

PREDIKSI KEBERADAAN AIR TANAH SECARA GEOLISTRIK PADA AREAL SAWAH TADAH HUJAN DI KABUPATEN SIMEULUE

(Prediction of Groundwater Existence in the Rainwater Rice Field with Geoelectric in Simeulue Regency)

Mahfuddin¹, Mustaqimah¹, Muhammad Yasar*¹

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: yasar@unsyiah.ac.id

Abstrak. Sawah tadah hujan merupakan sawah yang sepenuhnya mengandalkan air hujan yang jatuh pada areal sawah sebagai pengatur kebutuhan air, akibatnya sawah tadah hujan sering mengalami kekeringan. Oleh karena itu dimanfaatkan air tanah sebagai sumber irigasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi air tanah berdasarkan resistivitas batuan dibawah permukaan sebagai potensi air irigasi dalam menunjang ketahanan pangan. Pendugaan potensi air tanah dilakukan dengan menggunakan alat ARES konfigurasi *wenner-schlumberger*. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menggunakan program *Res2Dinv* untuk mendapatkan gambar penampang dua dimensi. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pencitraan resistivitas pada lintasan Situbuk adalah 5 meter sampai 86 meter dan hasil nilai resistivitas 2.54 Ωm sampai dengan 93,8 Ωm dengan RMS error 44,2% yang terdiri dari susunan pasir dan lempung. Potensi air tanah diduga berada pada kedalaman antara 18 – 80 m dengan nilai resistivitas 2,54 – 10 Ωm .

Kata kunci: Sawah Tadah Hujan, Geolistrik, Air Tanah

Abstract. Rainwater rice field is fully rely on rainwater that falls on the acreage of rice fields as a regulator of water needs, as result of rice field rainwater often drought. Therefore utilized groundwater as a source of irrigation water. The purpose of this study was to identify potential groundwater based on rock resistivity as irrigation water to support food security. Groundwater potential prediction is using ARES with Wenner-Schlumberger configuration. Processed data obtained by using *Res2Dinv* program to obtain image of 2 dimensional cross section. The result of this research show that resistivity imaging on the path Situbuk is 5-86 meters and resistivity values yield 2.54 Ωm -93,8 Ωm with RMS error 44,2% consisting of the arrangement of sand and clay. The potential groundwater alleged at a depth 18-80 meters with 2,54 – 10 Ωm resistivity value.

Keyword: Rainwater Rice field, Geoelectric, Groundwater

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Simeulue merupakan gugus kepulauan yang terdiri 147 pulau besar dan kecil (BPS, 2016). Kabupaten Simeulue masih sangat mengandalkan sumber perekonomian dari pertanian, kehutanan, dan perikanan dengan kontribusi terhadap PDRB mencapai 36,34 %. Kabupaten Simeulue memiliki sawah tadah hujan seluas 10.529 Ha dan sawah irigasi seluas 398 Ha (BPS, 2016). Akan tetapi pada sawah tadah hujan, jika dilihat dari segi produktivitas hasil yang diberikan belum memuaskan bagi para petani. Penyebabnya adalah kebutuhan dan pengaturan air pada sawah tadah hujan sepenuhnya tergantung dari air hujan yang jatuh ke areal persawahan. Sawah tadah hujan umumnya sering mengalami kekeringan. Oleh karena itu untuk mengatasi terjadinya kekeringan maka dimanfaatkan air tanah sebagai sumber irigasi.

Air tanah merupakan sumber air yang penting saat sumber air permukaan sudah terbatas ketersediaanya atau tidak ada sama sekali untuk memenuhi kebutuhan irigasi. Dibandingkan dengan irigasi dari air permukaan, air tanah merupakan sumber yang lebih terjamin

ketersediaannya dan lebih tahan terhadap bencana kekeringan. Air tanah juga relatif tahan terhadap polusi dibandingkan dengan air permukaan. Meskipun air tanah tidak dapat secara langsung diamati melalui permukaan bumi, pengamatan permukaan tanah merupakan pengamatan awal yang cukup penting. Salah satunya dengan pendugaan secara geolistrik.

