SEMINAR NASIONAL II

Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Nomor Tema : 1

PENDUGAAN KEBERADAAN AIRTANAH ASIN DI SEBAGIAN KABUPATEN BANJARNEGARA, JAWA TENGAH

Indra Agus Riyanto ^a, Ahmad Cahyadi ^b

^aindra.agus.r@gmail.com

^bahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

Abstrak

Airtanah merupakan sumberdaya air yang penting bagi kehidupan manusia. Namun demikian, ketersediaan airtanah tidak seluruhnya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Hal ini salah satunya disebabkan karena airtanah memiliki sifat asin. Airtanah asin terbentuk akibat adanya intrusi air laut dan dapat pula terjadi karena memiliki kondisi geologi masa lampau yang terkait dengan laut (jebakan air laut masa lampau). Kabupaten Banjarnegara merupakan salah satu wilayah yang memiliki sebagian wilayah yang kondisi geologi masa lampau dipengaruhi oleh lingkungan laut, meskipun saat ini letaknya berada di tengah Pulau Jawa. Hal ini memungkinkan terbentuknya airtanah asin pada beberapa lokasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi airtanah asin di sebagian Kabupaten Banjarnegara. Pendugaan dilakukan dengan menggunakan geolistrik dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES). Penggunaan VES ditujukan untuk mengetahui stratigrafi secara vertikal, dengan asumsi satu bentuklahan memiliki karakteristik yang sama. Hasil identifikasi data log dari dua titik geolistrik pada formasi Tapak dan Penosogan di Kecamatan Banjarnegara dan Madukara diperoleh resistivitas material yang kecil. Resistivitas pada Kecamatan Madukara pada kedalaman 22 meter sebesar 1,92 ohm.m dan Kecamatan Banjarnegara pada kedalaman 81,7 meter sebesar 0,266 ohm.m. Keterdapat hambatan jenis yang kecil pada hasil data log menunjukkan terdapat jebakan air asin pada dua formasi tersebut.

Keywords: Airtanah Asin, Banjarnegara, Geolistrik, *Vertical Electrical Sounding* (VES)

SEMINAR NASIONAL II

Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Banjarnegara merupakan salah satu Kabupaten di Propinsi Jawa Tengah. Wilayah ini secara geologi pernah berada di perairan laut pada kala Eosen hingga Pleistosen dan memiliki beberapa formasi yang sama (Husein dkk., 2013; Condon dkk., 1996). Proses pengangkatan wilayah ini terus terjadi hingga masa sekarang, sehingga menjadikan wilayah Kabupaten Banjarnegara terbagi menjadi tiga wilayah yaitu Pegunungan Serayu Utara, Pegunungan Serayu Selatan, dan Lembah Serayu (Bemelen, 1949).

Proses geologi masa lampau yang berada pada lautan tentu meninggalkan jejak pada wilayah suatu wilayah (Sutikno, 1994; Santosa, 2004). Salah satu jejak yang dapat diidentifikasi adalah material endapan laut dan jebakan air asin (Santosa, 2010). Sebagian Kabupaten Banjarnegara diketemukan endapan bitumen yang berasosiasi dengan material endapan laut baik berupa gamping terumbu dan batuan serpih (Tjahjono, 2002) dan keterdapatan jebakan minyak pada formasi endapan laut (Kamtono dkk., 2005). Berdasarkan hasil tinggalan proses yang terpengaruh aktivitas marin, maka dapat diketemukan beberapa permasalahan yang dapat mengganggu aktivitas manusia. Salah satunya adalah keterdapatan airtanah asin yang tentu menurunkan variasi peruntukan airtanah (Santosa, 2010). Selain itu, keberadaan airtanah asin dapat menyebabkan terjadinya *cross-contamination* pada airtanah tawar di sekitarnya. Untuk meminimalisasi potensi hal tersebut, maka diperlukan identifikasi secara detail terkait stratigrafi batuan pada formasi yang pernah berada di laut.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu proses analisis letak secara spasial dari airtanah asin adalah dengan menggunakan geolistrik. Metode pendugaan geolistrik dilakukan dengan mengukur resistivitas material batuan dan airtanah. Berdasarkan hasil interpretasi geolistrik dapat diperoleh gambaran secara detail deskripsi kedalaman dan ketebalan lapisan batuan dan airtanah.

