

PEMETAAN SEBARAN AIR TAWAR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI MENCEH KABUPATEN LOMBOK TIMUR

¹Oktaviany Dian Savitri, ¹Bakti Sukrisna

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No. 62 Mataram, 83125

Email: mooeokta031218@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di desa Menceh kecamatan Sakra Timur, Lombok Timur. Desa menceh kondisi air tananya kebanyakan payau. Penduduk kesulitan mencari air tawar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran dan kedalaman air tawar. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi Mise Ala Masse dan konfigurasi Schlumberger. Hasil yang didapat dari konfigurasi Mise Ala Masse menunjukkan sebaran ekuipotensi hanya disekitar sumur yang berair tawar kemudian hasil konfigurasi Schlumberger menunjukkan adanya litologi yang mengandung air tawar. Berdasarkan konfigurasi Mise Ala Masse dan Konfigurasi Schlumberger ini dapat disimpulkan bahwa metode ini dapat mengetahui sebaran air tawar.

Kata Kunci: Pemetaan, Air Payau, Intrusi, Sounding, Akuiklud

ABSTRACT

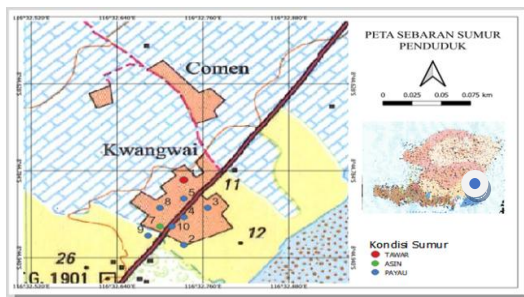
The research was conducted in Menceh Village, Sakra Timur District, East Lombok. The village claims that the ground water is mostly brackish. Residents have difficulty finding fresh water. This study aims to determine the distribution and depth of fresh water. This study uses the Mise Ala Masse configuration geoelectric method and the Schlumberger configuration. The results obtained from the Mise Ala Masse configuration show equipotential distribution only around fresh water wells then the Schlumberger configuration results show the presence of lithology containing fresh water. Based on the Mise Ala Masse configuration and the Schlumberger configuration, it can be concluded that this method can determine the distribution of fresh water.

Keywords: Mapping, Brackish Water, Intrusion, Sounding, Aquiclude.

PENDAHULUAN

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau dibawah permukaan tanah dan salah satu sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan sehari hari (Rejekiingrum, 2009). Air tawar diperlukan untuk kebutuhan minum maupun memasak sehingga merupakan sumber dasar kelangsungan kehidupan diatas bumi. Pada daerah penelitian ini merupakan kawasan pantai sehingga memungkinkan terjadinya intrusi air laut (Suhartono.,dkk 2012). Menurut Geobel, dkk (2017) air tanah pada kawasan pantai berpotensi mengalami intrusi air laut. Terjadinya air tanah dibatasi oleh geologi, geomorfologi, dan struktur wilayah. Desa Menceh memiliki keadaan morfologi berupa dataran tinggi dan dataran rendah yang berupa pantai.

Berdasarkan pengambilan sampel yang dilakukan di pantai Kwangwae di Desa Menceh. Pengambilan sampel diambil sebanyak 10 sampel air sumur dengan rata-rata kedalaman 12 m -18 m dan hanya ada 1 sumur air tawar, 1 sumur air asin, dan 8 lainnya berasa payau (Lampiran 1) yang diperkuat dengan pengujian salinitas dan DHL pada sampel air sumur (Lampiran 3). Kurangnya sumber air tawar mengakibatkan warga mengkonsumsi air galon untuk kebutuhan minum dan memasak.



Gambar 1.1 Sebaran Sumur Penduduk

Tabel 1.1 Kalsifikasi Air Sumur

| No | Salinitas (ppm) | DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Ket |
|----|-----------------|---------------------------------|-------|
| 1 | 0,22 | 1274,7 | Tawar |
| 2 | 37,21 | 18739,21 | Asin |
| 3 | 11,211-37,191 | 5231,09-8001,33 | Payau |

