

Penyelidikan Hidrogeologi Dengan Metode Geolistrik Schlumberger di Kecamatan Hamparan Perak, Deli Serdang, Sumatera Utara

Syamsul Amien

Kepala Laboratorium Konversi Energi Listrik
Departemen teknik Elektro , Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara

Abstrak—Sehubungan dengan pertambahan jumlah penduduk, maka kebutuhan akan air bersih cenderung meningkat. Sumberdaya air bawah permukaan atau airtanah adalah salah satu sektor penting yang menjadi perhatian Pemerintah, karena airtanah merupakan alternatif utama sumber air baku untuk pasokan kebutuhan air bagi berbagai keperluan kegiatan manusia. Dalam mengantisipasi pengaruh pengembangan wilayah secara umum, maka perlu usaha untuk dapat mengatasi kebutuhan air baku, irigasi dan industri serta cara pengendalian yang menjadi penyebab penyaluran dan resapan air ke dalam tanah. Penyelidikan ini dilakukan di Kec. Hamparan Perak, Sumatera Utara yaitu dengan mengukur tahanan jenis dan pemetaan penyebaran lapisan penyalur airtanah (akuifer) agar gambaran tentang kondisi airtanah dapat diketahui. Cara untuk mengetahui keadaan akuifer airtanah, salah satunya adalah dengan metoda Geolistrik yaitu menggunakan metoda tahanan jenis (resistivity) Schlumberger.

Kata Kunci : Hidrogeologi, Geolistrik, Airtanah.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan air bersih di suatu daerah banyak upaya yang dapat dilakukan sesuai kondisi dan potensi yang ada. Khusus untuk pembuatan sumur bor airtanah dalam (deep well), terlebih dahulu dilakukan penyelidikan geologi dan hidrogeologi sebagai bagian kegiatan eksplorasi.

Kegiatan eksplorasi dengan metoda tahanan jenis/pendugaan geolistrik adalah merupakan suatu metoda geofisika dalam penyajian data susunan satuan batuan bawah permukaan melalui sifat-sifat kelistrikan batuan. Eksplorasi pendugaan geolistrik mengikuti sistem susunan elektroda schlumber, dengan cara mengalirkan arus listrik searah kedalam bumi.

Data lapangan yang dihasilkan merupakan data semu dari sifat kelistrikan batuan. Melalui pengolahan data akan diperoleh sifat kelistrikan batuan vertikal sebenarnya. Interpretasi data lapangan akan menggambarkan kondisi lapisan

batuan bawah permukaan secara vertikal. Melalui sifat-sifat kelistrikan batuan ini dapat di tafsirkan banyak hal yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Diantaranya adalah pendugaan susunan batuan bawah permukaan secara vertikal maupun horizontal serta perkiraan batuan pembawa air (akuifer). Untuk interpretasi data secara horizontal dibutuhkan banyak titik ukur, dalam hal ini titik pengukuran disusun secara sistematis (sistem grid). Lingkup kegiatan meliputi penyelidikan geologi dan hidrogeologi serta pengambilan data lapangan. Metoda yang dikerjakan ini merupakan suatu kajian ilmiah yang didasarkan pada kaidah-kaidah keilmuan dan metoda kerja eksplorasi geofisika.

B. Maksud dan Tujuan

Seperti yang telah dikemukakan di atas bahwa penyelidikan hidrogeologi dilakukan dengan metoda pendugaan geolistrik susunan elektroda schlumberger yang bertujuan :

- Untuk memperkirakan ada tidaknya lapisan pembawa air (akuifer);
- Untuk mencari / mengetahui letak, posisi, ketebalan, kedalaman dan penyebaran lapisan pembawa air (akuifer) bawah permukaan;
- Pendugaan susunan batuan bawah permukaan (litologi) melalui susunan besar tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya dan ketebalannya serta posisi kedalaman;

C. Peralatan yang digunakan :

- Alat Geolistrik terdiri dari :
Transmitter arus berkekuatan 1.500 Watt; Receiver dengan sensitifitas 0,10 mVolt; Kabel Arus sepanjang 1.000 meter; Kabel Potensial sepanjang 200 meter;
Batang elektroda 18 buah; Accu 12 Volt ; 50 AH 1 buah.
- Alat Pendukung Lapangan dan Studio
Peta Geologi Lembar Medan Skala 1 : 250.000; Peta Rupa Bumi Skala 1 : 50.000 (digital); Kompas Geologi; Palu Geologi Global Positioning System (GPS); Handy Talky 4 Buah; Komputer; Printer; Kamera Digital.