Formasi yang dipilih untuk pengukuran geolistrik adalah Endapat Undak dan Formasi Breksi Gunungapi. Kedua formasi tersebut memiliki keunikan bila dilihat secara geologi regional dalam proses pembentukannya (Husein dkk., 2013) khususnya pada formasi yang berada di bawah formasi permukaannya. Hal tersebut juga dapat mengindikasikan keterdapatan jebakan airtanah asin pada lokasi tersebut. Kajian ini penting terkait dengan pengelolaan sumberdaya airtanah di Sebagian Kabupaten Banjarnegara khususnya yang berada di lokasi penelitian, sehingga dapat diminimalisasi pencemaran airtanah asin sebelum dilakukan pengeboran dan penurapan airtanah. Intensifnya penggunaan airtanah pada lokasi kajian menyebabkan perlu diterapkan kebijakan pengelolaan airtanah secara mendetail melalui survei awal dalam menduga potensi dan kualitas airtanah pada lokasi yang terindikasi memiliki jebakan airasin.

METODE

Metode dalam penelitian ini terdiri atas variable penelitian, alat dan bahan, pengambilan data, dan metode analisis. Variable penelitian yang dikaji adalah stratigrafi geologi secara vertikal dan airtanah. Kedua variable tersebut diukur dengan pendugaan geolistrik secara langsung di lapangan. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat alat geolistrik untuk menduga perlapisan batuan dan airtanah, *Global*

SEMILAR NASIONAL II Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Positioning System (GPS) untuk plotting lokasi pengukuran, dan pita ukur untuk mengukur bentangan geolistrik dan penataan elektroda, sedangkan bahan yang digunakan berupa laporan penelitian terdahulu, Peta Geologi lokasi kajian dan Peta Rupa Bumi Lokasi kajian.

Metode pengambilan data dilakukan dengan pendugaan geolistrik. Teknik sampling yang digunakan untuk menentukan lokasi kajian adalah purposive sampling yaitu pada lokasi yang formasi geologinya terbentuk pada lingkungan laut. Peneliti memilih dua lokasi yaitu pada Formasi Endapan Undak dan Batuan Breksi Gunungapi, di mana pada lapisan bawah kedua formasi tersebut secara stratigrafi geologi menurut Condon dkk. (1996) pernah berada pada lingkungan perairan laut. Pemilihan dua formasi tersebut juga dikarenakan lokasi tersebut dekat dengan pusat Perkotaan Banjarnegara yang memiliki jumlah penduduk tertinggi di Kabupaten Banjarnegara (BPS, 2012) dan paling banyak memanfaatkan airtanah sebagai sumber utama kebutuhan air, sehingga kemungkinan dilakukan penurapan airtanah dalam jumlah yang banyak akan cukup tinggi.

Pengambilan data dengan geolistrik dilakukan untuk menduga stratigrafi perlapisan dan airtanah asin menggunakan konfigurasi Schlumberger dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES). Konfigurasi Schlumberger memiliki rangkaian seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.

Gambar 1 . Konfigurasi Geolistrik (Sedana, dkk., 2015)

Metode VES menekankan hubungan antara jarak elektroda dengan kedalaman dugaan resistivitas (Milson, 2003; Kirst, 2009). Semakin dipindah pada jarak yang semakin jauh, maka kedalaman pendugaan yang terukur akan semakin dalam (Telford *et al.*, 1990; Halik dan Joko, 2008). Hasil dari pendugaan geolistrik berupa hambatan jenis/resistivitas yang mengindikasikan karakteristik khas suatu material/batuan (Todd, 1980; Zohdy *et.al.*, 1980). Pendugaan hasil resistivitas geolistrik diolah dan diinterpretasi sesuai dengan besaran resistivitas setelah pengolahan data mentah (*apparent resistivity*) ke dalam *software* pengolah IP2Win.

SEMILAR NASIONAL II

Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Pengolahan data resistivitas dilakukan dengan menggunakan *Software IP2Win*. Penggunaan aplikasi tersebut ditujukan untuk mendapatkan hambatan jenis yang sesuai dari *apparent resistivity* hasil pengukuran lapangan. Hasil pengolahan resistivitas *IP2win* diinterpretasi sesuai dengan nilai hambatan jenis sesuai Tabel 1 dengan mempertimbangkan kondisi geologi lokasi pengukuran berdasarkan pada hasil kajian sebelumnya, peta geologi dan survei lapangan. Hasil interpretasi disajikan dengan membuat data log, sehingga memudahkan dalam mendeskripsikan kedalaman tiap perlapisan/batuan dan keterdapatan airtanah asin.

Tabel 1. Resistivitas dan Konduktivitas pada Beberapa Material

Material	Resistivitas (Ω m)	Material	Resistivitas (Ω m)
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$	Batu napal	$20 - 2 \times 10^3$
Basalt	$10^3 - 10^6$	Batu gamping	$50 - 4 \times 10^2$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	Lempung	1 – 100
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$	Aluvium	10 – 80
Kuarsit	$10^2 - 2 \times 10^8$	Airtanah tawar	10 – 100
Batu pasir	$8 - 4 \times 10^3$	Air laut	0,2

Sumber : Looke (1999, dalam Santosa dan Adji, 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dua lokasi pengukuran geolistrik (Gambar 2) yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan jebakan airtanah asin terletak pada Cekungan Airtanah (CAT) Purwokerto – Purbalingga (Danaryanto dkk., 2010). Lokasi pengamatan pertama terletak pada Formasi Endapan Undak yang tersusun atas material pasir, tuff, konglomerat, batu pasirtufan, dan breksi tufan (Condok, dkk., 1996). Lokasi tersebut terletak pada koordinat 49M, 355635 mT, dan 9184074 mU. Endapan Undak tersebut terbentuk pada kala Plistosen. Lokasi pertama terletak pada morfologi yang datar, sehingga proses pengendapan dominan terjadi baik dari perbukitan di sekitarnya maupun berasal dari Sungai Serayu. Pada lokasi pertama airtanah sangat mudah diperoleh dengan kedalaman rata-rata kurang dari 10 meter dari permukaan tanah dan lokasi tersebut merupakan zona isotropis dengan potensi airtanah tinggi (Sudadi, 1985).

Lokasi kedua terletak pada Formasi Anggota Breksi Formasi Lingung dengan material batuan penyusun terdiri atas breksi gunungapi berbatuan andesit, lava andesit, dan tuf (Condok dkk., 1996). Lokasi kedua terletak pada koordinat 49M, 356085 mT, dan 9179587 mU. Formasi tersebut terbentuk pada kala Pliosen akhir hingga Pleistosen awal. Lokasi tersebut terletak pada morfologi yang berbukit dengan ciri tanah yang tebal. Lokasi tersebut dahulu merupakan bekas Gunungapi masa lampau di Serayu Selatan (Husein, dkk., 2013). Kedalaman airtanah pada lokasi tersebut tergolong sangat dalam lebih dari 15 meter dan potensi airtanahnya rendah karena merupakan zona anisotropis (Sudadi, 1985).

SEMILAR NASIONAL II

Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Gambar 2 . Peta Lokasi Kajian

Hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa titik pengukuran geolistrik pertama memiliki empat nilai resistivitas material yang berbeda. Material pertama dengan resistivitas $29,7 \Omega m$ dengan kedalaman 1,69 meter merupakan tanah timbunan karena lokasinya berada tepat dipinggir jalan. Lapisan kedua dengan resistivitas lebih rendah $6,76 \Omega m$ merupakan lapisan tanah asli dengan tekstur debu. Hal ini nampak dari hasil uji laboratorium yang menunjukkan persentase pasir 8%, debu 90%, dan liat 2%. Lapisan ketiga memiliki nilai resistivitas $27,9 \Omega m$ yang merupakan lapisan aluvium dengan material pasir dan kerikil dengan potensi airtanah tinggi. Lapisan ketiga terletak pada kedalaman 2 – 12 meter. Hasil pendugaan geolistrik pada lapisan ketiga divalidasi dengan data pengukuran sumur di lokasi kajian. Kedalaman muka airtanah rata-rata 10 meter, sehingga pendugaan geolistrik tepat, serta untuk material alluvium dan sisipan kerikil dapat diamati dari dinding sumur (Gambar 4). Lapisan keempat memiliki hambatan jenis $1.565 \Omega m$ yang merupakan batuan beku khususnya breksi andesit dan konglomerat. Hal tersebut dapat di validasi dengan singkapan yang terdapat di lokasi kajian. Lapisan keempat terdapat pada kedalaman 12- 22 meter. Lapisan kelima memiliki resistivitas yang menurun secara signifikan menjadi $1,92 \Omega m$. Lapisan kelima mengindikasikan keterdapatannya formasi yang memiliki jebakan airtanah asin. Hal tersebut di validasi dengan penampang geologi dari peta geologi yang menunjukkan bahwa pada lapisan dasar material tersebut merupakan lapisan tuf yang mengandung sisa tumbuhan, hewan dan endapan sedimen laut. Kedalaman lapisan yang mengandung potensi jebakan airtanah asin berada pada kedalaman lebih dari 22 meter dari permukaan tanah.

