

APLIKASI METODE GEOLISTRIK UNTUK MENGIDENTIFIKASI AIR TANAH ASIN DI WILAYAH KEPESISIRAN KECAMATAN REMBANG, KABUPATEN REMBANG

Suci Yolanda
suciyolanda112@gmail.com

Ig. L. Setyawan Purnama
igiwan@ugm.ac.id

Abstract

this research was conducted with the aim to find out the characteristics of the aquifer and the salty soil water distribution in the region of Coastal Zone subdistrict of Rembang, Rembang. The methods used in this research is the geoelectric resistivity injection using Vertical Electrical Sounding (VES) method and the Schlumberger configuration and measurement of DHL. The data results from geoelectric injection is processed with software IP2WIN and Rockwork. The results of this study suggest that the location of the research store groundwater with high salinity inside (brackish-salty) with resistivity score 0 – 25 Ω m. Clay is the predominant material found starting from the soil surface to a depth of 10 meters and resistivity logs in accordance with the correlation between points and prediction is a akuiklud. These types of aquifers that there is the area of research is the aquifer aquifer layers are depressed, above a layer of suppressor (clays). Salty ground water is found only on the northern part near the sea and did not spread to the South.

Keyword : Groundwater, Aquifer, Geoelectric, Schlumberger, Resistivity

Intisari

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik akuifer dan persebaran airtanah asin di Wilayah Kepesisiran Kecamatan Rembang, Kabupaten Rembang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendugaan geolistrik menggunakan metode Vertical Electrical Sounding (VES) dan konfigurasi Schlumberger serta pengukuran DHL. Hasil pendugaan geolistrik ini diolah dengan software IP2WIN dan Rockwork. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lokasi penelitian menyimpan airtanah bersalinitas cukup tinggi (payau-asin) dengan nilai resistivitas 0 – 25 Ω meter. Lempung merupakan material yang dominan ditemukan mulai dari permukaan tanah hingga kedalaman 10 meter sesuai dengan log resistivitas dan korelasi antar titik-titik pendugaan dan merupakan suatu akuiklud. Jenis akuifer yang ada wilayah penelitian adalah akuifer tertekan, lapisan akuifer berada diatas lapisan penekan (lempung). Airtanah asin hanya ditemukan pada bagian Utara dekat dengan laut dan tidak menyebar hingga ke bagian Selatan.

Kata Kunci : Airtanah, Akuifer, Geolistrik, Schlumberger, Resistivitas

PENDAHULUAN

Air merupakan sumberdaya alam yang sangat penting bagi kebutuhan makhluk hidup. Bagi kehidupan manusia khususnya, air merupakan kebutuhan paling utama dalam mempertahankan hidup secara fisik maupun secara non fisik. Keberadaan air di muka bumi sangat terbatas dan tidak tersebar secara merata, keberadaannya di suatu tempat sangat bervariasi menurut waktu baik secara kuantitas maupun kualitas (Suharyadi, 1984).

Airtanah adalah jenis air yang berada di bawah permukaan bumi dan tersimpan di dalam suatu lapisan tanah yang dinamakan *akuifer*. Airtanah paling banyak dimanfaatkan karena memenuhi standar pemenuhan air bersih dan layak pakai.

Wilayah kepepesisiran merupakan wilayah daratan yang meliputi area darat baik yang terendam maupun tidak terendam air laut namun terpengaruh aktivitas laut (marin), serta bagian laut mencakup area laut yang masih terpengaruh oleh proses-proses daratan (Sunarto, 2000). Wilayah kepepesisiran sebagai wilayah transisi darat dan laut memiliki kondisi fisik maupun sosial wilayah yang beragam. Sebagai wilayah pertemuan antara lingkungan darat dan laut ketersediaan jumlah air di wilayah pesisir relatif besar.

Penurunan muka air laut dikarenakan dinamika pesisir yang terjadi pada masa lampau tidak hanya meninggalkan material endapan berupa pasir dan lumpur. Beberapa kemungkinan lain seperti tertinggalnya air laut dan

terjebak di daratan kepepesisiran juga mungkin terjadi. Air laut yang tertinggal di daratan lalu terjebak pada suatu cekungan dan membentuk jebakan air asin disebut *connate water* (Purnama, 2010).

Rembang merupakan salah satu Kabupaten di Indonesia yang berada di Bagian Utara Pulau Jawa. Menurut BNPB (2011) Wilayah pesisir Rembang merupakan salah satu wilayah yang memiliki indeks rawan bencana gelombang tinggi dan abrasi. Permasalahan yang ada di Pesisir Rembang salah satunya diakibatkan karena tingginya aktivitas ekonomi.

Kecamatan Rembang termasuk dalam wilayah pesisir yang memiliki permasalahan terhadap airtanah. Wilayah Kepesisiran Utara Rembang dengan kondisi lingkungan dan pemanfaatannya yang semakin potensial, menyebabkan kebutuhan akan sumberdaya air yang tinggi untuk keperluan penduduk yang bermukim di Wilayah Kepesisiran.

Pemanfaatan dan pengambilan airtanah yang berlebihan dan diperparah dengan adanya alih fungsi lahan yang menyebabkan hilangnya ekosistem mangrove dapat menimbulkan suatu permasalahan. Sehingga hal tersebut dapat mempercepat lajunya intrusi air laut di kawasan pesisir Kecamatan Rembang. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik akuifer dan mengetahui persebaran airtanah asin di Wilayah Kepesisiran Kecamatan Rembang, Kabupaten Rembang.

METODE PENELITIAN

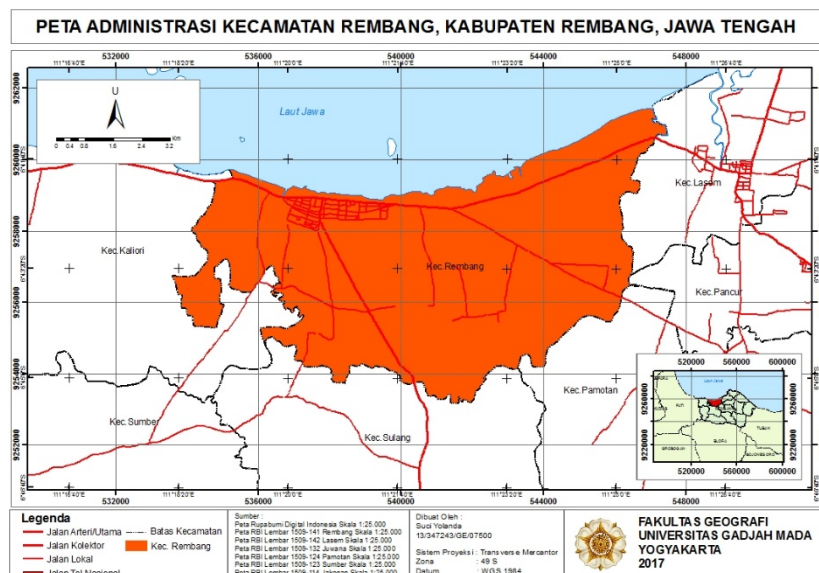
Wilayah kajian penelitian terletak di Kecamatan Rembang, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah memiliki luas 58.81 km². Kecamatan Rembang berbatasan dengan Laut Jawa di sebelah Utara, di sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Kaliori, Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Pancur dan Lasem, dan di sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Sulang dan Pamotan.

Titik sampling yang akan ditetapkan untuk pendugaan geolistrik dibuat dengan merata dan dibagi per luas kecamatan pada wilayah penelitian. Titik-titik tersebut dianggap sudah mewakili kondisi wilayah tiap panjang dan lebar dari kecamatan pada wilayah kajian. Penentuan titik-titik sampling pengambilan sampel air sumur untuk mengetahui kelistrikan atau Daya Hantar Listrik (DHL) air sumur, dilakukan dengan sistem grid dan pengambilan sampel air sumur pada titik sampling yang sama dengan sampling geolistrik.

Pengumpulan Data Geolistrik

Pengumpulan data akuifer dan tahanan jenis material batuan dilakukan dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES). Fungsi dari pendugaan menggunakan metode geolistrik VES adalah untuk memantau kondisi akuifer secara vertikal. Hal ini dikarenakan kemampuan VES untuk pendugaan skala vertikal yang baik. Karena metode ini bertujuan untuk melihat gambaran umum akuifer dan persebaran airtanah asin, maka titik pendugaan geolistrik metode VES ini akan dilakukan di beberapa titik di wilayah penelitian secara merata.

Titik pengukuran pengambilan sampel data resistivitas di wilayah penelitian ditentukan berdasarkan teknik *Purposive Sampling*. Data pendugaan geolistrik yang tercatat dilapangan antara lain besaran nilai *voltage* (V), Arus listrik (I), panjang elektorda arus (AB), panjang elektroda potensial (MN), resistivitas semu (ρ_a), koordinat titik pengukuran dan elevasi titik tengah lintasan geolistrik.



Gambar 1. Peta Adminstrasi Wilayah Kajian

Data-data ini diperlukan untuk pengolahan selanjutnya pada software IP2WIN. Nilai AB dan pa merupakan nilai yang di input pada software IP2Win. Nilai AB ini akan menentukan kedalaman observasi yang dilakukan oleh geolistrik, sementara pa merupakan nilai resistivitas semu yang didapatkan dari perhitungan menggunakan nilai kuat arus (I), beda potensial (AV) dan konstanta (k). Selanjutnya nilai resistivitas (ρ) dihitung otomatis oleh software serta dapat diketahui kedalaman dan ketinggian masing-masing lapisan. Setelah didapatkan nilai resistivitas lapisan batuan selanjutnya melakukan penggabungan data VES dan pembuatan *cross section* (penampang melintang).

Pengumpulan Data DHL

Data DHL dapat menunjukkan keadaan airsumur yang ada di wilayah penelitian yang dapat menjadi perbandingan dengan data tahanan jenis. Berdasarkan nilai DHL, tingkat salinitas airtanah dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori (Santosa dan Adji, 2004). Keempat kategori tersebut : (1) Airtanah tawar dengan nilai DHL $<1.200 \mu\text{mhos/cm}$, (2) Airtanah payau dengan nilai DHL $1.200-2.500 \mu\text{mhos/cm}$, (3) Airtanah asin dengan nilai DHL $2.500-4.500 \mu\text{mhos/cm}$, (4) Airtanah sangat asin dengan nilai DHL $>4.500 \mu\text{mhos/cm}$.

Penentuan titik sampling DHL menggunakan metode *Systematic Random Sampling*. Pengambilan sampel air sumur di dasarkan pada pola grid yang ditentukan. Setiap gris dilakukan pengukuran dengan sampel sumur yang

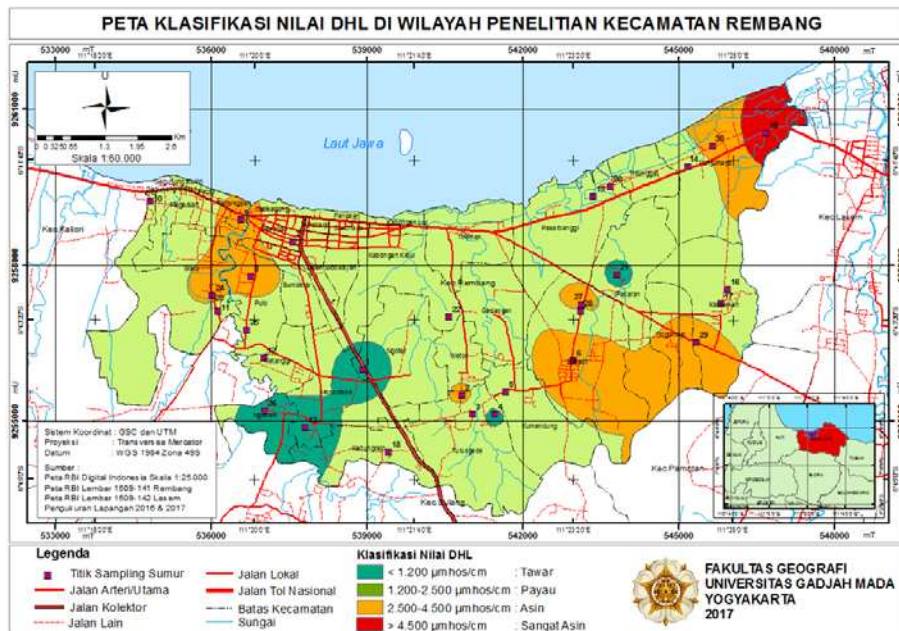
acak dalam satu grid tersebut. Pengambilan data DHL juga dilakukan pada titik *sampling* sounding yang digunakan sebagai pembanding dengan hasil sounding yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persebaran Nilai DHL Airtanah

Sebanyak 32 sumur uji di yang ditemukan untuk pengukuran DHL. Terdapat empat kondisi airtanah sesuai dengan kelas klasifikasi yang digunakan dapat ditemui di lokasi penelitian (**Gambar 3**). Keempat klasifikasi tersebut adalah Airtanah yang tergolong dalam kategori tawar, payau, asin dan sangat asin. Pengukuran nilai DHL dilakukan dengan menggunakan sampel air sumur yang telah ditentukan titik *sampling* sebelumnya. Kondisi wilayah penelitian yang didominasi oleh sawah menjadi kendala dalam menemukan sumur gali untuk uji DHL.

Persebaran airtanah tawar, payau, asin dan sangat asin pada pengukuran pertama dan kedua tidak memiliki pola tertentu dan memiliki klasifikasi yang sangat beragam. Airtanah sangat asin dapat ditemukan pada dua Desa yaitu Desa Kabongan Kindul dan Desa Punjulharjo yang letaknya dibagian utara dekat dengan laut. Namun, pada Desa yang sama dan letaknya tidak berjauhan, terdapat beberapa sumur yang termasuk ke dalam kategori airtanah asin, airtanah payau dan juga airtanah tawar.



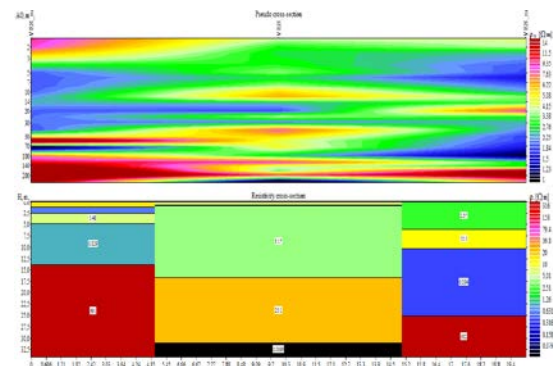
Gambar 2. Peta Klasifikasi Nilai DHL Wilayah Penelitian

Airtanah sangat asin ditemukan pada Desa Punjulharjo Bagian paling Timur dari Kecamatan Rembang. Sebagian besar wilayah Kecamatan Rembang di dominasi oleh airtanah payau yang tersebar secara merata pada semua Desa yang ada di Kecamatan Rembang. Airtanah tawar merupakan klasifikasi airtanah yang paling sedikit di Kecamatan Rembang yang dapat ditemukan hanya pada sebagian kecil sumur di Desa Padaran, Desa Turusgede, Desa Ngadem, Desa Mondoteko, dan Desa Ngotet (Gambar 2).

Sebagian penduduk wilayah Kecamatan Rembang menggunakan air PAM untuk kebutuhan rumah tangga. Hanya sebagian kecil penduduk yang masih memiliki sumur gali dan juga sumur tersebut hanya dimanfaatkan untuk

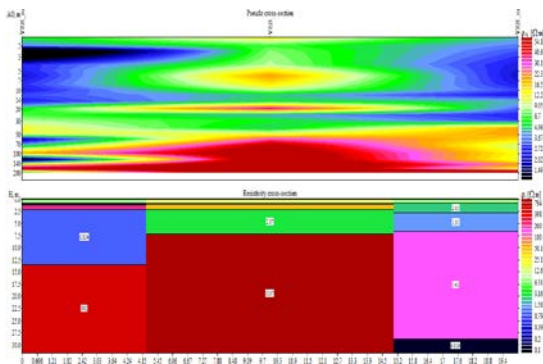
mencuci dan sebagian juga untuk mandi. Terdapat beberapa sumur gali yang di dekat sawah dan lahan kosong dan dimanfaatkan bersama-sama oleh penduduk wilayah tersebut atau di sebut sebagai sumur komunal. Sumur tersebut dialirkan melalui sebuah pipa yang terhubung hingga kerumah rumah penduduk.

Distribusi Vertikal dan Horizontal Airtanah



Gambar 3. Cross Section (U-S1) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik Titik VES1, VES2, dan VES3

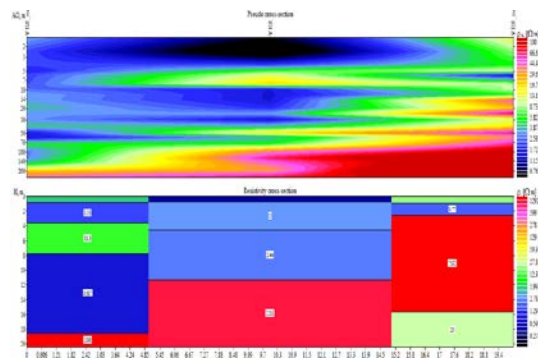
Cross Section U-S1 berasal dari pengolahan dan analisis tiga titik pendugaan geolistrik yaitu VES1, VES2, dan VES3. HA-1 menunjukkan adanya airtanah asin - payau yang dapat ditemukan dari kedalaman lebih dari 1 meter hingga 12 meter dengan nilai resistivitas sebesar 1-25 Ω meter. Gambar 3. juga menunjukkan adanya titik yang memiliki nilai resistivitas yang diklasifikasikan sebagai airtanah yang jenuh airtanah tawar pada kedalaman 15 hingga 32 meter dengan nilai resistivitas lebih dari 25 Ω meter. Terdapat lapisan dengan nilai resistivitas yang cukup rendah kurang dari 1 Ω yang merupakan lapisan jenuh airtanah asin pada kedalaman 5 hingga 12 meter. Pada titik VES1 dengan nilai resistivitas 0.829 Ω meter dan di kedalaman lebih dari 30 meter pada titik VES2 dengan nilai 0.0096 Ω meter, pada titik VES3 airtanah asin diidentifikasi pada kedalaman 12 hingga 25 meter.



Gambar 4. *Cross Section* (U-S2) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik titik VES 6, VES 4, dan VES5

Cross Section U-S2 merupakan hasil olahan dan analisis pendugaan geolistrik titik VES6, VES4 dan VES5 pada Gambar 4. HA-2 menunjukkan adanya kandungan airtanah asin yang ditunjukkan pada kedalaman 2 meter

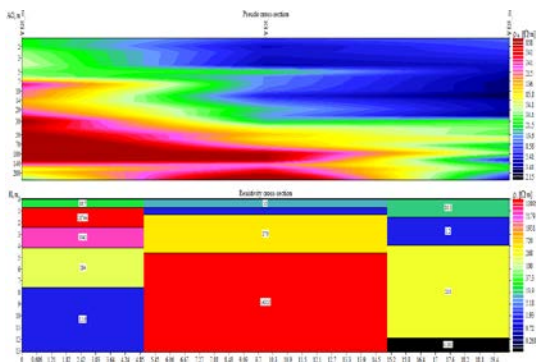
hingga 12 meter dan terletak di sebelah Utara pada titik pendugaan VES6 yang berdekatan dengan laut dengan nilai resistivitas kurang dari 1 Ω meter. Seperti halnya HA-1, HA-2 juga didominasi oleh airtanah asin-payau yang paling dominan namun semakin ke arah selatan, airtanah payau semakin berkurang dan diganti oleh dominasi airtanah tawar kearah Selatan. Lapisan airtanah tawar pada U-S2 ini ditunjukkan pada kedalaman 12 hingga 30 meter yang berada di wilayah Utara dan Selatan dengan nilai resistivitas sebesar 25-250 Ω meter. Batuan dasar diidentifikasi pada kedalaman 7.5 meter hingga 30 meter dengan nilai resistivitas yang cukup tinggi yaitu 5.107 Ω meter yang merupakan lapisan material batuan dasar berupa batu gamping ataupun kerikil sesuai dengan formasi batuan yang ada di wilayah penelitian yang berasal dari batuan masa lampau.



Gambar 5. *Cross Section* (U-S3) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik titik VES 7, VES 8, dan VES9

Bagian Utara pada titik VES7 lebih di dominasi oleh lapisan material lempung marin berselang-seling dengan lanau dan pasir halus yang diindikasikan sebagai lapisan jenuh airtanah payau ditemukan pada kedalaman yang dangkal 1 hingga 8 meter, dibawahnya adalah lapisan yang jenuh

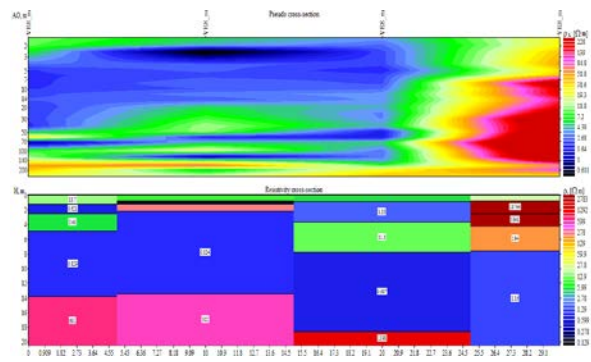
airtanah asin hingga kedalaman 18 meter dengan nilai resistivitas 0.697Ω meter. Airtanah asin di bagian tengah tidak ditemukan tetapi lebih didominasi oleh lapisan jenuh airtanah payau yang dibatasi pada bagian bawah oleh batuan dasar dengan nilai resistivitas yang tinggi sebesar 1.212Ω meter. Berdasarkan pendugaan geolistrik VES9 ditemukan lapisan lempung jenuh yang diindikasikan sebagai lapisan jenuh airtanah asin pada kedalaman 4 hingga 14 meter. (Gambar 5).



Gambar 6. *Cross Section* (U-S4) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik titik VES12, VES11 dan VES10.

Gambar 6. Menunjukkan *Cross Section* U-S4 berdasarkan olahan dan analisa pendugaan geolistrik titik VES12, VES11, dan VES10. Kondisi airtanah pada lokasi ini lebih bervariasi karena terdapat lapisan material yang memiliki nilai resistivitas cukup besar yaitu lebih dari 850Ω meter yang diklasifikasikan sebagai lapisan dengan material berupa batuan lepas-lepas. Airtanah payau didominasi dengan lapisan material berupa lempung yang berselang-seling dengan lanau dan pasir halus serta memiliki nilai resistivitas $1-25 \Omega$ meter ditemukan pada kedalaman yang dangkal yaitu pada kedalaman kurang dari 1 meter hingga 3 meter. Airtanah tawar terdapat mulai dari bagian Utara hingga Selatan yaitu pada

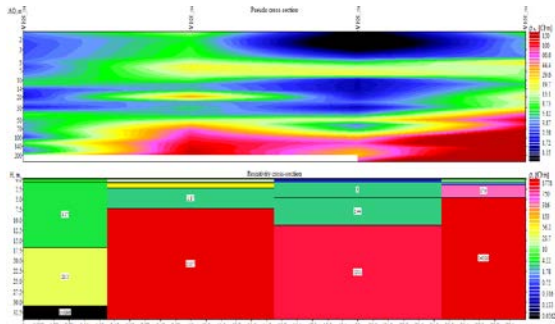
kedalaman lebih dari 4 meter dengan nilai resistivitas $1-25 \Omega$ meter ke arah Selatan pada bagian Tengah ditemukan pada kedalaman 1 hingga 4 meter dan semakin ke arah Selatan airtanah tawar ditemukan semakin dalam hingga kedalaman 12 meter. Pada titik VES12 terdapat material yang memiliki nilai resistivitas cukup tinggi yaitu 18.744Ω meter yang merupakan lapisan material batuan dasar dan menjadi batas lapisan airtanah payau di bagian bawah.



