

DETEKSI KEBERADAAN AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER

Eva Rolia^{1*}, Dwita Sutjiningsih¹, Evi Anggraheni¹, dan Agus Surandono²

¹ Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok

² Jurusan Teknik Sipil, Fak. Teknik Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung

*roliaeva@yahoo.com

Pemasukan: 20 April 2021 Perbaikan: 27 Mei 2021 Diterima: 28 Mei 2021

Intisari

Keberadaan air tanah perlu dikelola dengan baik secara kualitas dan kuantitasnya. Hal ini dilakukan agar sumber daya air dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Penggunaan air tanah cenderung meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk, oleh karena itu perlu adanya perencanaan dan pemakaian air tanah yang bijak untuk melindungi sumber yang ada demi kelestarian sumberdaya air di Kecamatan Seputih Surabaya Kabupaten Lampung Tengah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeteksi keberadaan akuifer air tanah berdasarkan jenis lapisan batuan dengan menggunakan alat geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dan pemodelan dengan menggunakan software *IP2Win* di daerah Kecamatan Seputih Surabaya Kabupaten Lampung Tengah dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 15 titik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis lapisan batuan yang terdapat pada daerah penelitian didominasi oleh lempung, pasir berlempung, lempung berpasir, pasir dan batuan kristalin. Dari hasil penelitian ini juga didapat bahwa akuifer air tanah rata-rata berada pada kedalaman 3,34 meter hingga 53,3 meter dari muka tanah. Jenis akuifer yang terdapat pada daerah penelitian adalah akuifer bebas dan akuifer tertekan.

Kata Kunci : air tanah, akuifer, geolistrik

Latar Belakang

Air adalah sumber daya yang mutlak dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup, sehingga keberadaannya baik secara kualitas dan kuantitas perlu dikelola dengan baik dan berwawasan lingkungan. Hal ini dilakukan agar sumber daya air ini dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Kandungan air di bumi sangat melimpah jumlah seluruhnya mencapai sekitar 1.400.000.000 km³ terdiri dari sekitar 97% air laut (air asin) yang dapat dimanfaatkan secara langsung dan tidak langsung dalam kehidupan manusia. Hanya 3% yang sisanya berupa air tawar, yang meliputi 2% berupa gunung-gunung es di kedua kutub bumi. Selebihnya hanya sekitar 0,75% merupakan air tawar yang mendukung kehidupan makhluk hidup di darat, danau, sungai dan di dalam tanah. Pemakaian air meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk, oleh karena

itu maka perlu adanya penafsiran, perencanaan dan perkembangan yang tepat, hemat dalam pemakaian air dan melindungi sumber yang ada demi kelestarian sumberdaya air tersebut.

Data dari Badan Geologi Nasional menyebutkan bahwa Provinsi Lampung mempunyai 9 cekungan air tanah, yaitu 4 cekungan lintas provinsi, 3 cekungan lintas kabupaten/kota, dan 2 cekungan merupakan cekungan yang berada dalam satu wilayah kabupaten. Secara keseluruhan air tanah yang ada di Provinsi Lampung mempunyai potensi sebesar 2.335,91 juta m³/tahun untuk air tanah bebas dan air tanah tertekan sebesar 1123 juta m³/tahun. Permasalahan yang sering muncul adalah saat dilakukan pengeboran untuk mendapatkan air tanah terkadang tidak ditemui air tanah yang baik secara kualitas maupun kuantitas. Untuk itu perlu dilakukan deteksi awal dengan menggunakan metode geolistrik agar dapat diperkirakan letak kedalaman akuifer berdasarkan jenis lapisan batuan di bawah permukaan.

Cao, et.al (2013) menilai variabel daerah recharge di Cina Utara dengan menghubungkan model neraca air tanah atas dasar data bulanan meteorologi, irigasi, dan data pemantauan kelembaban tanah. Metode yang digunakan adalah mengintegrasikan model aliran air tanah tak jenuh dengan *Modflow*. Latar belakang penelitian adalah menipisnya cadangan air tanah di Indian River karena penggunaan air yang berlebihan untuk industri dan pertanian. Hasil model jelas menunjukkan efek dari penebalan zona tak jenuh di daerah recharge. Penebalan zona tak jenuh dapat menghasilkan pengurangan imbuhan rata-rata hingga 70% di tanah lempung.

