanah penutup	0.0002
	10,18	Pasir	3.1
	3,46	Lempung Pasiran	2.5
K2	7,15	Tanah penutup	0.0002
	22,43	Pasir	3.1
	3,58	Lempung Pasiran	2.5
K3	100,75	Tanah penutup	0.0002
	15,11	Pasir	3.1
	3,02	Lempung Pasiran	2.5
K4	35,55	Tanah penutup	0.0002
	10,16	Pasir	3.1
	3,15	Lempung Pasiran	2.5
K5	10,16	Tanah penutup	0.0002
	32,55	Pasir	3.1
	4,06	Lempung Pasiran	2.5
		Jumlah	28.001
		Rata-rata	1.87

Nilai *sfesifik yield* atau storatovitas juga dapat ditentukan berdasarkan hasil interpretasi Litologi akuifer bebas Kota Pekanbaru seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Nilai *spesific yield* menunjukkan perbandingan dalam persen jumlah air yang dapat diambil dari tanah atau batuan yang jenuh air dibandingkan dengan volume total batuan atau tanah.

Tabel 5 menunjukkan bahwa untuk akuifer bebas Kota Pekanbaru perbandingan jumlah air yang dapat diambil dari tanah atau batuan yang jenuh air terhadap volume total batuan bernilai rata – rata 17,67 %. Hal ini sangat tergantung pada jenis Litologi yang menyusun lapisan akuifer bebas. Besaran fisis yang berhubungan dengan besar – kecilnya dibolehkannya pengambilan air akuifer bebas oleh penduduk dan industri adalah faktor sfesific yield atau storatovitas.

Faktor *sfesific yield* atau storatovitas dapat mengambarkan bahwa agar tidak terganggu sistim keseimbangan air akuifer bebas sebaiknya perbandingan jumlah air yang dapat diambil dari tanah atau batuan yang jenuh air terhadap volume total batuan berkisar 17,67 %. Jika hal ini dapat dijaga maka keberlanjutan air akuifer bebas Kota Pekanbaru akan terus dalam kondisi aman.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 6. Nilai sfesifik yield akuifer bebas berdasarkan titik pengukuran geolistrik di Kota Pekanbaru.

Titik Geolistrik	Tahanan jenis (Ohm.m)	Perkiraan Litologi	Spesifik yield %
K1	30,55	Tanah penutup	3
	10,18	Pasir	27
	3,46	Lempung Pasiran	23
K2	7,15	Tanah penutup	3
	22,43	Pasir	27
	3,58	Lempung Pasiran	23
K3	100,75	Tanah penutup	3
	15,11	Pasir	27
	3,02	Lempung Pasiran	23
K4	35,55	Tanah penutup	3
	10,16	Pasir	27
	3,15	Lempung Pasiran	23
K5	10,16	Tanah penutup	3
	32,55	Pasir	27
	4,06	Lempung Pasiran	23
		Jumlah	265
		Rata-rata	17.67

Transmisivitas akuifer bebas Kota Pekanbaru selanjutnya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1), yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai transmisivitas akuifer bebas Pekanbaru Kota

No	Jenis akuifer	Transmisivitas ($m^2/hari$)
1.	Akuifer bebas	13,58

KESIMPULAN

Nilai transmisivitas akuifer bebas Kota Pekanbaru adalah $13{,}58\frac{m^2}{hari}$. Nilai rata – rata spesifik *yield akuifer* bebas berdasarkan titik pengukuran geolistrik di Kota Pekanbaru 17,67 %. Nilai konduktivitas hydrolik rata – rata akuifer bebas berdasarkan titik pengukuran geolistrik di daerah Kota Pekanbaru 1,87 m/hari. Nilai ketebalan akuifer bebas berdasarkan titik pengukuran geolistrik di daerah Kota Pekanbaru 7,264 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

DAFTAR PUSTAKA

Astier, J.L. 1971. Geophysique Appliquee al Hydrogeologi. Masson & Cie. Editeur Paris.

Burger. 2006. Keunggulan Konfigurasi Wenner. http://digilib.its.ac.id/public/ITS-underground.

Loke, M.H. 2004. Tutorial : 2D and 3D Electrical Survey. http//www.geoelectrical.com.

Todd, D.K. 1980. Groundwater hydrology, 2nd ed. John Wiley and sons Inc. New York.

© 2013 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau