

APLIKASI GEOELEKTRICAL TOMOGRAPHY METHODE UNTUK PEMODELAN SISTEM KONSERVASI AIR TANAH

Nur Qudus

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Abstrak : Sumberdaya air tanah bersifat dapat diperbaharui atau *re-newable* secara alami, karena air tanah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam siklus hidrologi. Namun demikian pada kenyataannya terdapat berbagai faktor pembatas yang dapat mempengaruhi pemanfaatannya, baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu dengan melakukan analisis perhitungan dari data yang diperoleh pada pengujian laboratorium, pengujian lapangan. Penentuan zona konservasi airtanah dilaksanakan untuk mengetahui tingkat perubahan kondisi dan lingkungan airtanah yang disebabkan oleh proses alami dan atau akibat kegiatan manusia. Pembagian zona konservasi airtanah pada suatu daerah dibedakan dalam kategori aman, rawan, kritis, dan rusak. Zona Kritis berkaitan dengan pengambilan airtanah pada akuifer, terdapat pada kedalaman antara 30 -150 m.

Kata Kunci : *Geoelectrical Tomography*, Konservasi, Air Tanah

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan sumber air yang sangat penting bagi makhluk hidup. Air tanah tersebut tersimpan dalam lapisan yang disebut akuifer. Akuifer merupakan sumber air tanah yang sangat penting. Akuifer tersebut dapat dijumpai pada dataran pantai, daerah kaki gunung, lembah antar pegunungan, dataran aluvial dan daerah topografi karst. Akuifer ditinjau dari sistemnya terdiri dari akuifer tak tertekan, akuifer semi tertekan dan akuifer tertekan.

Geoelectrical Tomography Methode merupakan salah satu metoda geolistrik yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah ataupun akibat injeksi arus ke dalam bumi. Ada beberapa macam metoda geolistrik, antara lain: metoda potensial diri, arus telluric, magnetotelluric, IP (*Induced Polarization*), resistivitas (tahanan jenis) dan lainnya. Pada metode *Schlumberger Resistivity Soundings* atau metoda geolistrik tahanan jenis ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian

beda potensial yang terjadi diukur melalui 2 (dua) elektroda potensial.

Metode geolistrik dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda dan mengukur beda potensial antara dua elektroda potensial dari arus yang ditimbulkan. Harga potensial akibat injeksi arus dengan 1 elektroda pada medium homogen setengah ruang (*half-space*).

Nilai potensial listrik sebagai respon dari dua elektroda merupakan penjumlahan harga potensial dari masing-masing elektroda. Apabila jarak antara kedua elektroda terhingga, maka potensial suatu titik di permukaan dipengaruhi oleh kedua elektroda, untuk P1 maka potensial yang diakibatkan elektroda C1 adalah

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi r_1} \quad (2)$$

Kemudian didapat potensial pada titik P1

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (4)$$

Untuk titik P2 dilakukan perhitungan yang sama sehingga akhirnya diperoleh beda potensial antara kedua titik tersebut:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (5)$$

Dari persamaan (5) diperoleh nilai resistivitas medium homogeny

$$\begin{aligned} \rho &= 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} \\ &= K \frac{\Delta V}{I} \end{aligned} \quad (6)$$

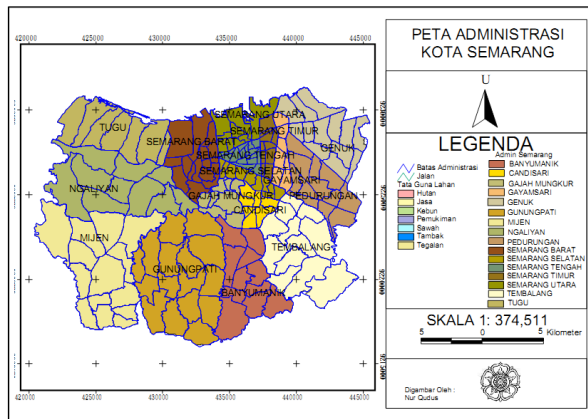
K adalah faktor geometri elektroda. Untuk kasus medium non-homogen hasil pengukuran dinyatakan dalam besaran resistivitas semu ($a \rho$), yang memberikan gambaran kualitatif distribusi resistivitas bawah permukaan.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan tentang sistem konservasi air tanah (*ground water conservation*) berdasarkan karakteristik akuifer dan *water tabel* yang terdapat di daerah penelitian. Manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah memberikan gambaran secara komprehensif dan obyektif tentang kondisi wilayah, struktur lapisan tanah, model konservasi yang akan diterapkan.

METODE

Lokasi penelitian di Kota Semarang, secara geografis terletak antara 6.50'–7.10' LS serta antara 109.50'–110.35' BT. Menurut batas administrasinya Kota Semarang di sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa, di sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Semarang, di sebelah

barat berbatasan dengan Kabupaten Kendal dan di sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Demak. Berdasarkan keadaan topografinya, pada bagian utara hingga daerah pantai merupakan dataran rendah, sedangkan wilayah selatan terdiri dari daerah perbukitan. Daerah penelitian meliputi wilayah bagian selatan kota Semarang yang merupakan daerah perbukitan.



Gambar 2. Peta Administrasi Kota Semarang

1. Bahan Penelitian : peta wilayah, peta topografi, peta geologi, peta tanah, peta tata guna lahan, data curah hujan bulanan dan curah hujan maksimum, data kedalaman muka air tanah, data koefisien permeabilitas tanah dan batuan.
2. Alat Penelitian : satu set peralatan Resistivity meter type G-Sound (GL-4100), GPS (*Global Positioning Systems*), pengukur tinggi tempat dan pengukur kemiringan lereng.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu dengan melakukan analisis perhitungan dari data yang diperoleh pada pengujian laboratorium, pengujian lapangan dan data dari instansi terkait. Setelah analisis dan interpretasi data akan didapat hasil kondisi daerah penelitian yang memiliki potensi air tanah yang baik. Diharapkan juga dari penelitian ini dapat direkomendasi zone pemetaan daerah yang memiliki air tanah potensial sebagai referensi bagi penyusunan zonasi tataguna dan konservasi air tanah.

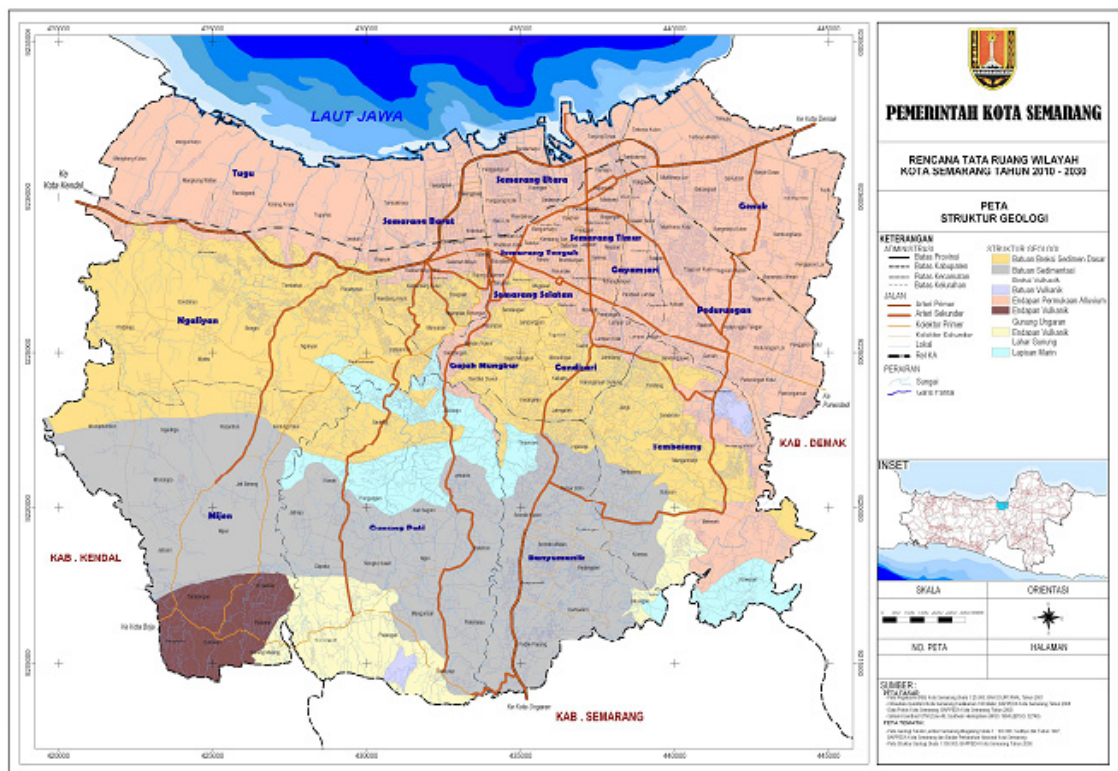
HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Geologi

Berdasarkan peta geologi lembar Semarang-Magelang skala 1:100.000, ada 4 (empat) formasi geologi di Kota Semarang. Terdiri dari 3 (tiga) formasi geologi menyusuri daerah perbukitan yaitu formasi damar, formasi kalibium dan formasi breksi vulkanik. Formasi keempat terletak disepanjang pantai, berupa endapan aluvium. Memperhatikan pemetaan geologi yang dibuat direktorat Geologi, dapat disimpulkan bahwa Kota Semarang sebagian besar berada pada dataran aluvial dan formasi damar yang berumur pleistosen (satu juta tahun yang lalu). Formasi

damar berada menumpang pada formasi kalibium yang berumur miosen (26 juta tahun yang lalu), dan pliosen (12 juta tahun yang lalu). Di daerah sebelah selatan Jatingaleh, formasi kalibium mengalami pengangkatan dengan garis sesar agak melingkar mengelilingi gunung api Ungaran. Pengangkatan kalibium membentuk karst yang dibatasi oleh dua sesar di bagian selatan di dekat Karangjati, dan di bagian utara di dekat Jatingaleh. Formasi kalibium yang berbatuan liat marin memisahkan formasi vulkanik Ungarran dengan daerah Semarang.

Peta struktur geologi dimaksudkan untuk memberikan gambaran secara detail tentang kondisi struktur lapisan tanah daerah penelitian. Pendeskripsian ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam menganalisis perlapisan batuan.



