

PEMETAAN SEBARAN AIR TANAH ASIN PADA AQUIFER DALAM DI WILAYAH SEMARANG BAWAH

M. Irham N¹, Reyfana T Achmad¹ Sugeng Widodo²

1). Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

2). PS Kelautan FPIK UNDIP

ABSTRACT

A research to mapping of saline groundwater spreading at deep aquifer in SEMARANG Awash area, exactly at 49 zone, coordinate X(422000-445000), Y(9222100-9232000) is carry out. Electrical conductivity used in this research as approximation to saline value of groundwater. Then, the isoconductivity contour map made based on that's conductivity value using surfer 7 to see the mapping of saline groundwater spreading. After that, a hydrochemistry analyze method resemble to Trilinier Piper diagram and Chlorida-Carbonat Ratio (R) used to analyze caused factor of saline from groundwater. Base on the groundwater saline grade clasification from PAHIAA, Jakarta, the groundwater at deep aquifer of Semarang bawah area come in insipid that spread out almost in all Semarang bawah area and insipid-saltish groundwater clasification that just found in two area, are central Pedurungan (Tlogosari) and Tugu Muda direct to Pemuda street area. Base on Trilinier Piper diagram and Chlorida-Carbonat Ratio (R) analyze, the saline of groundwater at deep aquifer in Semarang Awash area is the effect from the sea water intrusio, except in central Semarang area the salted of groundwater it's not caused by the sea water intrusion, may be couse by dilution of salt mineral which imbedded in the groundwater..

INTISARI

Telah dilakukan penelitian untuk memetakan sebaran air tanah asin pada akuifer dalam di wilayah Semarang bawah, yaitu pada zona 49, koordinat X(422000-445000), Y(9222100-9232000). Pada penelitian ini digunakan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) sebagai pendekatan nilai keasinan air tanah. Berdasarkan nilai DHL tersebut dengan program surfer 7 dipetakan sebaran air tanah asin. Selanjutnya digunakan metode analisis hidrokimia yang berupa Diagram Trilinier Pipper dan Rasio Khlorida-Karbonat (R) untuk menganalisis faktor penyebab keasinan air tanah. Berdasarkan klasifikasi tingkat keasinan air tanah oleh PAHIAA, Jakarta, maka air tanah pada akuifer dalam di wilayah Semarang Bawah termasuk pada klasifikasi air tanah tawar yang tersebar hampir di seluruh wilayah Semarang Bawah dan air tanah tawar-payau dijumpai di dua daerah, yaitu di daerah tengah Pedurungan (Tlogosari) dan di daerah Tugu Muda ke arah Jl. Pemuda. Berdasarkan analisis diagram Trilinier Pipper dan Rasio Khlorida-Karbonat, keasinan air tanah pada akuifer dalam di wilayah Semarang Bawah merupakan akibat dari adanya intrusi air laut, kecuali pada daerah tengah (Pedurungan) Semarang, keasinan air tanah bukan disebabkan karena intrusi air laut, tetapi diduga akibat pelarutan mineral garam pada akuifer yang masuk ke dalam air tanah.

PENDAHULUAN

Perkembangan kota Semarang baik di bidang industri, perusahaan, maupun perdagangan berakibat pada meningkatnya kebutuhan air bersih, yang hingga saat ini masih mengandalkan air tanah. Kebutuhan air tanah yang terus meningkat, mendesak masyarakat untuk juga terus mengusahakan ketersediannya, sehingga menyebabkan pengambilan air tanah semakin meningkat. Tercatat untuk pengambilan air tanah di daerah CAS (Cekungan Airtanah Semarang) pada tahun 1900 baru sekitar 427.050 m³/tahun yang diambil dari 16 sumur bor. Pada tahun

1982 telah mencapai 13.672.900 m³/tahun disadap dari 127 sumur bor. Kemudian pada tahun 1990 menjadi 22.473.050 m³/tahun yang disedot dari 260 sumur bor, dan pada tahun 2000 telah mencapai 39.189.827 m³/tahun yang diambil dari 1.029 sumur bor. Dengan demikian berarti pengambilan air tanah di daerah CAS ini telah mengalami peningkatan hampir 3 kali lipat (286,6%) selama 18 tahun terakhir ini, atau setiap tahunnya meningkat rata-rata 15,9%. Jumlah sumur bor mengalami peningkatan lebih dari 8 kali lipat (810,2%), atau meningkat rata-rata 45,01% per tahun[1].

