

Analisis Cadangan Air Tanah Menggunakan Data Geolistrik dan Persamaan Darcy: Studi Kasus Di Kota Amurang

Mareyo Puterama, Ferdy, dan Dolfie Paulus Pandara*

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado, Sulawesi Utara, 95115

*Corresponding author: dpandara_fisika@unsrat.ac.id

Abstrak

Kebutuhan air tanah akan meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Penelitian ini dilakukan di daerah Amurang tepatnya di Desa Lopana Satu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketebalan akuifer, memprediksi potensi cadangan air tanah menggunakan persamaan Darcy, data Geolistrik dan surfer 16. Software surfer 16 dapat menentukan aliran tanah dan dapat dibuat menjadi peta aliran tanah (*flownet*). Hasil analisis menggunakan persamaan Darcy di dapat hasil cadangan tanah di Desa Lopana Satu, untuk lintasan 12 sebanyak $73,046 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $0,8454 \text{ l/detik}$ dan untuk lintasan 3 untuk air tanah dangkal sebesar $Q = 20,9443 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,2424 \text{ l/detik}$ dan air tanah dalam sebesar $Q = 57,281 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,6629 \text{ l/detik}$

Kata Kunci: Aquifer; Cadangan Air Tanah; Geolistrik; Persamaan Darcy.

Groundwater Reserve Analysis Using Geoelectric Data and Darcy Equation: A Case Study in Amurang City

Abstract

Groundwater needs will increase along with development. This research was conducted in the Amurang area, specifically in Lopana One Village. This research aims to identify aquifer thickness, predict potential groundwater reserves using the Darcy equation, Geoelectric data and surfer 16. Surfer 16 software can determine ground flow and can be made into a ground flow map (*flownet*). The results of the analysis using the Darcy equation, the land reserves in Lopana Satu village for path 12 it is $73.046 \text{ m}^3/\text{day}$ or 0.8454 l/second and for path 3 for unconfined aquifers $Q = 20.9443 \text{ m}^3/\text{day}$ or $Q = 0.2424 \text{ l/second}$ and condined aquifers is $Q = 57,281 \text{ m}^3/\text{day}$ or $Q = 0,6629 \text{ l/second}$

Keywords: *aquifer; Darcy Equation; geoelectric; groundwater reserve*

PENDAHULUAN

Cadangan air tanah adalah ketersediaan air tanah yang terdapat di akuifer, dapat disebut sebagai sumber daya tidak terbarukan dalam kasus tertentu bahwa pembaharuan air tanah sangat terbatas, sementara stok persediaannya besar. Itu berarti bahwa akuifer hampir tidak menerima recharge apa pun atau sepenuhnya terisolasi dari sistem yang mengandung sumber daya air terbarukan. Hal itu berarti bahwa waktu pembaharuan cadangan air tanah sangat panjang (Margat dan van der Gun, 2013).

Pemanfaatan air harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan generasi mendatang sebagai upaya pemenuhan kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari dengan kondisi air tanah yang sehat, murah dan tersedia dalam jumlah yang sesuai kebutuhan (Gijoh *et al.*, 2017). Derajat kelangkaan air makin meningkat disebabkan penduduk yang bertambah dengan cepat disertai pola hidup yang menuntut penggunaan air yang relatif banyak makin menambah tekanan terhadap kebutuhan kuantitas air. Air tanah disimpan dalam lapisan pembawa air yang disebut akuifer. Air di akuifer mungkin merupakan salah satu hasil air terpenting, yang dapat memenuhi kebutuhan air di bumi. Untuk mendapatkan gambaran lapisan pada akuifer dibutuhkan kegiatan penelitian bawah permukaan. Penelitian di bawah permukaan tanah dapat digunakan untuk menentukan keberadaan air (akuifer) (Sulu *et al.*, 2015).

Air bersih merupakan kebutuhan dasar bagi hajat hidup manusia. Jenis air yang paling aman untuk dikonsumsi manusia adalah air tanah (Mori, 2006). Pada umumnya air tanah dimanfaatkan untuk memenuhi keperluan hidup manusia. Hal ini menyebabkan sumberdaya air dapat menjadi barang langka atau barang ekonomi.

Metode Resistivitas adalah salah satu metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari sifat resistivitas dari lapisan batuan di bawah permukaan (Manrulu and Nurfalaq, 2017).

Kelebihan dari metode geolistrik yaitu tidak merusak lingkungan, dan juga mampu mendeteksi sampai kedalaman beberapa meter sesuai dengan panjang lintasan pada pengambilan data di lapangan. Dari beberapa konfigurasi elektroda pada metode geolistrik, konfigurasi Schlumberger menjadi pilihan terbaik dikarenakan jangkauannya paling dalam. Metode geolistrik dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus, kemudian mengukur nilai tegangan dari dalam bumi. Metode geolistrik dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya Air tanah dan mineral pada kedalaman tertentu. Metode geolistrik didasarkan pada kenyataan bahwa material yang berbeda akan mempunyai tahanan jenis yang berbeda apabila dialiri arus listrik (Halik *et al.*, 2008).

Persamaan Darcy adalah suatu persamaan yang umum digunakan untuk menghitung debit, tekanan, dan kecepatan aliran baik aliran linier, aliran radial, aliran bola (spherical), atau setengah bola (*hemospherical*). Awalnya persamaan Darcy didapatkan dari hasil eksperimen tabung silinder lurus yang dilakukan oleh Darcy, analisa selanjutnya persamaan Darcy diturunkan dari Persamaan Navier Stokes untuk mencari solusi kasus yang lebih umum. Jadi Persamaan Darcy yang banyak dipakai dalam perhitungan aliran fluida di reservoir cukup valid karena ditunjang dengan analisa dan eksperimen.

Persamaan Darcy digunakan dalam proses analisis data untuk menduga cadangan air tanah baik pada akuifer bebas maupun akuifer tertekan. Parameter yang digunakan untuk mengisi persamaan tersebut adalah konduktivitas hidrolik, gradien hidrolik serta luas penampang akuifer. Luas penampang akuifer dapat diperoleh dengan mengalikan nilai panjang penampang akuifer (W) dengan ketebalan akuifer (b) (Pangestu *et al*, 2019). Gradien hidrolik dapat diperoleh dengan membagi beda kedalaman muka air tanah dengan panjang lintasan air tanah. Berdasarkan Todd dan Mays (2005) nilai debit dapat ditentukan dengan rumus pada persamaan (1).

$$Q = K \times A \times \frac{\delta h}{\delta L} \quad (1)$$

Di mana:

$$i = \frac{\delta h}{\delta L} \quad (2)$$

$$A = W \times b_{akuifer} \quad (3)$$

Sehingga,

$$Q = K \times W \times b_{akuifer} \times \frac{\delta h}{\delta L} \quad (4)$$

dimana:

Q = Debit, (m^3 /hari)

A = Luas penampang akuifer, (m^2)

W = Panjang penampang akuifer, (m)

$b_{akuifer}$ = ketebalan akuifer, (m)

K = Konduktivitas Hidrolik, (m/hari)

i = Gradien hidrolik

δh = Beda kedalaman muka air tanah, (m)

δL = Panjang lintasan air tanah, (m)

Pada penelitian kali ini akan berbeda dengan penelitian yang sudah pernah dilakukan. Dimana selain menggunakan persamaan Darcy untuk menduga cadangan air tanah baik pada akuifer bebas maupun akuifer tertekan. Akan digunakan konfigurasi data geolistrik yaitu konfigurasi Dipole-Dipole. Di Kota Amurang ini akan menjadi tempat yang tepat, karena masih banyak warga yang masih mencari dimana zona lokasi cadangan air tanah berada. Penentuan zona lokasi cadangan air tanah juga dapat memberikan informasi kepada warga sekitar agar tidak melakukan pengeboran tanah secara sembarangan. Karena dampak pengeboran secara sembarangan dapat menyebabkan kerusakan akuifer. Penelitian penentuan cadangan air tanah di kota Amurang menggunakan persamaan darcy dan Konfigurasi Dipole-dipole belum pernah di lakukan sebelumnya.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini di laksanakan bulan November – Desember 2023, di Laboratorium Fisika Lanjut Universitas Sam Ratulangi Manado