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang didasarkan pada penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebumihan. Penyelidikan geolistrik dilakukan atas dasar sifat fisika batuan terhadap arus listrik, karena setiap jenis batuan akan memberikan tahanan jenis yang berbeda pula. Dengan memanfaatkan sifat ini lapisan akuifer yang mengandung air tanah dapat diduga berdasarkan nilai resistivitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan air tanah berdasarkan resistivitas batuan di bawah permukaan sebagai potensi air irigasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Desa Situbuk, Kecamatan Teupah Tengah, Kabupaten Simeulue dan Laboratorium Geofisika Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Penelitian berlangsung pada bulan November 2017 sampai bulan Januari 2018.

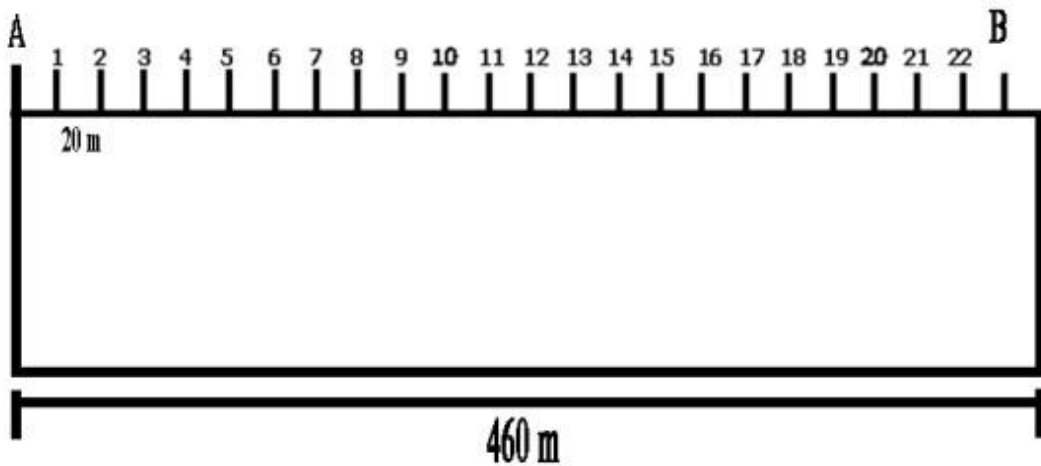
MATERI DAN METODE

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *ARES-Automatic Resistivity Meter*, elektroda, kabel penghubung, *GPS (Global Positioning System)*, palu dan laptop yang dilengkapi dengan *software Microsoft Office Excel 2010*, *notepad* dan *Res2Dinv*. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah peta geologi.