Meningkatnya pengambilan air tanah yang tidak memperhatikan kaidah tata guna air tanah telah menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi dan lingkungan sumberdaya air tersebut. Dampak dari penyadapan air tanah sekitar pantai yang tidak terkendali dapat menyebabkan terjadinya intrusi air laut. Adanya intrusi air laut merupakan permasalahan air tanah di daerah pantai, karena berakibat langsung pada mutu air tanah. Air tanah yang tadinya layak digunakan untuk air minum mengalami penurunan mutu sehingga tidak layak lagi digunakan untuk keperluan tersebut[2]

Pada tahun 1997 telah dilakukan penelitian tentang penyelidikan potensi Cekungan Airtanah Semarang oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa kualitas air tanah tertekan khususnya di dataran pantai pada daerah penyebaran kelompok akuifer delta garang umumnya baik dengan DHL kurang dari 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Air tanah payau dijumpai di daerah Simpang Lima, Jalan Pemuda, dan Tawang dengan nilai DHL mencapai 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [2]

Berdasarkan hal itu, akan dilakukan penelitian untuk mengetahui akuifer yang telah terintrusi air laut, yang dapat diidentifikasi dengan nilai keasinan air tanah. Nilai keasinan air tanah ini dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan nilai konduktivitas atau Daya Hantar Listrik (DHL). Berdasarkan nilai DHL dibuat peta kontur isokonduktivitas untuk memetakan penyebaran keasinan air tanah tersebut.

Mengingat kondisi administratif Semarang yang juga terdapat banyak industri dan kondisi geologinya yang merupakan endapan delta, maka kemungkinan penyebab keasinan air tanah juga bisa disebabkan oleh limbah ataupun merupakan *connate water*, sehingga dilakukan penelitian lanjutan untuk menganalisis penyebab keasinan tersebut dengan analisis hidrokimia yang

divisualisasikan pada diagram *trilinear piper* dan perhitungan rasio ion khlorida (Cl) terhadap jumlah karbonatnya ($\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$).

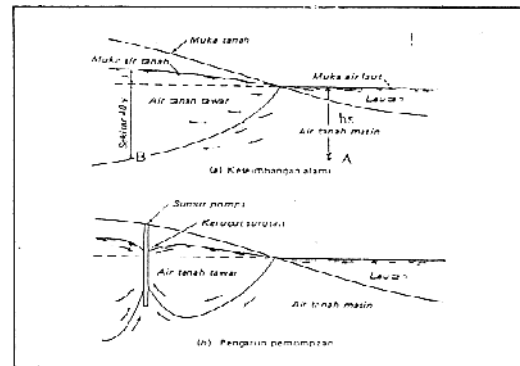
DASAR TEORI

Dalam keadaan alami air tanah tawar mengalir ke lautan lewat akuifer-akuifer di daerah pantai yang berhubungan dengan lautan pada pantai yang menjorok ke laut. Tetapi karena meningkatnya kebutuhan akan air tawar, maka aliran air tanah tawar ke arah laut menurun, atau bahkan sebaliknya, air laut mengalir masuk ke dalam akuifer daratan. Kejadian ini dinamakan intrusi air laut[3].

Sebab-sebab utama terjadinya penerobosan air asin adalah sebagai berikut :

1. Akuifer itu berhubungan dengan air laut
2. penurunan permukaan air cukup besar

Secara rinci proses terjadinya intrusi air laut ditampilkan pada gambar 1 berikut [4].



Gambar 1. Hubungan air tawar dan air asin di dekat garis pantai [4]

Oleh karena air laut (berat jenis 1025 kg/m^3) lebih berat dari air tawar (1000 kg/m^3), air tanah di bawah suatu pulau berbentuk bundar yang permeabel secara merata seperti pada gambar 1 di atas. Lensa air tawar yang terapung pada air garam dikenal sebagai lensa *Ghyben-Herzberg*, yaitu sesuai dengan nama kedua penemu prinsip tersebut. Kira-kira 1/40

bagian air tawar dibutuhkan untuk ada di atas elevasi muka air laut bagi setiap bagian air tawar yang ada di bawah elevasi muka air laut guna memelihara keseimbangan hidrostatik.

Keseimbangan hidrostatik pada gambar 1a yang dikemukakan oleh Ghyben-Herzberg dijelaskan dalam persamaan berikut :

$$P_A = P_B \quad (1)$$

$$\rho_A g h_s = \rho_B g y + \rho_B g h_s \quad (2)$$

$$y = \frac{1}{40} h_s \quad (3)$$

dengan P_A adalah tekanan hidrostatik di air laut, P_B adalah tekanan hidrostatik di air tanah, ρ_A adalah berat jenis air laut (1025 kg/m^3), ρ_B adalah berat jenis air tanah (1000 kg/m^3), y adalah tinggi air tanah dari muka laut (m), dan h_s adalah tinggi air laut sampai permukaan (m)

Metode Diagram Trilinier Piper merupakan metode terpenting untuk studi genetik air tanah karena sangat efektif dalam pemisahan analisis data bagi studi kritis terutama mengenai sumber unsur penyusun terlarut dalam air tanah, perubahan atau modifikasi sifat air yang melewati suatu wilayah tertentu serta hubungannya dengan problem-problem geokimia.

Pada air laut ion Cl dan Na lebih dominan, sedangkan pada air tanah ion yang dominan adalah CO_3 dan HCO_3 . Karena adanya penyusupan air laut, maka komposisi air tanah akan berubah, yaitu ion Cl akan bertambah. Oleh karena itu, untuk mengetahui adanya penyusupan air laut menurut Revelle (1941), dapat ditentukan dengan rumus perbandingan konsentrasi khlorida-bikarbonat (*Chlorida bicarbonat ratio*) sebagai berikut [5]:

$$R = \frac{[\text{Cl}]}{[\text{CO}_3 + \text{HCO}_3]}$$

dengan Cl, CO_3 , dan HCO_3 dalam satuan yang sama misalnya mg/l. Dari hasil perhitungan harga R tersebut, apabila $R > 1$ dan harga $\text{DHL} > 1500 \text{ } \mu\text{S/cm}$, maka keasinan air tanah disebabkan oleh adanya

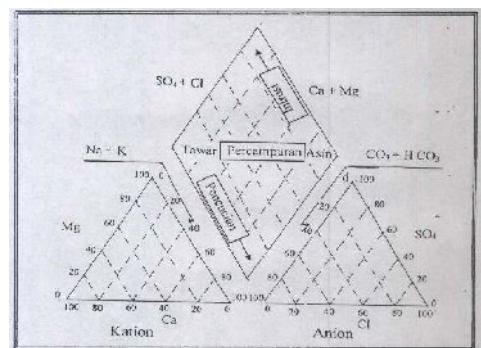
penyusupan air laut. Apabila harga $R < 1$ dan harga $\text{DHL} > 1500 \text{ } \mu\text{S/cm}$, maka keasinan air tanah akibat adanya pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada batuan akuifer.

Klasifikasi keasinan air tanah dapat ditunjukkan oleh nilai Daya Hantar Listrik (DHL). DHL adalah sifat suatu zat dalam menghantarkan listrik. Satuan dari Daya hantar listrik adalah mikro Siemen per centimeter ($\mu\text{S/cm}$) atau mikro mho (μmho) dengan konfersi $1 \text{ } \mu\text{mho} = 1 \text{ } \mu\text{S/cm}$.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Electric Conductivity* meter merk Trans TDS 4, seri TI 96/25818, dengan ketelitian $50 \text{ } \mu\text{S/cm}$. Alat ini digunakan untuk mengukur nilai Daya hantar Listrik (DHL) air tanah. Bahan-bahan yang digunakan adalah berupa peta administratif Kota Semarang, peta kontur muka air tanah dalam untuk wilayah Semarang, dan data lokasi sumur bor di wilayah Semarang.