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses penelitian

1. Laptop
2. Perangkat Lunak Surface 16
3. Perangkat Lunak RES2DINV
4. Microsoft Excel 2021
5. Data Geolistrik

Prosedur Penelitian

1. Pengolahan Data

Pengolahan data digunakan Microsoft Exel 2021, *Software Surfer 16* dan *software Res2Dinv*

Parameter yang digunakan yaitu :

1. Konduktivitas hidrolik (K),
2. Ketebalan Lapisan (b)
3. Panjang penampang akuifer (W)
4. Beda kedalaman muka air tanah (δh)
5. Panjang lintasan air tanah (δL)

Software Surfer 16 akan membantu untuk membuat pola aliran air / garis aliran (flownet). Data *Latitude* , *Longitude*, dan *Elevasi* dimasukkan ke dalam Microsoft Excel 2021. Data topografi tiap lintasan akan dimasukkan ke dalam worksheet di *Software Sufer 16*. Data yang sudah dimasukkan ke dalam worksheet selanjutnya akan di simpan dalam format DAT, yang nantinya akan diplot di dalam *Software Surfer 16*.

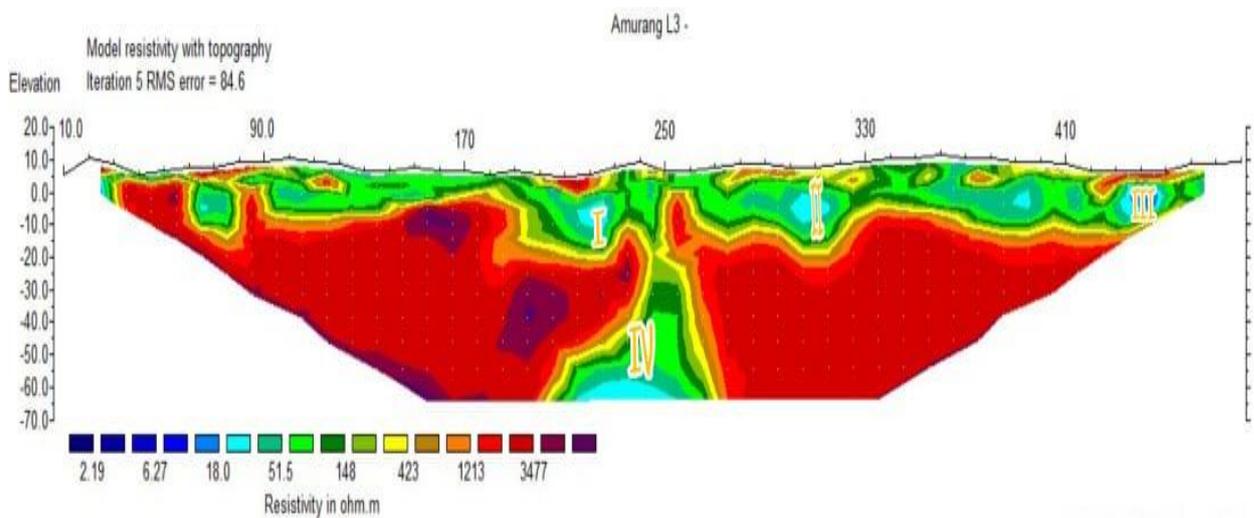
2. Analisis data

- 2.1 Analisis data dilakukan dengan memperlihatkan nilai resistivitas dari hasil inversi menunjukkan jenis-jenis lapisan bawah permukaan termasuk akuifer pada tiap lintasan.
- 2.2 Parameter dari data Geolistrik akan dikombinasikan dengan persamaan Darcy untuk mendapatkan nilai prediksi cadangan air tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Inversi Tampang Lintang Pada Lintasan 3

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data geolistrik. Pengambilan data geolistrik menggunakan konfigurasi Dipol-dipol. Data penelitian ini terdapat 12 lintasan, namun akan hanya di ambil 2 lintasan saja, yaitu lintasan 3 dan lintasan 12. Pada lintasan 3 pengambilan data menggunakan konfigurasi Dipol-dipol dengan jumlah sebanyak 48 buah spasi antara tiap elektroda 10 meter sehingga panjang total lintasan 3 adalah 480 meter dengan relatif lurus.