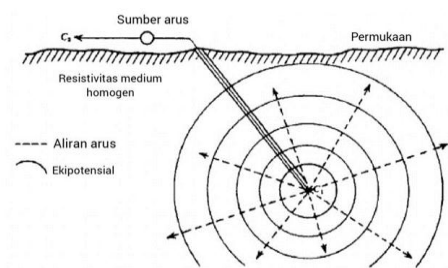
Pengamatan air sumur kurang efektif untuk menggambarkan kondisi akuifer bawah tanah. Kondisi akuifer pada titik sumur tersebut tidak dapat dijadikan dasar untuk menggambarkan kondisi akuifer secara luas (Jufriadi.,dkk 2020). Kondisi ini juga membuat informasi sebaran air tanah pada Desa Menceh belum ada. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan sebaran maupun kedalaman air tawar pada desa Menceh dengan menghadirkan data parameter baik subjektif maupun objektif untuk membantu dalam memetakan adanya akuifer air tawar secara efektif didaerah penelitian.

Geolistrik merupakan metode yang cukup baik untuk mengetahui susunan lapisan batuan bawah permukaan yang mengandung air tanah (Telford dkk., 1990). Metode geolistrik yang digunakan adalah konfigurasi Mise Ala Masse dan Schlumberger. Dengan konsep dasar Mise Ala Masse yang menghasilkan peta sebaran yang menunjukkan sebaran adanya air tanah secara lateral saja dengan melihat sebaran nilai beda potensial. Maka dari itu untuk menentukan kedalaman air tanah digunakan konfigurasi Schlumberger dengan melakukan sounding untuk mendapatkan penampang secara vertikal (Mustawa, 2012). Sounding dilakukan dengan injeksi terhadap arus listrik kepermukaan tanah melalui dua elektroda arus yang diinjeksikan ke dalam bumi karena konfigurasi ini sensitif terhadap perubahan nilai resistivitas secara vertikal (Heryani, 2014).

METODE GEOLISTRIK

Konsep dasar metode geolistrik adalah Hukum Ohm. George Simon Ohm (1789-1854) merumuskan hubungan antara kuat arus listrik (I), hambatan (R) dan beda potensial (V) yang kemudian dikenal dengan hukum Ohm. Hukum Ohm menyatakan bahwa beda potensial yang timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir pada medium tersebut. Secara matematis, Hukum Ohm dituliskan sebagai berikut (Ishaq, 2003).

$$V = I \cdot R$$



Gambar 1.2 Sebaran Ekuipotensial

Dengan asumsi bahwa bumi bersifat homogen isotropis, resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak tergantung atas spasi elektroda. Pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan ρ yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan lapisan tersebut. Maka harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, hal ini terutama untuk spasi elektroda yang lebar (Loke, 2000). Resistivitas semu ini dirumuskan dengan:

$$\rho = K \frac{\Delta v}{I}$$

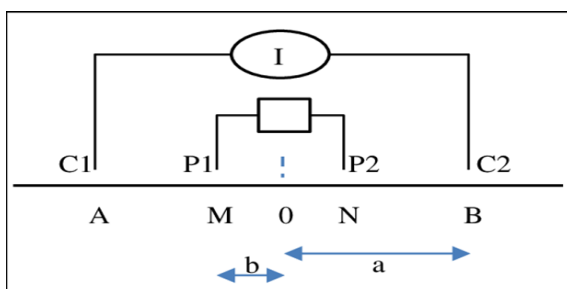
Menurut Telford (1990) kisaran nilai resistivitas material yang terdapat dibawah permukaan adalah seperti berikut:

Tabel 1.2 Resistivitas Material (Telford, 1990).

| Jenis Batuan | Resistivitas (ohm m) |
|--------------------|--|
| pirit (pyrite) | 0,01 – 100 |
| kwarsa (Quartz) | 500 – 8 x 10 ⁵ |
| Kalsit (Calsite) | 10 ¹² - 10 ¹³ |
| Breksi | 75 – 200 |
| Batuan Garam | 30 - 10 ⁵ |
| Andesit (Andesite) | 1,7 x 10 ² – 45 x 10 ⁴ |
| Basal | 200 - 10 ⁵ |
| Gamping | 500 - 10 ⁴ |
| Batu pasir | 200 – 8000 |
| Shales | 20 – 2000 |
| Pasir | 1 – 1000 |
| Lempung | 1 – 100 |
| Air tanah | 0,5 – 300 |
| Air Asin | 0,2 |
| Kerikil | 100 – 600 |
| kerikil kering | 600 - 10 ³ |
| Aluvium | 10 – 800 |
| Kerikil | 100 – 600 |

KONFIGURASI SCHLUMBERGER

Pada pengukuran geolistrik menentukan nilai resistivitas semu diperlukan faktor geometri dalam penelitian ini digunakan konfigurasi Schlumberger. Prinsip konfigurasi Schlumberger pada metode VES atau *sounding* dalam pengolahan datanya menggunakan software IPI2Win.