Prosedur Penelitian

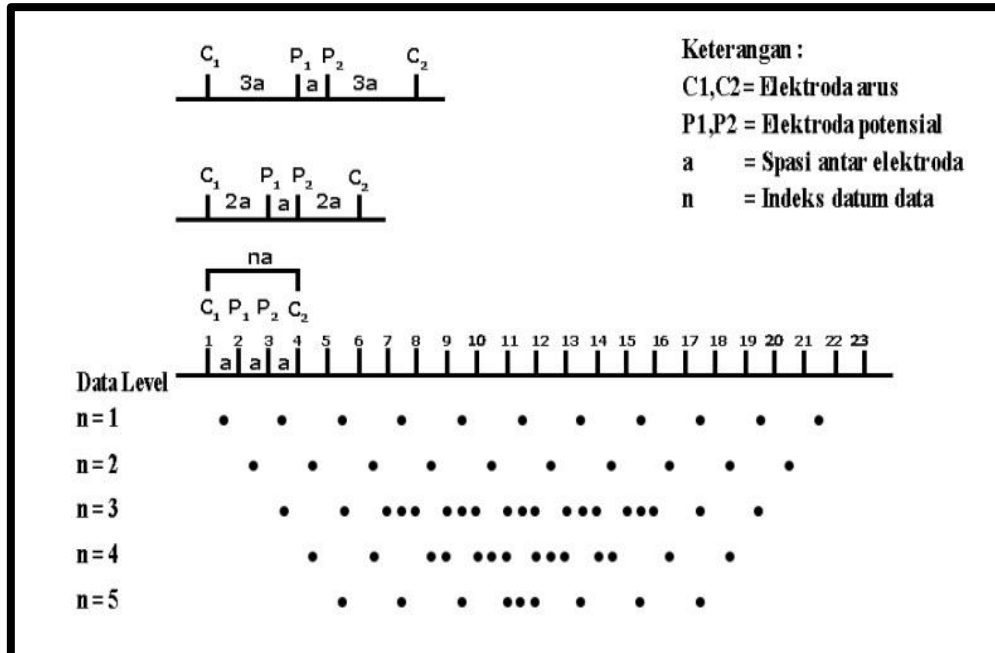
1. Tahap pengambilan data

- a. Ditentukan lintasan pengambilan data dan sekaligus menentukan posisi daerah survey dengan menggunakan GPS.
- b. Dilakukan pengukuran panjang lintasan, yaitu 460 meter dengan jumlah patok adalah 23 buah dan jarak antara patok adalah 20 meter.



Gambar 1. Panjang Lintasan Pengukuran dan Spasi Lintasan Pengukuran.

- c. Pengambilan data menggunakan Geolistrik dengan alat ARES konfigurasi *Wenner-Schlumberger* pada lintasan yang sudah ditentukan. Kemudian diinjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui kabel konektor penghubung dan elektroda dengan kedalaman 30 cm, kemudian ARES akan menampilkan arus listrik (I), beda potensial (V), dan tahanan jenis semu (ρ_a). Total pengambilan data dilakukan sebanyak 63 kali berdasarkan tabel *resistivity sounding*.



Gambar 2. Skema Perpindahan Elektroda Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

2. Tahap pengolahan data

Data lapangan yang diperoleh berdasarkan pengukuran dimasukkan kedalam *Microsoft Office Excel* 2010 untuk menghitung nilai titik tengah data (x), spasi (a), dan indeks datum data (n) yang kemudian data tersebut dimasukkan kedalam *notepad* dan disimpan dengan nama file tertentu yang nantinya akan dipanggil pada program *Res2Din* (sesuai aturan *software Res2Dinv*) sampai didapatkan gambar penampang resistivitas 2D yang menghasilkan nilai resistivitas dan kedalaman untuk setiap lapisan. Kemudian diinterpretasikan Nilai resistivitas yang diperoleh sesuai dengan referensi.

Analisa Data

Pada tahap ini data lapangan geolistrik metode *Wenner-Schlumberger* diolah dan didapatkan nilai R , K dan ρ_a dengan rumus sebagai berikut:

- a. Menghitung hambatan jenis (R)

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Keterangan :

R = Hambatan jenis (ohm)

ΔV = Beda potensial (mV)

I = Arus listrik (mA)

- b. Menghitung faktor geometrik (K)

$$K = \pi \times n(n + 1) \times a$$

Keterangan :

K = Faktor geometrik (m)

$\pi = 3.14$

n = index datum data

a = spasi antar elektroda (m)