Liang dan Zhang (2012) memahami dinamika air tanah dengan memperkirakan waktu pengisian air tanah dengan solusi persamaan numerik, karena perkolasi pada daerah imbuhan dan pengambilan pada daerah discharge belum dapat diukur secara riil. Metode yang digunakan adalah pemantauan sumur selama 100 hari dengan memperkirakan parameter recharge berdasarkan curah hujan dan evapotranspirasi, yang kemudian disimulasikan dengan persamaan numerik menggunakan *Modflow*.

Manna, et.al (2016) meneliti jenis batuan di daerah California yang diperkirakan merupakan akuifer air tanah. Metode yang digunakan adalah CMB (*Chlorida Mass Balance*) untuk mendapatkan nilai parameter resapan. Penggunaan metode CMB cocok untuk penilaian ulang untuk daerah studi karena rata-rata nilai klorida dalam air tanah menunjukkan nilai yang minimal. Selain itu, rasio *Cl/Br* digunakan untuk mengecualikan sumur dengan kemungkinan antropogenik klorida. Rata-rata pengisian ulang berkisar antara 1,8 dan 9,5% dari curah hujan rata-rata tahunan (455 mm) dengan nilai rata-rata 4,2%. Limpasan permukaan diukur bervariasi 2,3-10,2% dengan nilai rata-rata 6,1% (28 mm) dan, oleh karena itu, volume air yang hilang untuk evapotranspirasi adalah antara 95,9 dan 80,3% dengan nilai rata-rata 89,6% (408 mm).

Konsep dari cekungan air tanah bertumpu pada stratigrafi dan litologi batuan yang berada di suatu wilayah. Dalam teori air tanah, diketahui bahwa baik besar dan arah dari pergerakan air tanah dapat dihitung dengan bantuan konsep *flownet*. Dengan diketahuinya bentuk *flownet* dari suatu kawasan dapat ditentukan daerah-daerah

yang merupakan daerah imbuan ataupun daerah lepasan. Daerah imbuan pada umumnya terletak pada topografi tempat tinggi, sedangkan daerah lepasan terletak di topografi tempat rendah. Pada daerah imbuan, sering dijumpai zona tidak jenuh yang relatif dalam antara muka air tanah dengan permukaan tanah. Hal ini berbeda dengan daerah lepasan yang muka air tanahnya berada di dekat permukaan tanah.

Dalam penelitian ini stratigrafi dan litologi batuan ditentukan berdasarkan pengukuran geolistrik. Metoda geolistrik memanfaatkan sifat ketahanan batuan terhadap listrik, yang dipengaruhi oleh nilai-nilai seperti kandungan mineral logam dan nonlogam, kandungan elektrolit (garam), kandungan air, porositas batuan, permeabilitas batuan, tekstur/kekompakan batuan, serta suhu/temperatur. Karena itu, perlu adanya deteksi keberadaan akuifer air tanah, khususnya di Kecamatan Seputih Surabaya (Gaya Baru) Kabupaten Lampung Tengah dengan menggunakan alat geolistrik konfigurasi *Schlumberger*. Data geolistrik diolah dengan *software IP2Win* untuk mengetahui litologi batuan di daerah studi serta letak kedalaman akuifer.

Metodologi Studi

Metode Pengambilan Data

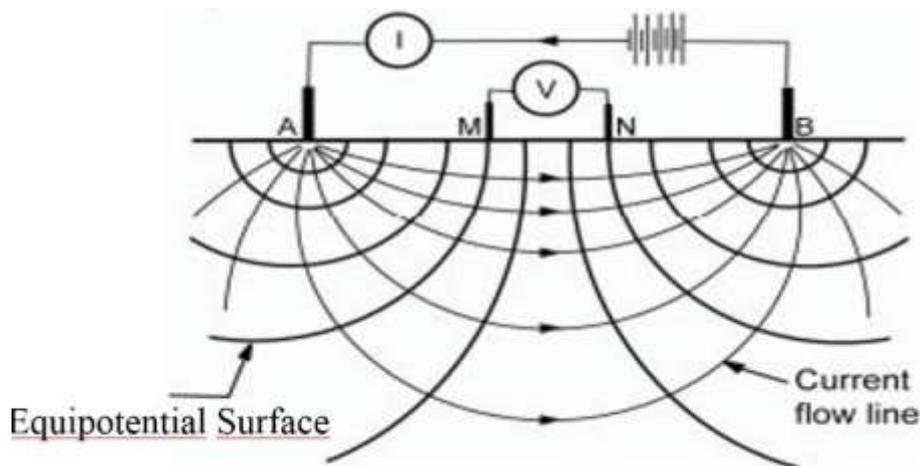
Metode yang digunakan dalam pengambilan data yaitu metode geolistrik tahanan jenis *sounding* dengan konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi ini dipakai untuk mengetahui variasi harga tahanan jenis secara vertikal. Konfigurasi ini menggunakan 4 elektroda, yaitu 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Jarak elektroda potensial diubah-ubah sepanjang 0,5 m, 5 m, dan 10 m. Elektroda potensial cenderung jarang diubah-ubah meskipun jarak elektroda arus selalu berubah-ubah. Pada penelitian ini, elektroda arus dibentangkan minimal 150 meter dan maksimal 250 meter, tergantung kondisi lapangan. Pengukuran ini dilakukan di empat Kampung, untuk 15 titik *sounding* dengan tujuan memperoleh informasi yang cukup untuk analisis, pemodelan dan interpretasi data.

Pengolahan Data

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*direct current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Metode ini lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, contohnya penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, dan juga digunakan dalam eksplorasi geothermal.

Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu (Gambar 1). Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multi meter yang terhubung melalui 2 buah elektroda tegangan M dan N yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang

terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar. Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang bisa disebut AB/2 (Todd., 1980).



Gambar 1 . Aliran arus listrik sepasang elektroda (Todd, 1980)

Tujuan survey geolistrik tahanan jenis adalah untuk mengetahui *resistivitas* bawah permukaan bumi dengan melakukan pengukuran di permukaan bumi. *Resistivitas* bumi berhubungan dengan mineral, kandungan fluida dan derajat saturasi air dalam batuan. Metode yang bisa digunakan pada pengukuran *resistivitas* secara umum yaitu dengan menggunakan dua elektroda arus (C1 dan C2), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda tegangan (P1 dan P2), dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka nilai *resistivitas* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho = k \frac{V}{i} \tag{1}$$

Dengan *k* adalah faktor geometri yang tergantung penempatan elektroda permukaan.

Tabel 1. Variasi harga tahanan jenis dari beberapa jenis batuan sedimen

Jenis Batuan	Nilai Tahanan Jenis (Ωm)
Lempung	3 – 30
Lempung Berdebu	5 – 40
Pasir Berlempung	5 – 50
Lempung Berpasir	30 – 100
Lempung Shale	50 – 200
Pasir, Gravel	10 ² – 5.10 ³
Gips, Batu Gamping	2.10 ² - 10 ⁵
Batu Bergaram, Anhydrate	2.10 ³ <

(Todd, 1980)

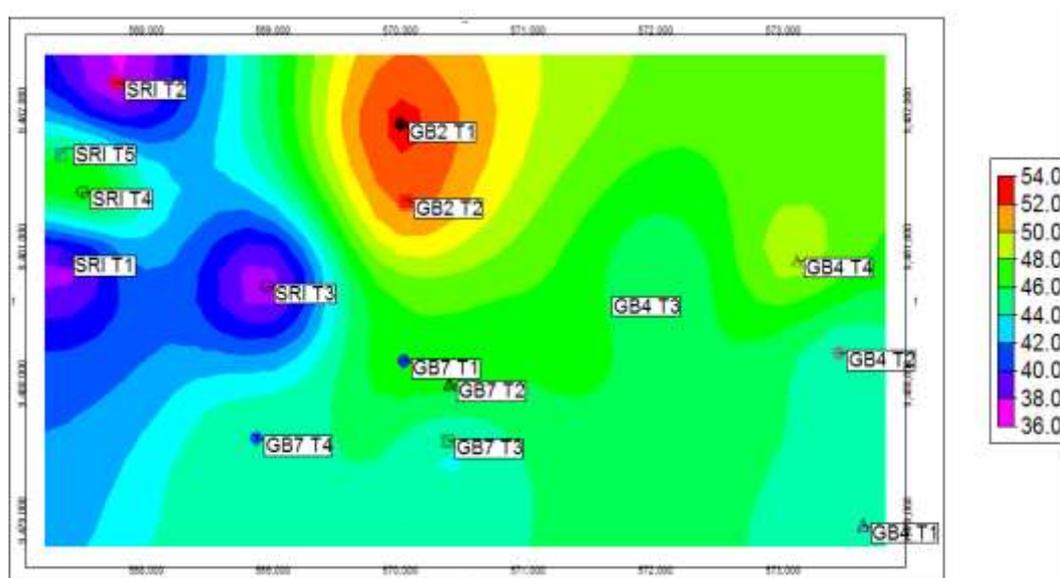
Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan adalah besar arus (*i*) dan beda potensial (*V*), yang kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan harga

tahanan jenis semu ρ_a yaitu hasil kali faktor geometri K dengan perbandingan potensial dan arus. Setelah didapatkan harga tahanan jenis semu kemudian dibuat pemodelan 1D untuk mendapatkan harga tahanan jenis sebenarnya (tahanan jenis aktual). *Software* yang digunakan untuk pengolahan data 1D dan 2D adalah *Ipi2Win*. Data masukan pada software ini adalah tahanan jenis semu dan jarak antar elektroda arus ($AB/2$).

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Peta Lokasi Penelitian

Pengukuran geolistrik dilakukan di 15 titik pengamatan. Koordinat x , koordinat y , dan elevasi (z) diperoleh dari pengukuran menggunakan GPS.



Gambar 2. Titik lokasi pengukuran geolistrik di kecamatan Seputih Surabaya, Lampung Tengah

Gambaran Lapisan Batuan di Daerah Penelitian

a. Gambaran Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru VII.

Karakteristik batuan yang terdapat di Kampung Gaya Baru VII terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan tanah dasar, batuan kristalin, lempung, pasir berlempung dan pasir. Lapisan batuan yang dominan adalah lapisan pasir yang berwarna kuning, dimana pada lapisan pasir ini merupakan akuifer (Gambar 3).

b. Gambaran Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru II.

Karakteristik batuan yang terdapat di Kampung Gaya Baru II terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan tanah dasar, pasir berlempung, lempung berpasir dan pasir. Lapisan batuan yang dominan adalah lapisan pasir yang berwarna kuning, dimana lapisan pasir merupakan akuifernya. Setelah itu, lapisan lempung berpasir dan pasir berlempung dengan komposisi yang hampir sama (Gambar 4).

c. Gambaran Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru IV

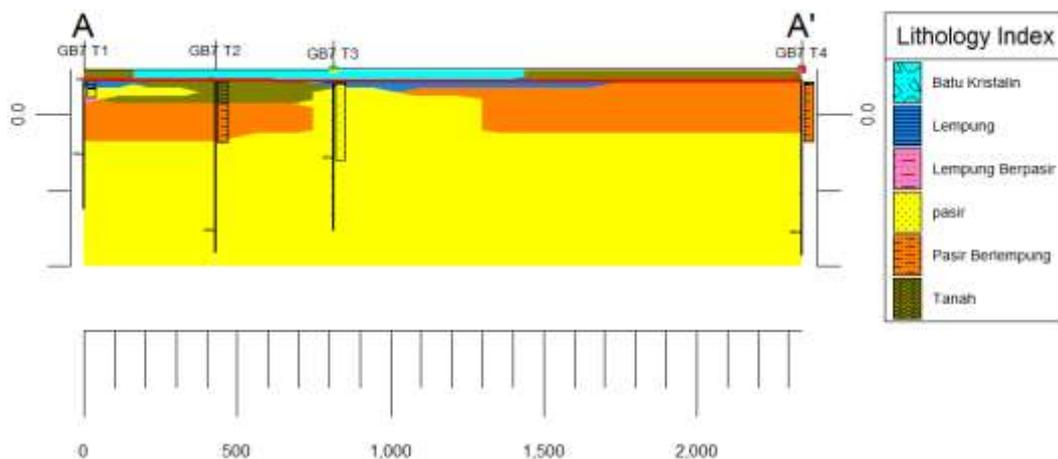
Lapisan batuan yang terdapat di Kampung Gaya Baru IV terdiri dari lapisan tanah dasar, lempung, pasir berlempung, lempung berpasir dan pasir. Lapisan batuan yang dominan adalah lapisan pasir yang berwarna kuning, dimana pada lapisan pasir ini merupakan akuifernya (Gambar 5).

d. Gambaran Lapisan Batuan di Kampung Srikaton

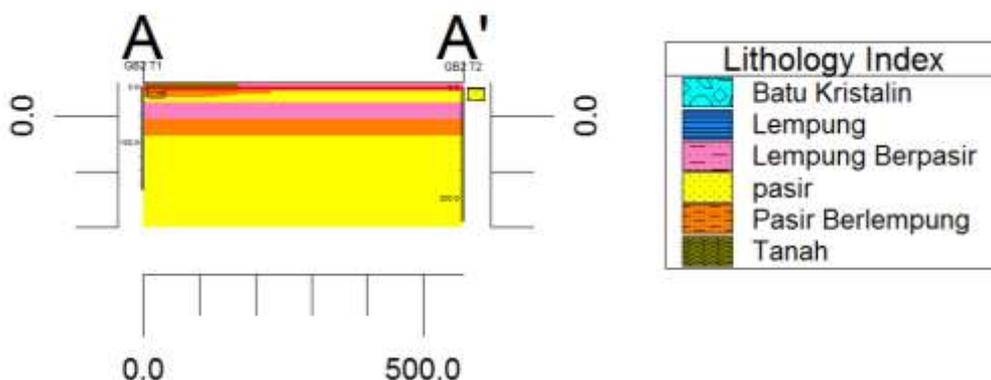
Lapisan batuan yang terdapat di Kampung Srikaton terdiri dari lapisan tanah dasar, lempung, batuan kristalin, pasir berlempung, lempung berpasir dan pasir. Lapisan batuan yang dominan adalah lapisan pasir yang berwarna kuning, dimana pada lapisan pasir ini merupakan akuifernya (Gambar 6).

e. Gambaran Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru VII, Gaya Baru II, Gaya Baru IV dan Srikaton

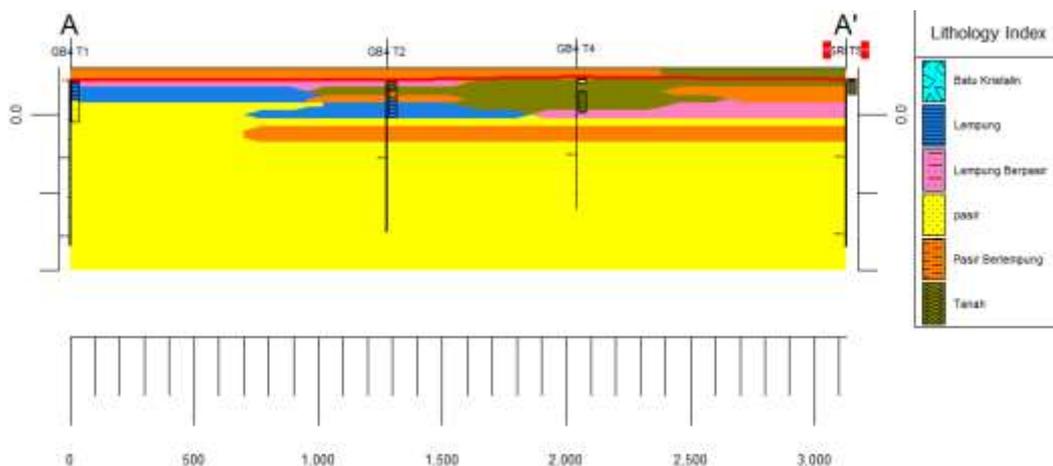
Gambar 7 adalah hasil semua penggambaran lapisan batuan di Kampung Gaya Baru VII, Gaya Baru II, Gaya Baru IV dan Srikaton Kecamatan Seputih Surabaya dengan jumlah titik pengukuran 15 titik dengan menggunakan alat geolistrik. Setelah 15 titik pengukuran digabungkan, dapat disimpulkan bahwa lapisan batuan di daerah penelitian terdiri dari pasir, lempung berpasir, pasir berlempung, dan batuan kristalin.