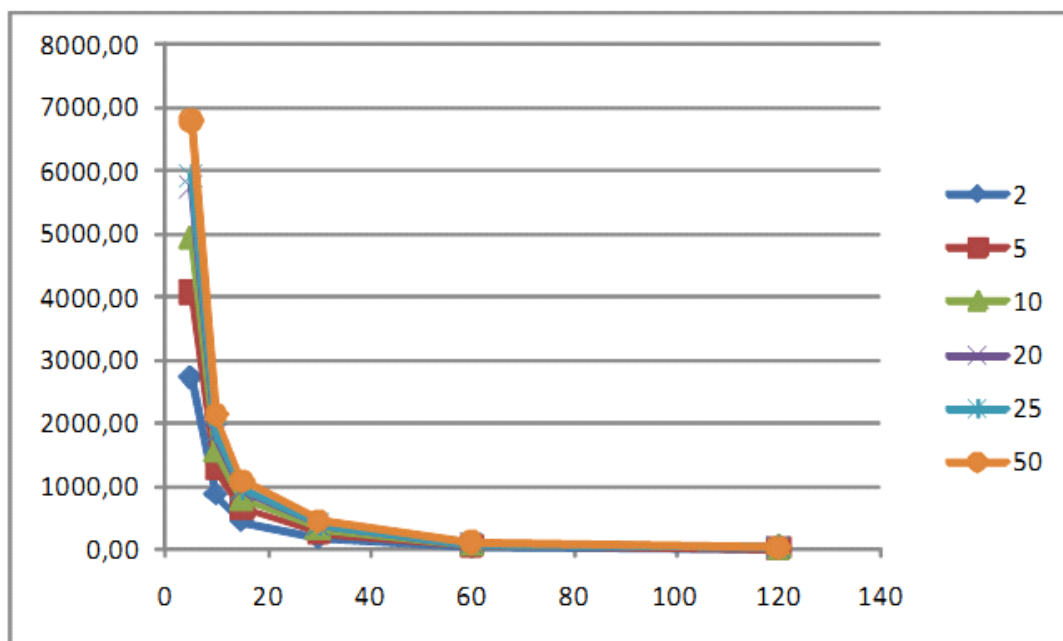
Gambar 3. Stuktur Geologi

Analisis Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari Kantor Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Klas I Semarang, yaitu berupa data curah hujan harian hasil dari rekaman alat pengukur curah hujan otomatis di stasiun Kalibanteng sepanjang 12 tahun, mulai dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2010. Berikut akan disampaikan analisis intensitas hujan untuk stasiun Plamongan-Genuk.

Tabel 1. Data curah hujan kota Semarang

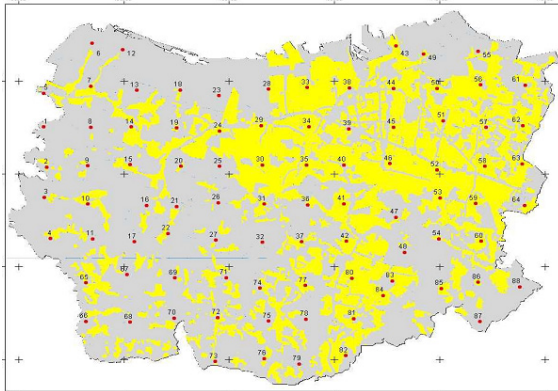
No	Tahun	Curah Hujan (P) dengan durasi hujan menitan					
		5	10	15	30	60	120
		3	4	5	6	7	8
1	1999	318	200	153	126	61	38
2	2000	164	103	79	65	31	20
3	2001	402	253	193	159	77	48
4	2002	283	179	136	112	54	34
5	2003	145	92	70	58	28	17
6	2004	291	183	140	115	55	35
7	2005	133	84	64	53	25	16
8	2006	245	155	118	97	47	29
9	2007	182	114	87	72	35	22
10	2008	314	198	151	125	60	38
11	2009	236	149	114	94	45	28
12	2010	227	143	109	90	43	27



Gambar 4. Kurva IDF

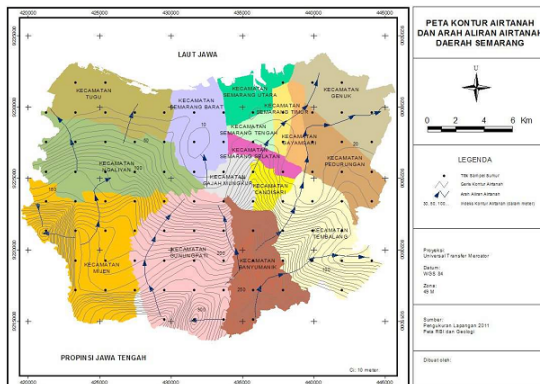
Lokasi Titik Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan data menggunakan peta berikut.