Gambar 7. *Cross Section* (B-T1) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik titik VES1, VES6, VES7 dan VES12.

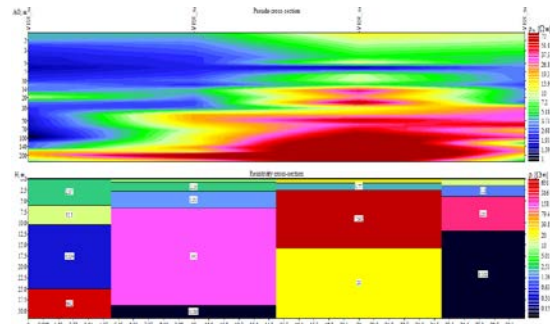
Cross Section (B-T1) pada gambar 7 menunjukkan adanya airtanah asin yang ditemukan pada kedalaman 2 meter semakin ke Timur semakin dalam hingga 18 meter, namun pada titik pendugaan VES12 yang terletak paling timur tidak ditemukan lapisan material batuan yang mengandung airtanah asin. Airtanah payau ditemukan pada kedalaman yang cukup dangkal yaitu dari kedalaman 1 hingga 8 meter di sepanjang Barat hingga ke Timur, namun pada bagian sebelah Timur tidak terdapat lapisan material yang mengandung airtanah payau. Pada bagian Barat hingga ke tengah airtanah tawar ditemukan pada kedalaman lebih dari 14

meter. Sebelah Timur di dominasi airtanah tawar dan batuan dasar dengan nilai resistivitas tinggi lebih banya dikarenakan dekat dengan kaki gunung api Lasem.



Gambar 8. *Cross Section* (B-T2) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik titik VES2, VES4, VES8 dan VES11.

Airtanah asin ditemukan pada bagian Tengah sebelah Barat dengan kedalaman lebih dari 30 meter yang ditunjukkan oleh titik VES2. Airtanah payau menjadi jenis airtanah yang dominan dan ditemukan pada kedalaman 1 hingga 15 meter, namun pada Bagian Timur sebagian airtanah payau ditemukan pada kedalaman yang dangkal kurang dari 2 meter, dibawahnya dibatasi oleh lapisan akuifer mengandung airtanah tawar hingga kedalaman 5 meter. Batuan dasar yang diidentifikasi dengan nilai resistivitas lebih dari 1.000 Ω meter ditemukan pada kedalaman 5 hingga 32 meter. Batuan dasar tersebut dapat berupa kerikil kering, batu pasir atau batu gamping yang dapat menjadi suatu *akuitard*.



Gambar 9. *Cross Section* (B-T3) Berdasarkan Pendugaan Geolistrik titik VES3, VES5, VES9 dan VES10.

Cross Section (B-T3) pada Gambar 9 merupakan pendugaan geolistrik pada titik VES3, VES5, VES9, dan VES10. Airtanah payau dapat ditemukan hingga kedalamn 10 meter dengan lapisan material lempung yang dominan dengan nilai resistivitas 1-25 Ω meter. Airtanah tawar ditemukan pada kedalaman yang bervariasi mulai dari 5 meter dan juga ditemukan hingga kedalaman 25 meter. Titik-titik pendugaan geolistrik yang berada di bagian Selatan ini terletak pada formasi mundu. Akuifer merupakan formasi batuan yang dapat menyimpan dan melalukan air dengan baik. Material akuifer adalah material yang mempunyai ukuran butir dan porositas yang besar sehingga dapat menyimpan dan melalukan air yang masuk ke dalam tanah dengan nilai resistivitas 25-800 Ω meter dan mengandung airtanah tawar.