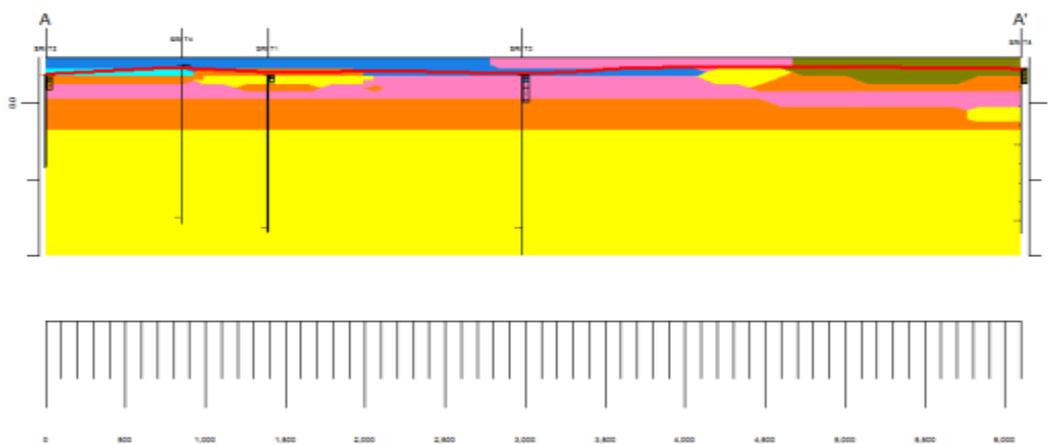
Gambar 3. Cross-Section A-A' Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru VII



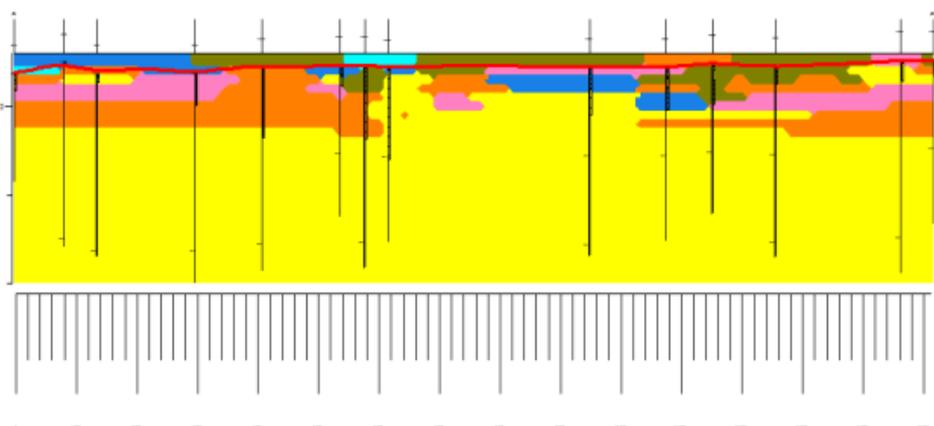
Gambar 4. Cross-Section A-A' Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru II



Gambar 5. Cross-Section A-A' Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru IV



Gambar 6. Cross-Section A-A' Lapisan Batuan di Kampung Srikaton



Gambar 7. Cross-Section A-A' Lapisan Batuan di Kampung Gaya Baru VII, Gaya Baru II, Gaya Baru IV dan Srikaton

Tabel 2 adalah letak akuifer yang merupakan lapisan pasir, berada di empat kampung dengan jumlah 15 titik pengukuran di Kecamatan Seputih Surabaya Kabupaten Lampung Tengah. Lapisan pasir adalah lapisan permeabel yang

merupakan lapisan yang baik dalam meneruskan air kedalam tanah, dan diinterpretasikan sebagai akuifer.