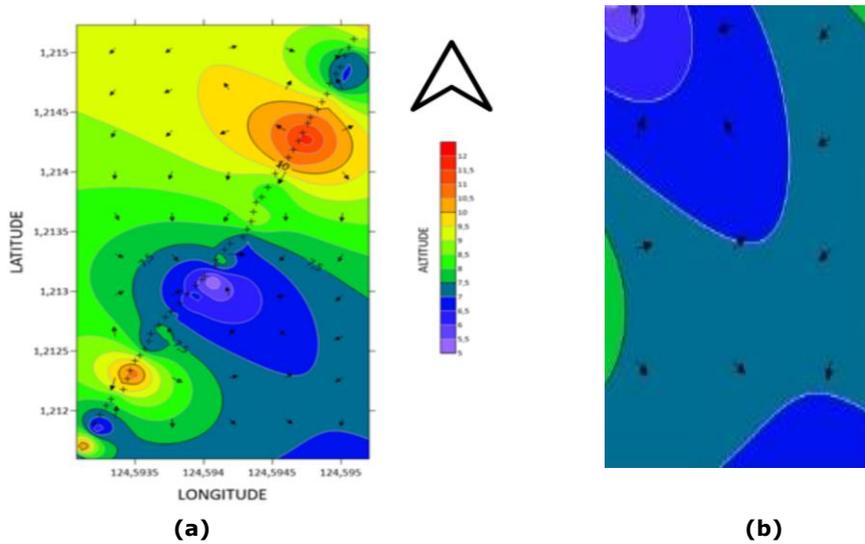


Gambar 1. Model inversiampang lintang konfigurasi Dipole-dipole (Lintasan 3)

Tabel 1. Hasil Data Lintasan 3

Akuifer	Elektroda	Kedalaman (m)
1	22	5-15
2	31	10-20
3	44	8-16
4	24	65-75

Pemetaan Peta *Flownet* Lintasan 3



Gambar 2. Model Pemetaan Peta Aliran Air Tanah (a) Pemetaan aliran air tanah lintasan 3, (b) Daerah laut

Pada Gambar 2(a) karena lintasan 3 memiliki jalur yang datar maka persebaran air umumnya akan menyebar di daerah yang sama, tidak tergantung pada suatu ketinggian tertentu, arah air umumnya datang atau bergerak dari daerah yang berdekatan dengan pantai, namun di dalam tanah air akan tetap bergerak sesuai dengan tinggi dan rendah nya di dalam tanah. Berkaitan dengan ini pada gambar 2(b) adalah daerah yang menunjukkan laut.

Analisis data menggunakan persamaan Darcy pada lintasan 3

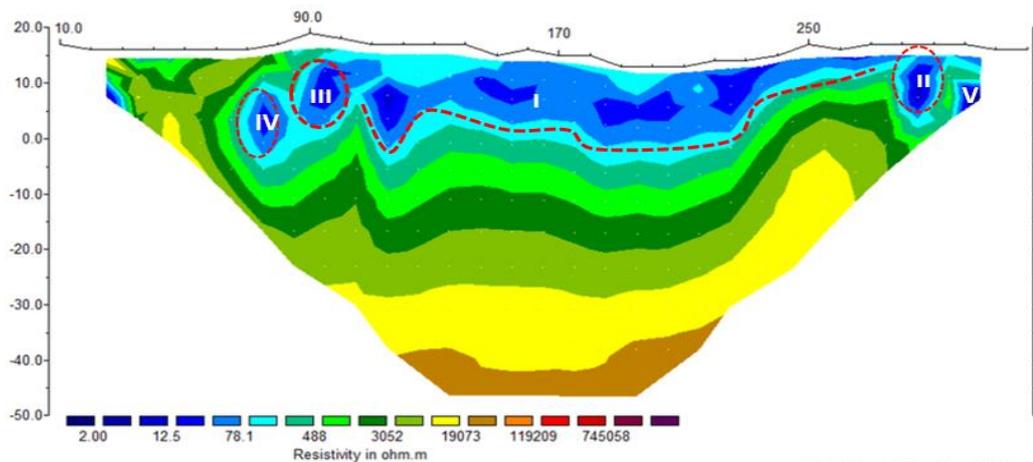
Tabel 1. Nilai parameter persamaan *Darcy* Lintasan 3