- c. Menghitung tahanan jenis semu (ρ_a)

$$\rho_a = K \times R$$

Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan komputer menggunakan software *Res2Dinv* sehingga diperoleh model penampang 2-D. Dimana *software* ini merupakan program yang dibuat untuk menghitung serta menggambarkan nilai resistivitas dari hasil perhitungan di lapangan. Dengan memasukkan data yang ada yaitu nilai arus dan beda potensial maka langsung bisa dilihat nilai resistivitasnya, dimana nilai tahanan jenis dibedakan berdasarkan warna untuk melihat nilai resistivitas pada setiap lapisan. Sehingga dari perbedaan nilai resistivitas ini dapat dilihat pada kedalaman berapa adanya potensi air tanah yang cukup potensial untuk selanjutnya dilakukan pemboran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Sinabang – Sumatera skala 1 : 250.000, Pulau Simeulue termasuk di deretan kepulauan busur luar. Struktur geologinya mencerminkan suatu kompleks; tumbukan antara Lempeng India-Australia dan Eurasia yang terjadi pada Oligo-Miosen, dengan struktur-struktur lipatan, kekar dan perdaunan berkembang baik. Dua pola arah sesar yang utama adalah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara.

Adapun urutan dan macam batuan penyusun masing-masing formasi dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Stratigrafi Wilayah Kabupaten Simeulue

Formasi Batuan	Kode	Macam Batuan
Aluvium	Q _a	Lumpur, pasir, lempung, kerikil, dan kerakal
Endapan Rawa	Q _s	Perlapisan tipis lempung, lumpur dan pasir, lunak hingga sangat lunak, mengandung sisa tumbuhan
Endapan Danau	Q _l	Lempung, lanau dan pasir halus
Batu Gamping Terumbu	Q _{ps}	Himpunan batu gamping koral, kalkarenit dan kalsilutit, masif
Formasi Dihit	T _{mpd}	Arenit berlapis dengan sisipan batu lanau dan batu lempung yang berkembang baik di bagian bawah formasi
Formasi Layabaung	T _{ml}	Batu pasir tufan, tuf dan batu lempung tufan, berlapis tipis hingga tebal dan masif
Formasi Sigulai	T _{ms}	Napal dan batu pasir kuarsa yang berlapis tipis hingga sedang
Anggota Lasikin, Formasi Sigulai	T _{mls}	Kepingan batuan lewat basa, gabro, basal, kuarsa susu dan rijang dan juga batu pasir berbutir halus

Formasi Sibigo	T _{msb}	Batu gamping koral, kalkarenit dan kalsirudit
Bancuh Kuala Makmur	Tom(G)	Batuan basal, gabro, sedimen malih, filit, batu sabak dan rijang

Sumber: Peta Geologi Lembar Sinabang (1994)

Geologi di Desa Situbuk Kecamatan Teupah Tengah Kabupaten Simeulue berdasarkan peta Geologi Lembar Sinabang (Endharto dan Sukido, 1994) menunjukkan bahwa lokasi penelitian adalah Aluvium, yaitu yang terdiri dari lumpur, pasir, lempung, kerikil, dan kerakal. Lumpur, pasir dan lempung biasanya berlapis tipis. Umumnya belum kompak atau lunak sampai sangat lunak, dijumpai sebagai endapan sungai dan pantai. Kondisi geologi pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 3. Peta geologi daerah penelitian (Endharto dan Sukido, 1994)

Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger

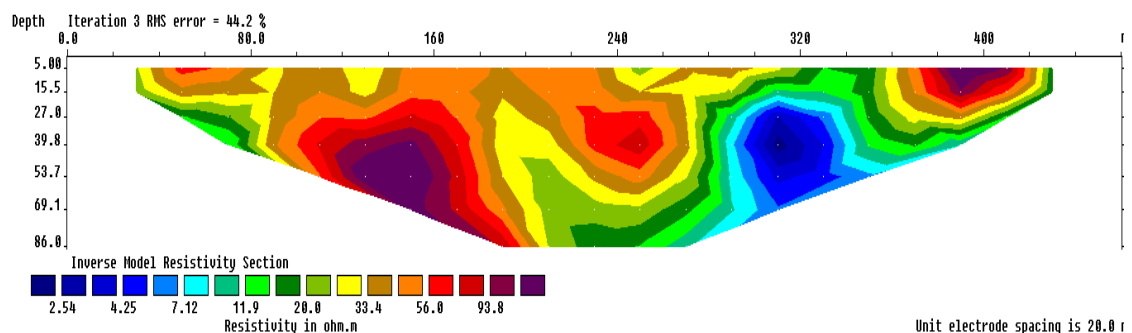
Pengukuran tahanan jenis di lokasi penelitian merupakan pengukuran tahanan jenis semu. Data tahanan jenis semu tersebut diolah dengan metode konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Pada penelitian ini teknik pengukuran geolistrik dilakukan secara *sounding*. Metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari dan mendapatkan informasi tentang kedalaman/ketebalan lapisan batuan di bawah permukaan bumi dari harga resistivitasnya secara vertikal. Data tahanan jenis semu yang telah diperoleh berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