Gambar 1.3 Konfigurasi Schlumberger (Heryani, 2014)

Berdasarkan Gambar 1.3 nilai faktor geometri sehingga persamaan dapat di tulis:

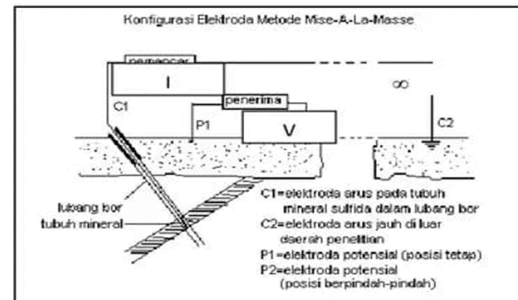
$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]}$$

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{a-b} - \frac{1}{a+b}\right) - \left(\frac{1}{a+b} - \frac{1}{a-b}\right)\right]}$$

$$K = \frac{2\pi}{2\left(\frac{1}{a-b} - \frac{1}{a+b}\right)}$$

$$K = \frac{\pi(a-b)(a+b)}{2b}$$

METODE MISE ALA MASSE



Gambar 1.4 Mise Ala Masse

Metode Mise Ala Masse merupakan salah satu metode geolistrik yang dapat dipergunakan untuk memetakan variasi tahanan jenis secara lateral. Metode ini biasanya dipakai untuk mencari endapan gravel kerakal), endapan pasir, endapan bijih, ubuh endapan mineral sulfida (ore body) dan penerapan lain di bidang geoteknik, dan arkeologi. Pada metode Mise Ala Masse konfigurasi elektroda C1 dan C2 mengumpul mejadi satu yang biasanya ditempatkan pada singkapan target yang akan dipetakan sedangkan elektroda C2 terletak jauh tak berhingga dan elektroda P2 berpindah-pindah di wilayah survei. Dengan mengamati dan mencatat besar arus listrik I yang diinjeksikan dan mencatat beda potensial V pada posisi elektroda P2. Aliran arus Ekuipotensial yang mengalir ketika elektroda ditancapkan akan mengalirkan arus beda potensial (V) yang nantinya data tersebut digunakan untuk memetakan daerah sebaran air dengan melihat sebaran nilai beda potensialnya, maka dapat dipetakan dalam peta kordinat yang akhirnya dapat dibuat peta kontur ekuipotensial di wilayah penelitian. Pengolahan data digunakan software Surfer.

SIKLUS HIDROLOGI

Hidrogeologi adalah bagian dari hidrologi (sub-surface hidrology) yang mempelajari distribusi dan gerakan aliran air di dalam tanah atau batuan pada bagiankerak bumi dan umumnya pada akuifer (lapisan pembawa air). Berdasarkan perlakuan terhadap air tanah (Suharyadi, 1984), terutama tergantung dari sifat fisik, tekstur, batuan dapat dibedakan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu:

1. Akuifer

Akuifer adalah suatu lapisan atau formasi geologi dimana formasi tersebut mengandung air dan didalam kondisi yang umum ditemui di lapangan memungkinkan air melalui formasi tersebut. Contoh batuan tersebut adalah pasir, kerikil, batupasir, batugamping yang berlubang-lubang dan lava yang retak-retak

2. Akuiklud

Akuiklud adalah suatu lapisan atau formasi geologi yang tidak dapat dilalui air dalam jumlah yang banyak, walaupun formasi tersebut mengandung air. Contoh batuan tersebut adalah lempung, serpih, tuff halus, lanau, dan berbagai batuan yang berukuran lempung.

3. Akuiflug

Akuiflug adalah suatu lapisan atau formasi geologi yang kedap air dan tidak mengandung air. Contoh batumannya adalah granit, batuan-batuan yang kompak, keras dan padat.