Analisis secara menyeluruh berdasarkan tujuh *Cross Section* yang dihasilkan menunjukkan airtanah payau-asin menjadi jenis airtanah yang dominan di wilayah penelitian. Lapisan material lempung dan lanau dengan sedikit pasir ini dapat ditemuka dari batas lapisan tanah atas hingga ke bawah mulai pada kedalaman 1 hingga kurang dari 10 meter. Sifat

lempung mampu mengikat dan menjebak airtanah dengan baik menjadikan molekul airtanah beserta mineral dan garam dapat terikat di semua area lempung, termasuk di permukaan.

Pendugaan geolistrik yang telah dilakukan pada Wilayah Kepesisiran Kecamatan Rembang tidak menunjukkan adanya zona *interface*. Penyebab airtanah asin di sebabkan karena adanya intrusi air laut di daerah dekat dengan pantai dan juga disebabkan karena adanya *connate water* atau adanya air yang terjebak dalam lapisan lempung selama proses pembentukan batuan yaitu pada daerah yang lokasinya agak jauh dari pesisir dan pantai. Dataran aluvial di Pesisir Utara Jawa Tengah merupakan dataran aluvial yang terbentuk oleh proses marin. Dalam akuifer pesisir terdapat endapan-endapan lempung marin yang berupa lensa-lensa. Di dalam lensa ini terjebak air *connate* (air fosil) asin sejak formasi ini terbentuk di daerah laut.

Hasil pendugaan geolistrik dan nilai DHL yang telah dilakukan di wilayah penelitian, menunjukkan adanya kesamaan nilai resistivitas dan DHL yang digunakan sebagai acuan karakteristik airtanah. Nilai resistivitas yang rendah menunjukkan adanya airtanah asin pada wilayah bagian Utara memiliki nilai yang sama dengan DHL-nya yang cukup tinggi. Sebagian besar nilai resistivitas menunjukkan kandungan airtanah di wilayah penelitian di dominasi oleh airtanah payau, begitupula dengan nilai DHL yang berkisar antara 1.200-2.500 mmhos/cm.

KESIMPULAN

1. *Akuifer* yang mengandung airtanah tawar di wilayah penelitian sebagian besar ditemukan pada kedalaman lebih dari 15 meter dengan nilai resistivitas 25-850 Ω meter. Jenis akuifer di wilayah penelitian ini adalah *akuifer* tertekan yang pada bagian atasnya dibatasi oleh lapisan yang bersifat *akuiklud* dengan material berupa lempung yang berselang-seling dengan lanau dan pasir halus.
2. Airtanah asin sebagian besar hanya ditemukan pada titik-titik yang berada di bagian Utara dan berdekatan dengan laut. Airtanah asin tidak menyebar hingga ke selatan. Adanya airtanah asin disebabkan oleh formasi batuan dan geologi wilayah kajian berupa lempung, lanau dan bekas aktivitas marin pada masa lampau sehingga adanya jebakan air asin (*connate*).

SARAN

Penelitian ini menunjukkan airtanah di wilayah penelitian secara umum tidak baik digunakan untuk pemenuhan kebutuhan konsumsi. Kualitas airtanah belum memenuhi syarat kualitas baku mutu untuk air minum. Alangkah lebih baik apabila kualitas airtanah tawar di wilayah penelitian ini diteliti lebih mendalam untuk menjamin keamanan penggunaan airtanah oleh penduduk.

Penelitian menggunakan metode geolistrik sangat minim dilakukan di

wilayah penelitian, mengingat cukup banyak permasalahan airtanah yang dapat dikaji dengan menggunakan *sounding* sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pendugaan geolistrik di wilayah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Nasional Penganggulangan Bencana. (2011). *Kajian Risiko Multi Bahaya Wiyah Provinsi Jawa Tengah*. Jakarta: BNPB.

Purnama, S. (2010). *Hidrologi Airtanah*. Yogyakarta : Kanisius.

Suharyadi. (1984). *Geohidrologi*. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Yogyakarta.

Sunarto. (2000). Kausalitas dan Equilibrium Dinamik sebagai Paradigma Pengelolaan Ekosistem Pesisir. *Prosiding Makalah Penunjang dalam Seminar Nasional Pengelolaan Ekosistem Pantai dan Pulau-Pulau Kecil dalam Konteks Negara Kepulauan*, 2 September 2000. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.