Data *sounding* diambil sebanyak 1 titik dengan panjang lintasan 460 meter. Total pengambilan data dilakukan sebanyak 63 kali berdasarkan tabel *resistivity sounding*. Selanjutnya resistivitas semu yang diperoleh bervariasi, diduga dikarenakan tahanan jenis setiap batuan dibawah permukaan berbeda-beda. Batuan dan mineral adalah penghantar yang buruk dan penghambat yang baik dengan nilai resistivitas yang besar. Besar nilai resistivitas ini dipengaruhi oleh porositas dan jumlah air yang diserap pori-pori batuan. Hal ini didukung dengan pernyataan Telford (1990) bahwa batuan dan mineral di bumi memiliki karakteristik fisika yang bervariasi, dari sifat porositas, permeabilitas, kandungan fluida dan ion-ion di dalam pori-porinya, sehingga materi bumi memiliki variasi harga resistivitas. Dengan kata lain, jika jenis batuan berongga maka nilai resistivitasnya akan lebih besar, sebaliknya jika jenis batuan lebih rapat maka resistivitasnya akan lebih kecil.

Interpretasi Data

Metode geolistrik resistivitas digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai kandungan bawah permukaan bumi. Data resistivitas yang didapat berupa arus (I) dan beda tegangan yang timbul (V), kemudian dari data tersebut akan diketahui nilai tahanan jenis (ρ) serta jarak antar spasi yang menunjukkan nilai faktor geometri (K). Selanjutnya pada prediksi potensi air tanah digunakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger* lalu data akan diolah dengan menggunakan *Software Res2Dinv* untuk mendapatkan tampilan 2 dimensi kontur resistivitas dari struktur lapisan tanah bawah permukaan.

Setelah dilakukan pengambilan data di lapangan maka akan muncul hasil data tentang resistivitas dari tiap titik, kemudian data tersebut dikalikan dengan faktor geometri (konfigurasi *Wenner-Schlumberger*) untuk mendapatkan nilai resistivitas semu yang akan digunakan dalam membuat kontur dengan menghubungkan tiap-tiap nilai resistivitas semu tersebut. Dalam tahapan pengolahan data ini dilakukan dengan komputer menggunakan *Software Res2Dinv*, *software* ini mengolah data yang diperoleh dari lapangan dan menampilkannya dalam bentuk penampang 2 dimensi, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Penampang resistivitas setelah dilakukan inversi yang menyatakan nilai resistivitas sebenarnya.

Resistivitas semu yang diperoleh bervariasi, hal itu disebabkan tahanan jenis setiap batuan dibawah permukaan berbeda-beda. Jika jenis batuan berongga maka nilai resistivitasnya akan lebih besar, sebaliknya jika jenis batuan lebih rapat maka resistivitasnya akan lebih kecil. Menurut Rambe (2014), hal semacam itu disebabkan sifat dari kerapatan jenis material tersebut, sehingga jika semakin rapat maka arus akan semakin mudah mengalir dibandingkan jika material tersebut berongga. Resistivitas terhadap kedalaman tidak dapat langsung diperoleh, karena masih tergantung dari jenis batuan yang dikandungnya. Pada umumnya semakin dalam permukaan bumi maka semakin rapat juga jenis batuan yang ditemui, maka akan semakin kecil pula resistivitas yang diperoleh.