Pengelolaan yang dapat dilakukan adalah dengan membuat aturan tidak membuat sumur bor dengan kedalaman lebih dari 22 meter, sehingga tidak diperoleh airtanah asin. Kondisi pengamatan dan pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa kedalaman sumur

SEMINAR NASIONAL II Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

warga hingga dasar rata-rata kurang dari 20 meter dengan ketinggian muka airtanah seragam < 10 meter.

Analisis Pendugaan Geolistrik Titik 1

Gambar 3 . Statigrafi Geolistrik Titik 1 (Hasil, Olah 2016)

Gambar 4 .Kenampakan Material Sumur

SEMILAR NASIONAL II Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Titik pengukuran geolistrik kedua memiliki tiga nilai resistivitas yang berbeda (Gambar 5). Lapisan pertama memiliki resistivitas dengan rentang 100 Ωm – 150 Ωm dari hasil pendugaan lapisan tersebut merupakan lapukan batuan andesit yang menjadi tanah dengan tekstur lempung dengan persentase pasir 9%, debu 18%, dan liat 73%. Lapisan tersebut memiliki ketebalan 30 meter. Lapisan tersebut divalidasi dengan pengamatan lapangan yang menemukan singkapan tebing yang menunjukkan ketebalan tanah lebih dari 10 meter pada lokasi kajian. Pendugaan keterdapatn lapukan batuan andesit diperoleh dari hasil penemuan singkapan batuan andesit di lokasi kajian (Gambar 6). Lapisan tersebut dapat menjadi media penyimpan airtanah meskipun lokasi tersebut merupakan zona anisotropis.

Lapisan kedua memiliki nilai resistivitas yang mulai menurun dari 122 Ωm menjadi 17,7 Ωm . Hal tersebut mengindikasikan terdapat beberapa material batuan andesit yang belum lapuk keseluruhan menjadi tanah, sehingga penamaan perlapisan kedua menjadi material lapukan batuan andesit Formasi Lingung dengan ciri nilai resistivitas yang semakin menurun. Lapisan ketiga merupakan lapisan yang mengindikasikan keterdapatn formasi yang memiliki jebakan airtanah asin. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai resistivitas 0,266 Ωm .

Analisis Pendugaan Geolistrik Titik 2

Gambar 5 . Statigrafi Geolistrik Titik 2 (Hasil, Olah 2016)

SEMINAR NASIONAL II Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Gambar 6 .Kenampakan Singkapan Batuan Andesit (kiri) dan Lapukan Batuan Andesit (Kanan)

Lapisan ketiga tersebut merupakan Batu Lempung Endapan Laut Dalam Formasi Penosogan. Lapisan tersebut terdapat pada kedalaman 81,7 meter. Pengelolaan yang dapat dilakukan adalah tidak melakukan pengeboran airtanah dalam dengan kedalaman lebih dari 80 meter. Hasil pengamatan dan pengukuran di lapangan tidak diketemukan sumur karena airtanah pada lokasi tersebut sangat dalam dan lokasi tersebut terletak pada wilayah perbukitan. Sumberdaya air yang digunakan warga berasal dari mata air. Lokasi ini memiliki kemungkinan sangat kecil untuk terjadi pencemaran oleh air asin kedalam sistem airtanah tawar karena kedalaman jebakan sangat dalam dan tidak diketemukan pengeboran airtanah dengan kedalaman lebih dari 80 meter.