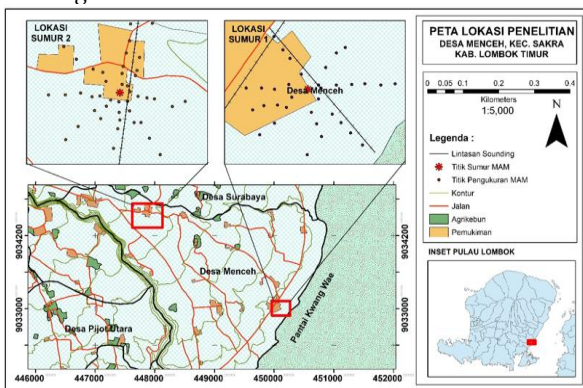
4. Akuitar

Akuitar adalah suatu lapisan atau formasi geologi yang kurang kedap air bila dibandingkan dengan akuiklud tetapi masih dapat mentransmisikan atau meloloskan air walaupun dalam jumlah yang sedikit.

METODELOGI

1. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan di desa Menceh kecamatan Sakra Timur kabupaten Lombok Timur. Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Maret 2022 sampai bulan November 2022. Lokasi Penelitian terlihat pada (Gambar 1.5). Mengambil 2 titik pengukuran Mise Ala Masse dengan panjang kabel 400 m dan tesebar pada 8 arah mata angin yaitu 34 titik di dusun Kwangwae dan 35 titik di dusun Batu Lawang serta 3 titik pengukuran *Sounding*.



Gambar 1.5 Lokasi Penelitian

2. Alat dan Bahan

Adapun Alat dan bahan yang digunakan adalah perangkat keras (Resistivity ojs, Alat tulis, elektroda arus dan potensial, HT, GPS, Kabel, Kabel penghubung, laptop, mistar roll, dan Palu), sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah (Google Aerth, Microsoft Word, Microsoft Exel, Software Qgis, Software surfer, dan Software IPI2Win.

3. Pengambilan Data

Studi pustaka awal dilakukan ketika akan melaksanakan suatu penelitian. Kegiatan studi pustaka dilakukan dengan cara studi literatur

mengenai daerah penelitian dan metode yang akan digunakan dari beberapa sumber terpercaya. Setelah melakukan studi pustaka maka hal selanjutnya adalah melakukan survei ke daerah kondisi nyata daerah tersebut. Kemudian dilakukan pengambilan data geolistrik Mise ala Masse dan konfigurasi Schlumberger dengan cara *sounding*.

4. Pengolahan Data

a. Mise Ala Masse

Berikut langkah-langkah pengolahan data metode Mise Ala Masse, yaitu:

1. Menginput data sintetik yang akan diolah di software Microsoft Exel.
2. Data yang didapat dari pengolahan software Microsoft Exel adalah nilai potensial (V). Kemudian dilanjutkan mengolah data sebaran nilai beda potensial di software surfer.
3. Hasil pengolahan data pada software surfer adalah sebuah peta sebaran air tanah kemudian diinterpretasikan daerah yang mengandung air tawar dengan melihat sebaran nilai beda potensial yang melewati sumur air tawar.
4. Hasil olahan peta sebaran air tanah dapat diketahui titik sounding untuk menentukan kedalaman dan jenis batuan apa saja yang akan dilakukan yaitu disekitar sebaran yang mengandung air tanah tawar.
5. kemudian nilai beda potensial yang melewati sumur air tawar dan dicocokkan dengan data VES.

b. Konfigurasi Schlumberger

Data pengamatan yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah nilai arus (I), beda potensial (ΔV), jarak spasi (n) dan koordinat. Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan menggunakan software Microsoft Excel untuk memperoleh nilai resistivitas semu (ρ) dan faktor geometri (K). kemudian diolah menggunakan Software IPI2Win.