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, berupa penyediaan alat dan bahan penelitian, tahap Lapangan, yaitu pengukuran nilai DHL untuk air tanah di tiap titik sumur, dan tahap analisis sampel, yaitu penentuan konsentrasi kation (Na, Ca, Mg, K) dan anion (Cl , SO_4 , CO_3 , HCO_3) untuk sampel air tanah, yang selanjutnya divisualisasikan dalam digram *Trilinier Piper* berikut ini :



Gambar 2. Diagram *trilinier Piper*[5]

Diagram ini terdiri dari dua segitiga samasisi yang terletak di bawah kanan dan kiri. Masing-masing segitiga untuk pengeplotan kation di satu pihak dan anion di pihak lain. Di atas kedua segitiga itu dibuat jajaran genjang. Pada jajaran genjang tersebut titik-titik kation dan anion dari kedua segitiga ditarik ke atas ke dalam jajaran genjang. Dari kedudukan titik tersebut pada jajaran genjang, maka dapat diinterpretasikan tipe kualitas air tanahnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan klasifikasi tingkat keasinan air tanah yang dikeluarkan oleh Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIAA), Jakarta-1986 [6] maka air tanah di daerah penelitian termasuk pada klasifikasi berikut :

1. Air tanah tawar, dengan nilai DHL <math><1500 \mu\text{S/cm}</math>
2. Air tanah tawar-payau, dengan nilai DHL 1500-5000 $\mu\text{S/cm}$

Adapun persebaran dari tiap-tiap klasifikasi air tanah tawar dan air tanah tawar-payau tersebut adalah sebagai berikut:

Air Tanah Tawar

Pada penelitian ini nilai DHL yang diperoleh untuk klasifikasi air tawar adalah mulai dari 200 $\mu\text{S/cm}$ sampai mencapai 1400 $\mu\text{S/cm}$. Persebaran air tanah tawar menempati hampir seluruh wilayah penelitian dengan tingkat keasinan yang beragam (Gambar 3).

Air tanah tawar dengan nilai DHL yang cukup rendah antara 200-500 $\mu\text{S/cm}$ utamanya terdapat di daerah dengan topografi lebih tinggi dan secara morfologi termasuk pada satuan perbukitan bergelombang lemah yang mempunyai ketinggian antara 50-500 meter dari muka laut, yaitu di bagian barat wilayah penelitian yaitu semua titik sumur di kecamatan Ngaliyan dan Tugu, juga beberapa di bagian selatan wilayah penelitian, mulai dari kecamatan Gajah Mungkur, Candisari, sebagian besar

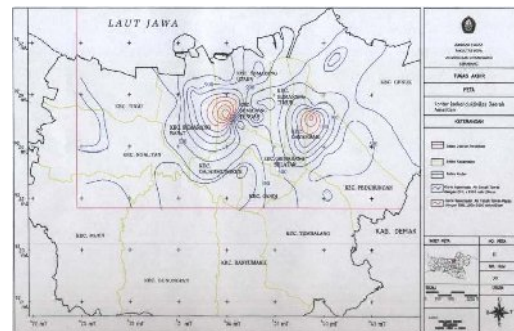
kecamatan Semarang Selatan, dan beberapa sumur di kecamatan pedurungan, khususnya sepanjang jl. Majapahit.

Air tanah tawar dengan nilai DHL yang cukup tinggi menempati daerah mulai dari daerah barat Semarang yaitu wilayah kecamatan Semarang Barat, khususnya di daerah PRPP, selanjutnya ke bagian tengah yaitu wilayah Semarang Tengah, beberapa kecamatan Semarang Selatan di daerah Simpang Lima, sampai ke utara menuju kecamatan Semarang Utara, di sekitar daerah Panggung, Kokrosono, sampai ke daerah Tawang. Semakin ke timur, nilai DHL semakin tinggi, bahkan mulai dari Semarang Timur ke arah Gayamsari hingga daerah Genuk, nilai DHL menunjukkan angka >700 $\mu\text{S/cm}$ hingga mencapai 1400 $\mu\text{S/cm}$.

Air Tanah Tawar-Payau

Air tanah tawar-payau ditunjukkan oleh adanya *closure* (penutupan) dengan nilai DHL tidak begitu tinggi yaitu antara 1500-2400 $\mu\text{S/cm}$. Air tanah tawar-payau hanya dijumpai di dua tempat dengan tiga titik sumur, yaitu di daerah Tlogosari (Perumnas Tlogosari) dengan nilai DHL 2100 $\mu\text{S/cm}$ dan di daerah tengah penelitian (sekitar Tugu Muda dan Jl. Pemuda) dengan nilai DHL 2400 $\mu\text{S/cm}$ dan 1500 $\mu\text{S/cm}$.

Sebaran air tanah tawar dan tawar-payau dapat dilihat pada peta kontur isokonduktivitas gambar -3 berikut:



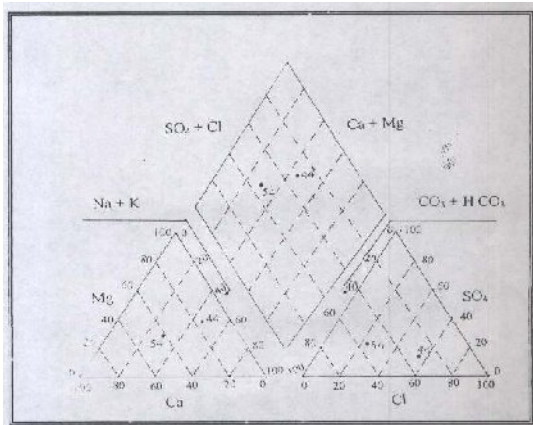
Gambar 3 Peta Kontur Isokonduktivitas Daerah Penelitian

Analisis Penyebab Keasinan Air Tanah

Pada tahap analisis ini, daerah penelitian dibagi menjadi tiga bagian wilayah yakni wilayah Barat, Tengah dan Timur.

Bagian Barat

Sampel yang diambil yaitu titik sumur 44 dan 54 (Gambar 3). Hasil analisis diagram *trilinier piper* ditunjukkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4 Diagram *Trilinier Piper* untuk Wilayah Barat

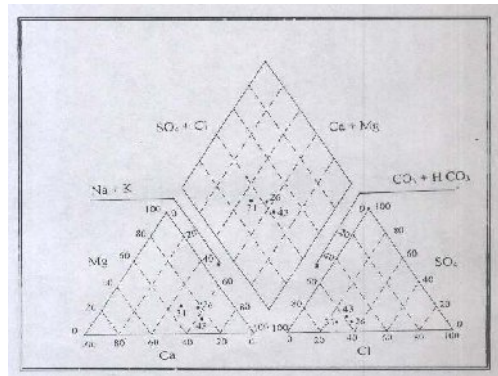
Pada diagram *Trilinier Piper* (Gambar 5), terlihat bahwa kedua titik sumur tersebut berada pada wilayah tengah jajaran genjang yang merupakan daerah percampuran dua macam air dari jenis yang berbeda. Semakin ke utara unsur kimia air tanah mendekati unsur kimia air laut. Pada diagram *Trilinier Piper* digambarkan dengan posisi titik 54 yang berada agak ke kiri jajaran genjang yang merupakan air tawar dan titik 44 yang semakin ke kanan menuju pada air asin. Posisi titik juga semakin menuju ke bagian puncak diagram, yang mengindikasikan bahwa sumur 44 menunjukkan adanya gejala intrusi air laut.

Hal ini juga di perkuat dengan Perbandingan ion Cl terhadap jumlah ion karbonat (HCO_3+CO_3) juga menunjukkan rasio >2 , yang berarti bahwa terjadi pengaruh air laut dengan tingkat sedang.

Bagian Tengah

Sampel yang diambil yaitu titik sumur 43, 31, dan 26 (Gambar 3).

Hasil analisis diagram *trilinier piper* ditampilkan untuk wilayah tengah penelitian ditampilkan pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Diagram *Trilinier Piper* untuk Wilayah Tengah

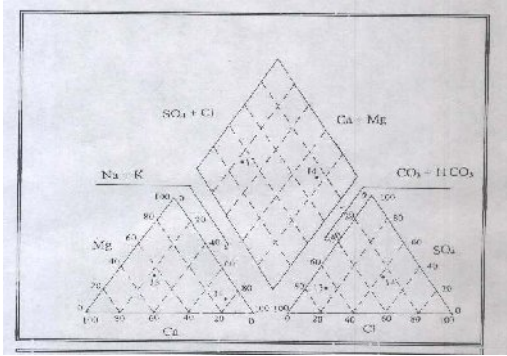
Pada diagram *trilinier piper* (Gambar 5), terlihat bahwa kecenderungan ketiga titik tersebut adalah lebih ke arah kiri jajaran genjang yang menunjukkan bahwa kandungan air tanah lebih mendekati unsur kimia air tawar, sehingga diduga keasinan air tanah pada wilayah ini bukan akibat intrusi air laut. Perbandingan ion khlorida terhadap jumlah ion karbonatnya masing-masing sumur menunjukkan rasio <1 (Tabel 3), yang berarti tidak terjadi penyusupan air laut.

Daerah penelitian menempati endapan alluvium delta Kali Garang yang terdiri atas sisipan-sisipan pasir dan lempung. Untuk itu, kemungkinan keasinan air tanah adalah adanya proses mineralisasi batuan akuifer yang terutama terjadi pada lapisan lempung, akibat adanya proses kompaksi yang menyebabkan butiran garamnya lepas dan masuk ke dalam air tanah. Hal ini diperkuat dengan analisis rasio perbandingan ion khlorida terhadap jumlah karbonatnya yang menunjukkan angka <1 , padahal nilai DHLnya mencapai $>1500 \mu S/cm$, yang berarti terjadi pelarutan mineral garam pada batuan akuifer.

Dengan demikian, keasinan air tanah di wilayah tengah penelitian bukan akibat intrusi air laut.

Bagian Timur

Sampel yang diambil yaitu titik sumur 13 dan 14.



Gambar 6. Diagram *Trilinear Piper* untuk Wilayah timur

Pada diagram *trilinear piper* (Gambar 6), titik 13 dan 14 terletak pada tengah jajaran genjang, yang menunjukkan adanya pencampuran air tawar dan air asin dengan kecenderungannya semakin ke utara (titik 14) letak titik semakin ke kanan jajaran genjang menuju pada unsur kimia air asin. Untuk itu diduga kuat bahwa keasinan air tanah adalah akibat intrusi air laut, mengingat kandungan kloridanya yang juga menunjukkan kenaikan harga semakin ke utara searah dengan aliran air tanahnya.

Hal ini diperkuat juga dengan perbandingan ion klorida terhadap jumlah karbonatnya yang menunjukkan rasio >1 , yang berarti terjadi pengaruh air laut dengan tingkat sedikit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan berikut:

1. Air tanah akuifer dalam di wilayah Semarang Bawah bersifat tawar sampai tawar-payau. Air tanah tawar dijumpai hampir di seluruh wilayah penelitian dengan nilai DHL beragam antara 200-1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mulai dari kecamatan Ngalihan, Tugu, Semarang Barat,

Semarang Selatan, Gajahmungkur, Candisari, Semarang tengah, Semarang Utara, Semarang Timur, sebagian besar Pedurungan, dan Genuk.. Persebaran air tanah tawar-payau dijumpai di dua daerah yang ditunjukkan oleh adanya *closure* (penutupan), yaitu di daerah tengah Pedurungan (Tlogosari) dan di daerah Tugu Muda ke arah Jl. Pemuda, dengan nilai DHL 1500-2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$

2. Keasinan air tanah akuifer dalam di wilayah Semarang Bawah karena faktor intrusi air laut, kecuali di bagian tengah (Pedurungan) Semarang, keasinan air tanah bukan akibat intrusi air laut, tetapi diduga akibat pelarutan mineral garam pada akuifer yang masuk ke dalam air tanah.

Saran

Penelitian tentang intrusi air laut pada akuifer dekat pantai dapat juga dilakukan dengan menggunakan metode geofisika lain misalnya dengan geolistrik, sehingga dapat lebih terpetakan ketebalan lapisan air asinnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya kepada kepada Dinas Pertambangan dan Energi Jawa Tengah atas berbagai data yang diberikan, serta kepada semua pemilik sumurbor yang menjadi objek penelitian ini, atas kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sihwanto, dan M, Room, 2000, "Konservasi Air Tanah Daerah Semarang", Laporan Penelitian, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Bandung
- [2] Arifin, B.M, dan Satrio, H., 1998, "Penyelidikan Potensi Cekungan Air Tanah Semarang, Jawa Tengah", Laporan Penelitian, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung

- [3]Kodoatie,R.J., 1995, “Pengantar Hidrogeologi”, Penerbit Andi Offset , Yogyakarta.
- [4]Linsley, and Ray.K.J, 1989,” Hidrologi untuk Insinyur”, Edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- [5]Todd, 1960, “Groundwater Hydrology”, 3rd, John Willey and Sons, New York.
- [6]Sihwanto, dan Satrio., 1990, “Metode Penentuan Keasinan Air Tanah (Studi Kasus Daerah Dataran Pantai Dumai, Riau)”, Makalah, Pertemuan Ilmiah Tahunan XIX, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Bandung.
- [7]Asdak, C.,1985,“Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai”, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.