Gambar 4. Lokasi Titik Pengukuran

Hasil Penelitian Secara Keruangan (Spatial)

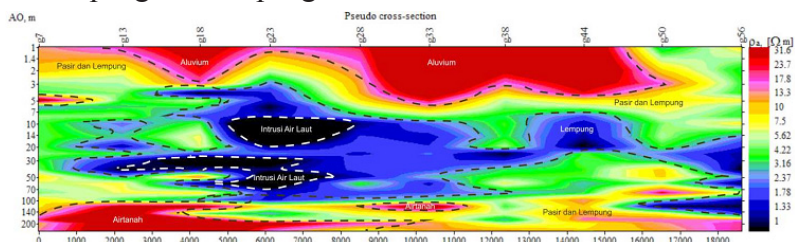


Gambar 6. Peta Kontur dan Arah Aliran Air Tanah

Data hasil pengukuran kedalaman sumur digunakan untuk menghitung kedalaman sumur (*head*), dengan cara mengurangkan data ketinggian muka tanah dengan data pengukuran tinggi muka air sumur. Data kedalaman sumur selanjutnya dipetakan berdasarkan pengeplotan lokasi sumur menggunakan koordinat UTM, Program pengolah data ini adalah *Surfer* dan *Arch View*.

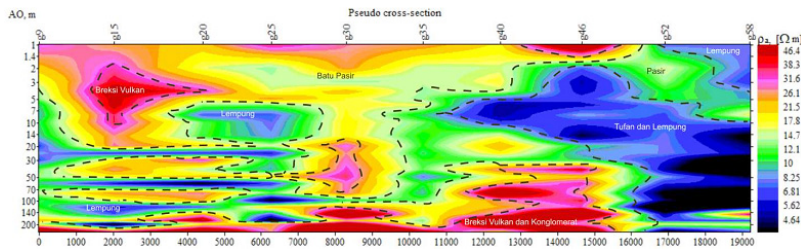
Penyusunan Model Hidrostratigrafi Akifer

Penampang I : Titik pengukuran 7-13-18-23-28-33-38-44-50-56



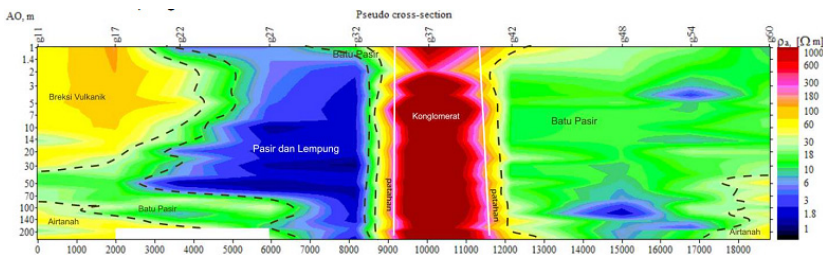
Gambar 7. Hidrostratigrafi Penampang

Penampang II : Titik pengukuran 9-15-20-25-30-35-40-46-52-58



Gambar 8. Hidrostratigrafi Penampang II

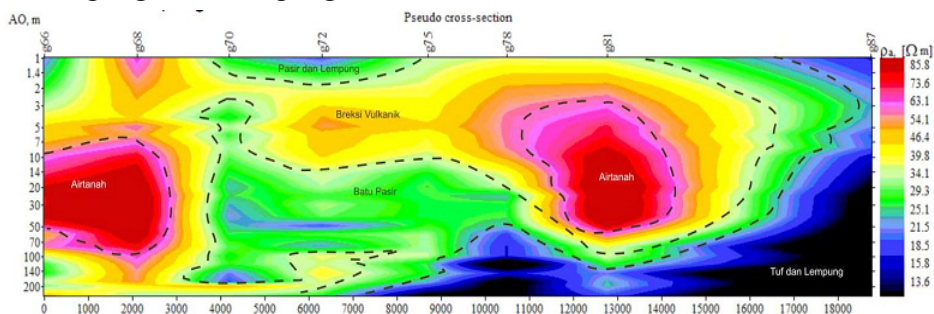
Penampang III : Titik pengukuran 11-17-22-27-32-37-42-48-54-60