4. Interpretasi Data

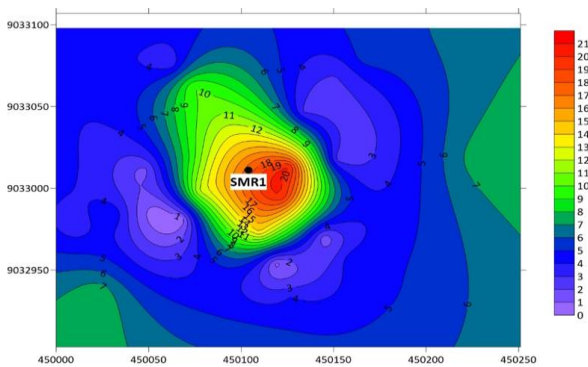
Hasil pengolahan pada software Surfer Pada metode Mise Ala Masse yaitu menghasilkan sebuah interpretasi sebuah peta secara lateral. Peta sebaran tersebut memberikan informasi mengenai sebaran air tawar dengan melihat nilai beda potensialnya. Untuk menentukan kedalaman air tawar yang ada di wilayah penelitian di gunakan data sounding yang diolah di software IPI2Win . Hasil yang diperoleh adalah nilai resistivitas yang disesuaikan dengan tabel resistivitas acuan (Tabel 1.2). Penentuan lapisan akuifer dilakukan dengan cara menentukan jenis batuan yang terdapat pada setiap lapisan kemudian dihubungkan dengan dengan teori yaitu akuifer terdapat pada batuan kerikil, pasir, batu pasir, dan batu gamping rekahan (Maulana, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

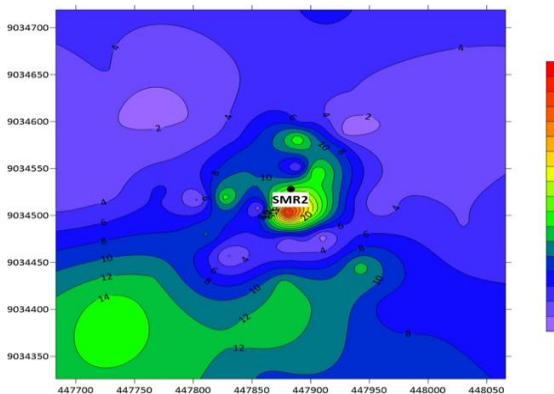
1. Kajian Sebaran Air Tawar

a. Sebaran Nilai Beda Potensial Metode Mise Ala Masse

Pengukuran dilakukan pada 1 titik pada sumur air tawar yang memiliki kedalaman 15 m tersebar 34 titik di 8 arah mata angin dengan maksimal jarak 200 m (Gambar 1.6) di interpretasi dengan sebaran kontur beda potensial (V1) yang tersebar ketika arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi. pada peta memiliki rentang nilai 0 mV - 21 mV yang ditandai dengan warna ungu sampai merah. Pada Dusun Batu Lawang (Gambar 1.7) dengan mengambil 1 titik sumur air tawar yang memiliki kedalaman 18 m tersebar 35 titik di 8 arah mata angin memiliki rentang nilai 0 mV - 34 mV yang ditandai dengan warna ungu sampai merah.



Gambar 1.6 Sebaran Nilai Beda Potensial Dusun Kwangwae

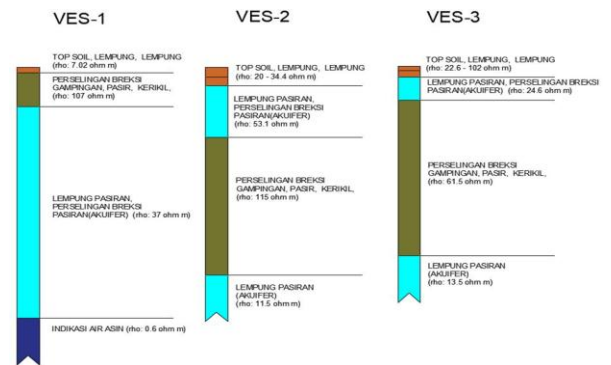


Gambar 1.7 Sebaran Nilai Beda Potensial Dusun Batu Lawang

b. Sebaran Nilai Resistivitas Konfigurasi Schlumberger

Penelitian pada Desa Menceh Melihat sebaran nilai resistivitas Pada lintasan 1 membuat garis memanjang berarah Tenggara- Utara. Pada Lintasan 2 membuat garis berarah Timur Laut- Barat Daya. Sedangkan Dusun Batu Lawang 1 titik VES dengan membuat garis berarah Selatan – Utara di interpretasi dengan penampang 2D untuk

memudahkan melihat lapisan akuifer dan jenis batuan penyusunnya. Pada daerah Menceh memiliki singkapan batuan Breksi yang terdapat pada sumur air tawar di pesisir pantai sebagai acuan menginterpretasi jenis batuan penyusun.