Secara teori reinterpretasi data-data geolistrik pada setiap batuan memiliki daya hantar listrik dan nilai tahanan jenis yang berbeda-beda. Akan tetapi tidak menutup kemungkinan batuan yang berbeda bisa memiliki tahanan jenis yang sama. Hal semacam ini dapat terjadi karena adanya faktor-faktor yang mempengaruhinya antara lain adalah komposisi litologi, keadaan batuan, adanya kandungan lain, komposisi mineral yang dikandung dan faktor eksternal lainnya (Rambe, 2014).

Dari hasil yang diperlihatkan pada pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa nilai resistivitas akan berubah jika arus yang dialirkan melewati mineral yang tidak sama. Hal ini

disebabkan adanya peristiwa penyerapan dan pemantulan arus oleh material yang melewatinya.

Hasil inversi menunjukkan nilai resistivitas sebenarnya yang berbeda dengan resistivitas semu hasil perhitungan. Model yang diperoleh melalui proses inversi akan selalu memiliki nilai *Root Mean Squared error (RMSE)*. Nilai RMSE berperan untuk memperlihatkan tingkat perbedaan dan pengukuran nilai resistivitas semu terhadap nilai resistivitas yang sebenarnya. Besar kecilnya nilai RMSE dipengaruhi oleh bentuk dan struktur bumi tempat elektroda dibentang misalnya keberadaan gua di dalam tanah atau banyak akar pepohonan yang berada tepat dibawah bentangan (Loke, 1999).

Berdasarkan gambar 2 kedalaman hasil pencitraan resistivitas pada lintasan Situbuk adalah 5 meter sampai 86 meter dan hasil nilai resistivitas sekitar 2,54 Ωm sampai dengan 93,8 Ωm dengan *RMS error* 44,2%. Nilai resistivitas 2,54 – 10 Ωm menunjukkan indeks warna biru yang terdapat pada lintasan antara 280 – 340 m dengan kedalaman antara 18 – 80 m pada lapisan ini terdiri dari susunan pasir dan lempung, diduga pada lapisan ini terdapat aquifer. Hal ini didukung dengan penelitian sebelumnya (Aisyah, dkk, 2017) bahwa indeks warna yang cenderung biru terdapat zona jenuh air atau zona tersaturasi air didalamnya.

Nilai resistivitas 11,9 – 20,0 Ωm menunjukkan indeks warna hijau yang terdapat pada lintasan antara 200 – 430 dengan kedalaman 5 – 86 m dan terdapat juga pada lintasan 30 – 80 dengan kedalaman 10 – 40 m pada lapisan ini terdiri dari susunan pasir dan lempung, diduga pada lapisan ini masih ada potensi lapisan aquifer.

Nilai resistivitas 33,4 – 56 Ωm menunjukkan indeks warna kuning hingga jingga yang terdapat pada lintasan antara 30 – 300 m dengan kedalaman 5 – 86 m pada lapisan ini terdiri dari susunan pasir lempung, diduga terdapat aquifer. Hal ini didukung dengan hasil penelitian sebelumnya (Sitorus, 2016) mengatakan bahwa nilai resistivitas 33,9 – 61,4 pada kedalaman 1,25 meter- 2 meter tersusun oleh pasir lempung yang tersaturasi air.

Nilai resistivitas 93,8 Ωm menunjukkan indeks warna merah hingga ungu yang terdapat pada lintasan antara 120 – 170 m dengan kedalaman 33,4 – 83 m, pada lapisan ini jenis material yang mengisi cenderung sama dengan lapisan lainnya, yaitu terdiri dari susunan pasir dan lempung, akan tetapi jika dilihat dari nilai resistivitas yang tinggi maka diduga adanya rongga-rongga lebih besar yang terisi oleh udara.