Parameter	Akuifer Dangkal	Akuifer Dalam	Satuan
Konduktivitas hidrolik (K)	0,94	0,94	m/hari
Ketebalan lapisan (b)	9,3	10	m
Panjang penampang akuifer (W)	230	45	m
Beda kedalaman muka air tanah (∂h)	5	65	m
Panjang lintasan air tanah (∂L)	480	480	m

Pada Tabel 2 diperoleh prediksi cadangan air tanah pada lintasan 3 untuk air tanah dangkal sebesar $Q = 20,9443 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,2424 \text{ l/detik}$ dan air tanah dalam sebesar $Q = 57,281 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,6629 \text{ l/detik}$.

Model Inversi Tampang Lintang Pada Lintasan 12

Pada lintasan 12 digunakan jumlah elektroda sebanyak 32 buah, spasi antara tiap elektroda adalah 10 meter sehingga panjang total lintasan 12 adalah 320 meter yang relative lurus.



Gambar 3. Model inversi tampang lintang konfigurasi Dipole-dipole (lintasan 12).

Berdasarkan gambar di atas juga memperlihatkan nilai resistivitas tertentu, yang dapat memberikan informasi geologi mengenai struktur akuifer bawah permukaan desa Lopana dan Pondang. Berdasarkan nilai resistivitas batuan atau lapisan bawah permukaan yang di perlihatkan oleh penampang lintang 2 dimensi dapat di duga bahwa lapisan batuan atau struktur akuifer bawah permukaan desa lopana dan pondang adalah di dominasi oleh lapisan batuan lempung , konglomerat , lanau , dan pasir.

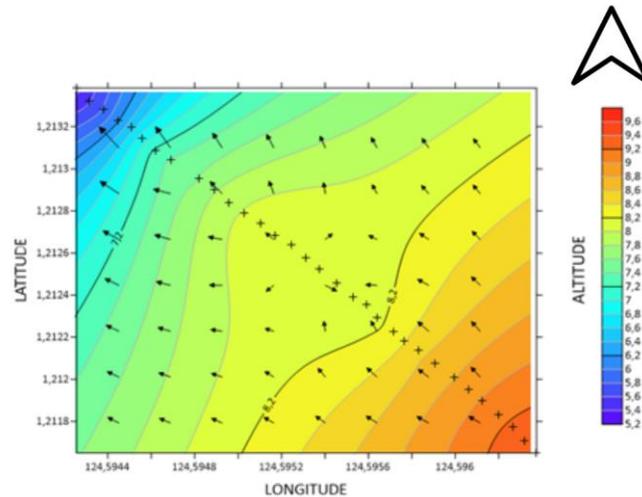
Batuan lempung memiliki nilai resistivitas antara 1 – 100 (Tama dan Supriyadi 2015). Pasir, dan lanau memiliki nilai konduktivitas hidrolis 2.5 m/hari dan 0.08 m/hari (Todd, dan Mays. 2005).

Tabel 4. Hasil Data Lintasan 12

Akuifer	Elektroda	Kedalaman (m)
1	11-27	5-15
2	28	3-13
3	10	5-12,5
4	8	7.5-17,5

Pemetaan Peta *Flownet* Lintasan 12

Pergerakan air tanah dapat diketahui dengan pola garis aliran air tanah. Garis aliran (*flownet*) adalah suatu garis sepanjang butir-butir air akan bergerak dari bagian hulu ke bagian hilir melalui media tanah yang tembus air (*permeable*). Dengan bantuan Software *surfer* version 16, data koordinat titik lokasi penelitian dan elevasi permukaan tanah diolah menjadi peta *flownet*.