Gambar 1.8 Penampang 2D Hasil VES

Penafsiran jenis batuan pada lokasi penelitian disesuaikan dengan tabel resistivitas acuan tabel 1.2. Litologi berdasarkan nilai resistivitas pada setiap titik VES dapat dilihat pada Tabel 1.3. L = Lapisan.

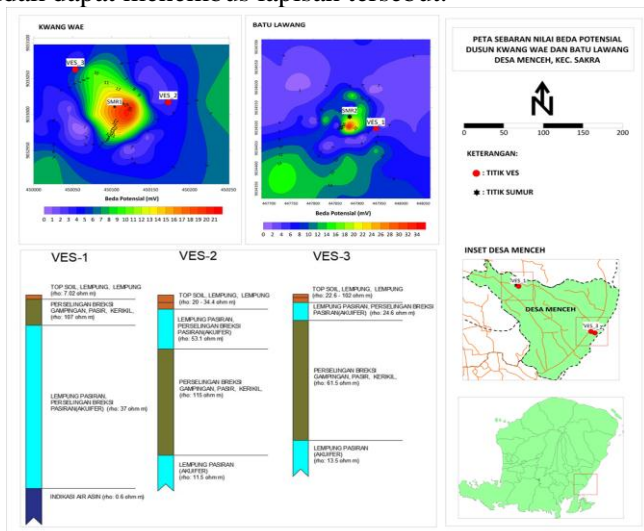
| Lintasan | Resistivitas Ωm | Kedalaman M | Litologi |
|--------------|----------------------------|----------------|--|
| VES 1 | | | |
| L 1 | 7,02 | 1,46 | Top soil, batuan lempung |
| L 2 | 107 | 10,5 | Perselingan Breksi gampingan, pasir, kerikil |
| L 3 | 37 | 67,5 | Lempung pasiran dan perselingan breksi pasiran (akuifer) |
| L 4 | 0,624 | >67,5 | indikasi adanya air asin |
| VES 2 | | | |
| L 1 | 34,4 | 2,68 | Top soil, lempung |
| L 2 | 20 | 4,96 | Top soil, lempung |
| L 3 | 53,1 | 18,8 | lempung pasiran, perselingan breksi pasiran (Akuifer) |
| L 4 | 115 | 55,8 | Perselingan Breksi gampingan, pasir, kerikil |
| L 5 | 11,5 | >55,8 | Lempung pasiran (Akuifer) |
| VES 3 | | | |
| L 1 | 22,6 | 1,16 | Top soil, batuan lempung, |
| L 2 | 102 | 2,8 | Top soil, batuan lempung, |
| L 3 | 24,8 | 9,12 | lempung pasiran, perselingan breksi pasiran (Akuifer) |
| L 4 | 61,5 | 51 | Perselingan Breksi gampingan, pasir, kerikil |
| L 5 | 13,5 | >51 | Lempung pasiran (Akuifer) |

PEMBAHASAN

Dari Hasil Pengolahan Data Mise Ala Masse dan Schlumberger Keberadaan air tawar dapat dilihat dari nilai beda potensial yang melewati sumur air tawar yaitu pada nilai 17 mV - 18 mV dengan kedalaman sumur 15 m. Pengolahan data VES pada dusun Kwangwae menunjukkan air tanah pada VES 2 terdapat pada kedalaman 18,8 m dan > 55,8 m dan pada VES 3 pada kedalaman 9,12 m dan > 51 m. Dari data pengukuran tersebut bahwa hasil pengolahan data Mise Ala Masse sinkron dengan data VES yaitu memiliki kedalaman akuifer sesuai dengan kedalaman sumur air tawar.

Pada dusun Batu Lawang hasil pengolahan data Mise Ala Masse keberadaan air tawar yang melewati sumur yaitu pada nilai 16 mV - 20 mV dengan kedalaman sumur 18 m. Pengolahan data VES pada dusun Batu Lawang menunjukkan air tanah terdapat pada kedalaman sampai 67,5 m. Dari data pengukuran tersebut bahwa hasil pengolahan data Mise Ala Masse sinkron dengan data VES yaitu memiliki kedalaman akuifer sesuai dengan kedalaman sumur air tawar (Gambar 1.9)