Gambar 9. Hidrostratigrafi Penampang III

Pendugaan geolistrik merupakan salah satu metode penelitian untuk mengetahui susunan pelapisan batuan atau material penyusun akifer secara vertikal dari permukaan tanah. Pendugaan ini menggunakan prinsip bahwa lapisan atau material batuan mempunyai nilai tahanan jenis (*resistivity*) yang berbeda-beda. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecil nilai tahanan jenis adalah (a) jenis material; (b) kandungan air dalam batuan; (c) porositas batuan; dan (d) sifat kimia air. Besarnya tahanan jenis diukur dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus. Metode *Schlumberger* merupakan salah satu metode pendugaan geolistrik dengan menggunakan rangkaian empat buah elektrode (2 elektrode tembaga dan 2 elektrode besi) yang ditancapkan ke dalam tanah pada satu garis lurus sepanjang pengukuran.

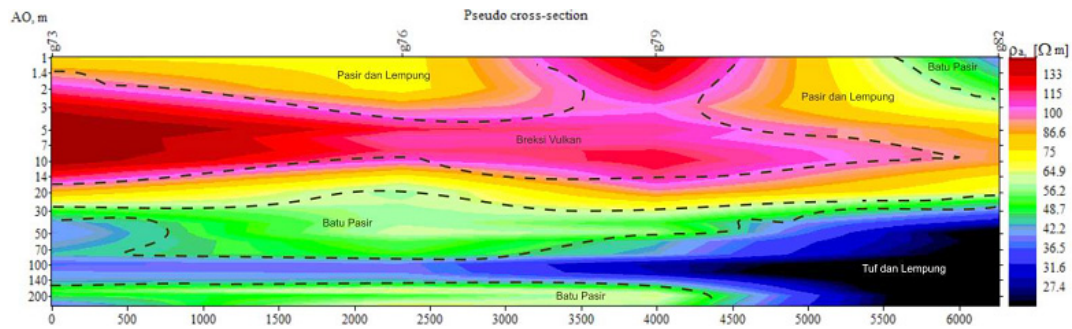
Penampang IV : Titik pengukuran 66-68-70-72-75-78-81-87



Gambar 10. Hidrostratigrafi Penampang IV

Penampang V

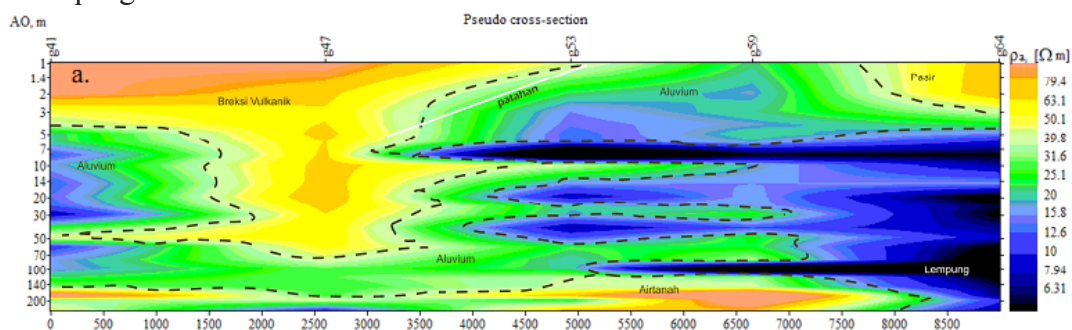
Titik pengukuran 73-76-79-82



Gambar 11. Hidrostratigrafi Penampang V

Penampang VI :

Titik pengukuran 41-47-53-59-64



Gambar 12. Hidrostratigrafi Penampang VI

Hasi analisis gambar di atas diperlihatkan distribusi harga resistivitas dengan citra warna biru sampai ungu yaitu 0-52694 Ohm.meter. pada penampang vertical yang terdapat di bawah permukaan didominasi oleh tanah aluvium yang mengandung pasir berlumpur, campuran pasir dan lumpur yang mempunyai harga resistivitas berkisar 13369- 52694 Ohm.meter dengan kedalaman 0-4.8 m.