Gambar 4. Model Pemetaan Peta Aliran Air Tanah

Pada Gambar 4. dapat dilihat elevasi tertinggi pada bagian Timur, sehingga pola pergerakan air cenderung terjadi dari titik tertinggi yaitu pada elektroda 1 sampai ke elektroda 32, dari elevasi tinggi ke tempat dengan elevasi yang rendah.

Analisis data menggunakan persamaan Darcy pada lintasan 12

Tabel 5. Nilai Parameter Persamaan Darcy (Lintasan 12)

Parameter	Akuifer Dangkal	Satuan
Konduktivitas hidrolik (K)	2,5	m/hari
Ketebalan lapisan (b)	8,5	m
Panjang penampang akuifer (W)	220	m
Beda kedalaman muka air tanah (∂h)	5	m
Panjang lintasan air tanah (∂L)	320	m

Pada tabel 4 diperoleh prediksi cadangan air tanah pada lintasan 12 untuk air tanah dangkal sebesar $73,046 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $0,8454 \text{ l/detik}$. Untuk lintasan 12 tidak ada akuifer dalam, karena pengukuran pada lintasan 12 tidak mencapai kedalaman akuifer dalam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk analisis cadangan air tanah menggunakan data geolistrik dan persamaan Darcy : Studi Kasus di Kota Amurang dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai Rata-rata ketebalan akuifer bebas pada lintasan 12 adalah 8,5 m. Nilai Konduktivitas Hidrolik rata- rata 2,5 m/ hari
2. Nilai Rata- rata ketebalan akuifer bebas dan akuifer tertekan pada lintasan 3 adalah 9,3 m dan 10 m . Nilai Konduktivitas Hidrolik rata- rata 0,94 m/ hari untuk akuifer bebas dan akuifer tertekan
3. Prediksi cadangan air tanah dangkal pada lintasan 12 didapatkan menggunakan persamaan Darcy $Q = 73,046 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,8454 \text{ l/detik}$
4. Prediksi cadangan air tanah dangkal dan dalam pada lintasan 3 didapatkan menggunakan persamaan Darcy $Q = 20,9443 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,2424 \text{ l/detik}$ untuk akuifer dangkal , dan $Q = 57,281 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $Q = 0,6629 \text{ l/detik}$ untuk akuifer dalam

DAFTAR PUSTAKA

- Gijoh, O. T., As'ari., Pasau, G. 2017. Identifikasi Akuifer Air Tanah Di Masjid Kampus Universitas Sam Ratulangi dan Sekitarnya dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-dipol. *Jurnal MIPA UNSRAT Online Manado*. **6(1)**: 17-20.
- Halik, G., and Widodo, S. J. 2008. Pendugaan Potensi Air Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kampus Tegal Boto Universitas Jember. Laboratorium Hidroteknik Fakultas Teknik Jurusan Sipil UNEJ, Jember.
- Manrulu, R.H., and Nurfalaq, A. 2017. Metode Geofisika (Teori dan Aplikasi). Palopo: UNCP Press.
- Margat J, van der Gun J. 2013. Groundwater Around the World: A Geographic Synopsis. Taylor & Francis Group, New York (US): CRC Press.
- Mori K. 2006. Hidrologi untuk Pengairan (diterjemahan dari : Manual on Hydrology, penerjemah : L. Taulu). Jakarta (ID): Pradya Paramita.
- Pangestu, P., & Waspodo, R. S. B. (2019). Prediksi Potensi Cadangan Air Tanah Menggunakan Persamaan Darcy di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, **4(1)**: 59-68.
- Sulu, S., As'ari, Tongkukul, S. H. J. 2015. Pemetaan Akuifer Air Tanah di Wilayah Kampus UNSRAT Manado dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan. *Jurnal Ilmiah Sains*. **15(1)**: 20-25.
- Tama, S. K., dan Supriyadi. 2015. Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger. *Unnes Physics*
- Todd, & Mays. (2005). Groundwater Hydrology ed B Zobrist (New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.). In *Arbaminch* (Vol. 4, Issue DAJHBJD, pp. 100-120).