KESIMPULAN

Jebakan airtanah asin terdapat pada dua titik pendugaan geolistrik khususnya pada formasi Endapan Undak dan Anggota Breksi Formasi Lingung yang memiliki nilai resistivitas airtanah asin. Keterdapatannya formasi yang pernah terendapkan pada lautan menyebabkan jebakan air asin pada lokasi tersebut, meskipun pada formasi batuan permukaan yang menyusun tidak terpengaruh aktivitas laut. Pengelolaan yang dapat dilakukan adalah tidak melakukan pengeboran airtanah melebihi kedalaman formasi yang memiliki jebakan airasin. Keterdapatannya airtanah asi pada Formasi Endapan Undak terdapat pada kedalaman 22 meter, sedangkan keterdapatannya airtanah asin pada Anggota Breksi Formasi Lingung lebih dari 80 meter.

UCAPAN TERIMAKASIH (*Acknowledgement*)

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Dr. M. Widyastuti, M.T. dan Dr. Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc.Tech. selaku pembimbing dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih selanjutnya ditujukan kepada Ahmad Priyo Sambodo, Yoesep Budianto, M. Geyn Noveberian, Rizal Faozi Malik, Aris, Brian Kanardi, Nanang Ahmad Fauzi, Riky Ramadhan Putra dan Dwiki Apriliana yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan.

SEMINAR NASIONAL II

Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

REFERENSI

- Bemmelen, R.W.V. 1949. *The Geology of Indonesia Vol IA*. The Hague : Government Printing Office.
- BPS. 2012. *Banjarnegara Dalam Angka*. Banjarnegara : BPS.
- Condon, W.H.; Pardyanto, I.; Ketner, K.B.; Amin, T.C.; Gafoer, S. dan Samodra, H. 1996. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Danaryanto; Kodoatie, R.J.; Hadipurwo, S., dan Sangkawati, S. 2010. *Manajemen Airtanah Berbasis Cekungan Air Tanah*. Jakarta : Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Halik, G. dan Jojok, W.S. 2008. Pendugaan Potensi Airtanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kampus Tegal Boto Universitas Jember. *Jurnal Media Teknik Sipil*, hal : 109 – 114.
- Husein, S., Jyalita, J., dan Nursecha, M.A.Q. 2013. Kendali Statigrafi dan Struktur Gravitasi Pada Rembesan Hidrokarbon Sijunggung, Cekungan Serayu Utara. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Teknik Geologi UGM*, Vol. 6, hal : 474 – 489.
- Kamtono; Praptisih, dan Siregar, M.S. 2005. Studi Potensi Batuan Induk Pada Sub Cekungan Banyumas Dan Serayu Utara. *Jurnal Geoogi dan Pertambangan*, Vol. 15, No. 1, hal : 1 – 12.
- Kirsch, R. 2009. *Groundwater Geophysics Second Edition*. Berlin : Springer.
- Milson, J. 2003. *Field Geophysics: The Geological Field Guide Series 3rd Edition*. West Sussex: Jhon Willey and Sons Inc.
- Santosa, L.W. dan Adji, T.N. 2014. *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Santosa, L.W. 2004. Studi Akuifer Pada Bentanglahan Kepesisiran Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 18, No. 2, hal: 117-133.
- Santosa, W.S. 2010. Pengaruh Genesis Bentuklahan Terhadap Hidrostatigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia dalam Evolusi Airtanah Bebas. *Disertasi*. Yogyakarta : Program Pasca Sarjana Fakultas Geografi UGM.
- Sedana, D.; As'ari. dan Adey, T. 2015. Pemetaan Akuifer Air Tanah di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal Ilmiah Sains*, Vol. 15, No. 2, hal : 33 – 37.
- Sudadi, P. 1985. *Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar Pekalongan Jawa*. Bandung : Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Sutikno. 1994. Pendekatan Geomorfologi Untuk Kajian Airtanah Dangkal Di Perbukitan Dome Sangiran, Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, 10-13, hal. 1-13.
- Telford, W.M.; Geldart, L.P. dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York: Jhon Willey and Sons Inc.
- Zohdy, A.A.R.; Eaton, G.P. dan Mabey, D.R. 1980. *Application of Geophysics to Groundwater Investigation*. Washington: United States Department of Interior.
- Tjahjono, E. 2002. Inventarisasi Bitumen Padat Daerah Banjarnegara, Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. *Koloikum Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*, No. 30, hal : 1 – 10.