Kebanyakan batuan dan material adalah penghantar yang buruk dan penghambat yang baik dengan nilai resistivitas yang besar. Besarnya nilai resistivitas dipengaruhi oleh porositas dan jumlah air yang diserap pori-pori batuan. Batuan yang pori-porinya mengandung air, hambatan jenisnya lebih rendah dibandingkan dengan batuan yang kering. Hasil dari interpretasi data di Desa Situbuk potensi air tanah diduga berada pada kedalaman antara 18 – 80 m dengan nilai resistivitas 2,54 – 10 Ωm .

Hubungan Air Tanah dengan Sawah Tadah Hujan

Pemanfaatan air tanah untuk kebutuhan sawah tadah hujan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sebagai suplai pada saat kekurangan air dan sebagai sumber utama. Pada umumnya pemanfaatan air sebagai suplai dilakukan di musim hujan dan musim kemarau

pertama pada saat terjadi kekurangan air, baik di lahan pertanian tadah hujan maupun lahan kering. Pada musim kemarau kedua umumnya air tanah digunakan sebagai sumber utama.

Sumber air tanah diperkirakan dapat memenuhi kebutuhan air tanaman padi sawah tadah hujan karena air tidak dialirkan terus menerus. Debit maksimum hanya digunakan pada saat fase pertumbuhan padi tertentu jika kekurangan air dan pada saat musim kemarau. Jika terjadi hujan maka air tanah tidak digunakan atau diperkecil debitnya sehingga dengan begitu air tanah yang tersedia dapat digunakan pada setiap musim tanam. Besarnya jumlah air tanah yang tersedia di akuifer tidak diketahui debitnya karena pada penelitian ini difokuskan pada pendugaan keberadaan air tanah secara geolistrik tanpa melakukan pemompaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran geolistrik dapat dipengaruhi oleh sifat batuan, karena karakteristik batuan memiliki daya hantar listrik yang berbeda – beda.
2. Air tanah merupakan sumber potensial sebagai penunjang pemenuhan air terhadap sawah tadah hujan.
3. Keberadaan air tanah diduga berada pada kedalaman antara 18 – 80 m pada jarak lintasan 280 – 340 m dengan nilai resistivitas 2,54 – 10 Ω m.

Saran

Pendugaan potensi air tanah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap nilai potensi cadangan air tanah yang tersedia di Desa Situbuk Kecamatan Teupah Tengah Kabupaten Simeulue, serta untuk meningkatkan keakuratan hasil potensi air tanah perlu dilakukan dengan metode yang berbeda seperti metode resistivitas tiga dimensi atau dengan metode-metode lainnya yang hasilnya berupa permodelan tiga dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, M., W. Utama dan W. Lestari. 2017. Analisis Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Berdasarkan Zona Water Content di Desa Olak Alen Kecamatan Selorejo, Blitar. *Jurnal Teknik ITS*. 6(2): 122-123.
- BPS. 2016. Kabupaten Simeulue Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Simeulue, Kabupaten Simeulue.
- Endharto, M. dan Sukido. 1994. Peta Lembar Sinabang, Sumatera. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Loke, M. H. 1999. Electrical Imaging Surveys for Enviromental and Engineering Studies. <http://pages.mtu.edu/~ctyoung/LOKENOTE.PDF>. Diakses tanggal 4 Oktober 2017.
- Rambe, Z. 2014. Pemetaan Batu Gamping di Lokasi Rencana Pembangunan Pabrik Semen Khususnya di Daerah Lau Adimdayang Desa Sulkam Kecamtan Kutambaru Kabupaten Langkat Dengan Metode Wenner-Schlumberger. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sitorus, L. BR. 2016. Penentuan Litologi Batuan dan Muka Air Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Schlumberger di Daerah Landfill PLTU Labuhan Angin Sibolga. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Telford, W. M., L. P. Geldart dan R.E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics* (second edition). Cambridge University Press, New York.