Adanya lapisan akuiklud dapat dilihat dari sebaran air tawar merujuk Survei yang telah dilakukan pada awal penelitian yaitu dengan mengambil 10 sampel air sumur (Gambar 1.1) menunjukkan hanya ada satu sumur air tawar sedangkan sumur air payau tersebar di sekitar sumur air tawar dengan rata-rata kedalaman sumur warga 12 m-18 m. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya batuan lempung yang termasuk lapisan akuiklud. menurut tabel Telford (1990) batuan lempung memiliki nilai resistivitas 1 Ω m - 100 Ω m. Sebagai contoh pada lintasan 1 akuifer memiliki nilai resistivitas 37 Ω m dengan kedalaman 67,5 m dari nilai resistivitas termasuk adanya batuan lempung dan berlaku pada lintasan VES 2 dan VES 3 disebut fenomena akuiklud yaitu suatu lapisan atau formasi yang tidak dapat dilalui air, walaupun formasi tersebut mengandung air sehingga air laut tidak dapat menembus lapisan tersebut.



Gambar 1.9 Peta sebaran air tanah konfigurasi Mise Ala Masse dan konfigurasi Schlumberger

KESIMPULAN

Terdapat sebaran air tawar secara lateral pada dusun Kwangwae pada nilai beda potensial 17 mV - 18 mV dan dusun Batu Lawang pada nilai beda potensial 16 mV - 20 mV. Sedangkan kedalaman akuifer pada dusun Kwangwae dan Batu Lawang dilihat dari persebaran nilai resistivitas batuan secara vertikal terdapat pada nilai resistivitas 13,5 Ω m - 53,1 Ω m memiliki kedalaman 9,12 m sampai 67,5 m dan Ketebalan lapisan sampai 51 m. keberadaan air tawar didaerah penelitian disebabkan oleh adanya lapisan batuan lempung atau disebut fenomena akuiklud yaitu lapisan yang tidak dapat dilalui air sehingga air laut tidak dapat masuk dalam lapisan air tanah tersebut.

SARAN

Pada metode Mise Ala Masse sebaiknya digunakan panjang kabel 1000 m atau 1 km untuk mendapatkan hasil yang jangkauannya luas dan Jika ingin mendapatkan air tawar dapat disarankan dengan melakukan pengeboran yaitu sampai kedalaman 67,5 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Geobel, M ., Pidlisecky, A ., dan Knight, R. (2017). Resistivity Imaging Reveals Complex Pattern Of Salwater Intrusion Along Monterey Coast. *Journal Of Hydrology*, 551, 746-755.
- Heryani,Nani., Kartiwa,Budi., hendri Sosiawan. 2014. Pemetaan Potensi Air Tanah Untuk Mendukung Pengembangan Pertanian Lahan kering. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. Vol 8 no 2, Desember 2014, hal 95-106.
- Ishaq, M., 2003, Fisika Dasar, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Jufriadi, Akhmad dan Dian Ayu, Hena. 2020. Identifikasi Akuifer Air Asin dan Air Tawar Berdasarkan Model Tahanan Jenis dan Data Bor di Sidoarjo, Jawa Timur. *ISSN 0125-9848*. Vol 30 no 1, Juni 2020. Program Studi Fisika, Universitas Kanjuruhan : Malang.
- Mustawa, Hidayat. 2012. Pengolahan Data Metode Mise Ala Mase. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran": Yogyakarta.
- Loke, M. H. 2000. A Pratical Guide to 2-D and 3DSurveyhttp://www.geophysik.unikoeln.de/studium/WS04/vorlesung/env_geoscience/chapter. Diakses Tanggal 8 April 2022.
- Rejkeningrum, Popi. 2009. Peluang pemanfaatan Air Tanah Untuk keberlanjutan Sumber Daya

Air. Jurnal Sumber daya lahan. Vol 3 no 2
Desember 2009.

Suhartono E, Purwanto, Suripin. 2012. Model
Intrusi Air Laut terhadap Air Tanah Pada
Akuifer Dikota Semarang. Semarang.
prosiding Seminar Nasional pengelolaan
Sumber Daya dan Lingkungan.

Suryahadi. 1984. Geohidrologi. Jurusan Teknik
Geologi Ft. Universitas Gadjah Mada (UGM):
Yogyakarta.

Telford, W.M., L.P, Geldart. R.E. Sheriff dan D.A.
Keys, 1990. Applied Geophysic. London:
Cambridge University Press edisi kedua.