Tabel 2. Letak dan Jenis Akuifer

Nama Kampung	Kedalaman Akuifer (m)	Ketebalan (m)	Jenis Akuifer
Gaya Baru VII	0 s.d -83,86	50,8	Akuifer Bebas
Gaya Baru II	0 s.d -8,05	6,5	Akuifer Bebas
Gaya Baru IV	0 s.d -45,75	24,8	Akuifer Bebas dan Setengah Bebas
Srikaton	-3,95 s.d -35,96	26,7	Akuifer Bebas

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang menggunakan geolistrik untuk mendeteksi keberadaan air tanah, maka didapatkan disimpulkan bahwa lapisan batuan di daerah penelitian adalah tanah dasar, lapisan batuan Lempung, pasir, lempung berpasir, pasir berlempung dan batuan kristalin. Lapisan akuifer yang potensial terdapat di Kampung Gaya Baru VII titik 1, Gaya Baru II titik 1, Gaya Baru IV titik 3 dan Srikaton titik 3. Letak kedalaman akuifer terdangkal dapat ditemui pada kedalaman 0 sampai -8,05 m dengan ketebalan lapisan 6,5 m, sedangkan akuifer terdalam mencapai kedalaman -83,86 m dengan ketebalan akuifer 50 m.

Saran

Hasil pengolahan data dengan *Software IP2Win* hanya menampilkan gambaran lapisan batuan, tidak menggambarkan pola gerakan dan potensi air tanah. Sebaiknya dilakukan pengolahan dengan *software SIP2D* dan *Modflow* untuk penelitian selanjutnya agar didapatkan pola gerakan dan potensi air tanah.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Universitas Indonesia sebagai almamater tempat menimba ilmu, dan Universitas Muhammadiyah Metro yang selalu memberikan semangat motivasi kepada penulis.

Daftar Referensi

- Bear, J., 2012. *Hydraulics of Groundwater*, Courier Corporation.
- Boonstra, J. & de Ridder, N. A., 1981. *Numerical Modelling Of Groundwater Basins: A User-Oriented Manual*, ILRI.
- Eslamian, S., 2014. *Handbook of Engineering Hydrology: Modeling, Climate Change, and Variability*, CRC Press.
- Fetter, C. W. & C. Fetter, 2001. *Applied Hydrogeology*, Prentice hall Upper Saddle River, NJ.
- Freeze, R. A., 1979. *Groundwater*.

- Cao, G., Zheng, C., Scanlon, B. R., Liu, J. & Li, W., 2013. Use of flow modeling to assess sustainability of groundwater resources in the North China Plain. *Water Resources Research*, Vol.49(1): pp. 159-175.
<https://doi.org/10.1029/2012WR011899>
- Liang, X. & Zhang, Y. K., 2012. A new analytical method for groundwater recharge and discharge estimation. *Journal of Hydrology*, 450: pp. 17-24.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.036>
- Mahmoud, H. H. & Ghouhachi, S. Y., 2017. Geophysical and hydrogeological investigation to study groundwater occurrences in the Taref Formation, south Mut area–Dakhla Oasis-Egypt. *Journal of African Earth Sciences* 129: pp. 610-622. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.02.009>
- Manna, F., Cherry, J. A., McWhorter, D. B. & Parker, B. L., 2016. Groundwater recharge assessment in an upland sandstone aquifer of southern California. *Journal of Hydrology*, 541: pp. 787-799.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.07.039>
- Telford, W. M., et al., 1990. *Applied geophysics*, Cambridge University Press.
- Todd, D. K. & Mays, L. W., 2005. *Groundwater Hydrology Edition*, Wiley, New Jersey.

[Halaman ini sengaja dibiarkan kosong/*This page is intentionally left blank*]