Penentuan zona konservasi airtanah dilaksanakan untuk mengetahui tingkat perubahan kondisi dan lingkungan airtanah yang disebabkan oleh proses alami dan atau akibat kegiatan manusia. Pembagian zona konservasi airtanah pada suatu daerah dibedakan dalam kategori aman, rawan, kritis, dan rusak.

Zona Kritis berkaitan dengan pengambilan airtanah pada akuifer, terdapat pada kedalaman antara 30 -150 m di bawah muka tanah setempat (bmt), yang ditunjukkan oleh kedudukan muka airtanah lebih dari 20 m di bawah muka laut (bml) atau antara 22 - 30 m bmt dan dampak pengambilan. airtanah berupa amblesan tanah. Zona kritis ini meliputi Tanah Mas, Kampung Peres, Tawang Sari, Bandarharjo, Pelabuhan Tanjungmas, Pengapon, Kaligawe, Terboyo, dan Genuksari.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis data antara lain pendekatan keruangan, pendekatan ekologi, dan analisis statistik. Simpulan penelitian :

1. *Spatial approach* (pendekatan keruangan)

Penekatan keruangan digunakan untuk delineasi dan identifikasi tata guna lahan, dan sifat fisik tanah. Analisis ini sangat diperlukan dalam kegiatan simulasi model, dalam hal perancangan ketersediaan dan kebutuhan airtanah serta potensi terjadinya intrusi air laut, supaya diperoleh sistem ketersediaan airtanah yang optimal dan berwawasan lingkungan.

3. *Ecological approach* (pendekatan ekologi).

Pendekatan lingkungan dilakukan untuk menelaah keterkaitan antara aspek lingkungan alam (kondisi fisik airtanah kawasan pantai Semarang) dengan aspek manusia (perilaku memenuhi kebutuhan airtanah). Perancangan zone konservasi lahan pola penggunaan lahan dilakukan selain berdasarkan pada kondisi fisik juga pada perilaku dan keinginan masyarakat dalam mengelola lingkungan, serta nilai ekonomi lahan.

4. *Statistical analysis* (analisis statistik),

Analisis statistik digunakan untuk pengujian model atau validitas model, untuk mengetahui seberapa jauh kesahihan model dan penyimpangannya terhadap data sebenarnya di lapangan. Penggunaan rumus statistik yang utama digunakan adalah uji kesamaan rata-rata dan uji kesamaan keragaman.

Saran

1. Pengembangan model wilayah resapan di Kota Semarang harus dilakukan secara terpadu dan terintegrasi serta berkelanjutan. Perlu dilakukan penambahan areal hijau berupa taman, jalur hijau dan areal-areal resapan dengan pemeliharaan yang intensif dan kontinyu.
2. Partisipasi aktif masyarakat dalam mengelola dan memelihara lahan hijau atau taman terbuka harus dilibatkan. Pemberian insentif hijau dapat dilakukan pemerintah guna memacu peran aktif masyarakat dalam mengembangkan areal hijau di lingkungan sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Kodoatie, 1996, *Pengantar Hidrogeologi*, Penerbit , Andi Offset, Yogyakarta.
- Loke, M.H. 1999b. RES2DINV Rapid 2D Resistivity & IP Inversion (Wenner, dipole-dipole, pole-pole, pole-dipole, Schlumberger, rectangular arrays) on Land, Underwater and Cross-borehole Surveys; *Software Manual Ver.3.3 for windows 3.1, 95 and NT. Malaysia, Penang.*
- Reynolds, J.M. 1998. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York, John Willey and Sons.

- Sharma, P.V., 1997, *Environmental and Geophysics*, Cambridge University Press. New York, London, Melbourne.
- Speight, J.M. 1994. *The Chemistry and Technology of Coal*, New York, Marcel Dekker.
- Telford, W.M., Gedaart, L.P. & Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics*, New York, Cambridge.
- Van Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia*, V.I.A, Martinus, Nijhoff, The Hague.