D. Personil

Personil pelaksana dalam kegiatan penyelidikan ini terdiri dari : Team Leader merangkap Geofisis 1 (orang) orang; Geologis 1 (satu) orang; Hidrogeologis 1 (satu) orang; Operator 2 (dua) orang; Tenaga lapangan lepas 4 (empat) orang.

E. Lokasi Penyelidikan

Lokasi penyelidikan berada di Dusun Tapak Kuda Desa Buluh Cina Kecamatan Hamparan Perak Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara dengan jumlah titik ukur geolistrik sebanyak 23 titik.



Gambar 1. Peta Hamparan Perak

Metodologi penyelidikan Hidrogeologi dengan melakukan kajian data skunder dari peta geologi lembar Medan Skala 1 : 250.000 yang dilanjutkan dengan pengamatan lapangan pada daerah penyelidikan dengan mengkaji keadaan geologi, meliputi perlapisan batuan, struktur geologi serta sifat keairan batuan. Pendugaan geolistrik dilakukan dengan model susunan elektroda schlumberger. Data lapangan disajikan dalam bentuk kurva tahanan Jenis Semu vertikal batuan versus kedalaman. Penafsiran data lapangan dikerjakan dengan menggunakan perangkat lunak Lahey Fortran

II. HIDROGEOLOGI

A. Sikap Batuan Terhadap Air

Berdasarkan singkapan batuan yang terdapat di daerah penyelidikan batuan yang dominan berupa pasir lempungan dengan pasir berukuran butir sedang, berwarna abu abu keputihan dan memiliki porositas yang cukup baik. Batuan ini bertindak sebagai akifer (lapisan pembawa air) untuk sumur gali. Akifer ini sedikit tergantung pada musim dimana pada musim kemarau akan mengalami penurunan debit. Untuk pemboran dalam diperkirakan akifer (lapisan pembawa air) berupa batupasir dari Formasi Julurayeu.

B. Kondisi Air Tanah

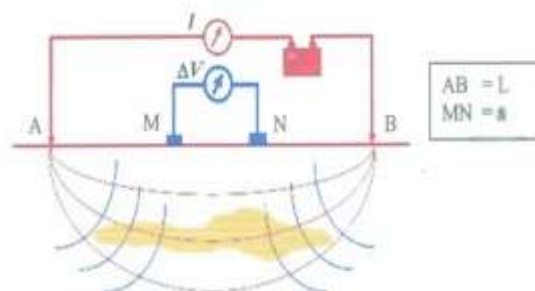
Di lokasi ini di diami satu kepala keluarga, sumber air untuk kebutuhan sehari – hari diperoleh dari sumur gali dengan kedalaman sumur 4 meter dan TKA 3 meter. Sumur gali ini tergantung pada musim bila musim kemarau akan terjadi penurunan debit , kondisi air jernih dan tidak berbau. Batuan akifer pada sumur gali berupa pasir lempungan.dari satuan alluvial, untuk sumur bor dalam, akifer diperkirakan berupa batupasir dari Formasi Julurayeu.

III. PENAFSIRAN GEOLISTRIK

A. Metoda Penyelidikan dan Analisis Geofisika

Penyelidikan hidrogeologi dengan metoda geolistrik yang dikerjakan adalah metoda dengan model susunan elektroda Schlumberger. Rentang kabel Arus (I) dan Potensial (P) disesuaikan kebutuhan (Gambar 2.). Dalam hal ini 600 dan 50 meter untuk rentang kabel arus dan potensial (mulai dari $l/2 = 1,50 - 300$ meter dan mulai $a/2 = 0,50 - 25$ meter)

Analisis tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya dapat menafsirkan letak dan posisi akuifer airtanah dalam. Di samping itu besarnya tahanan jenis dapat mengidentifikasi sifat fisik batuan serta sifat keairan batuan. Morfologi dan lingkungan pengendapan batuan memberi pengaruh pada keterdapatan airtanah.



Gambar 2 : Rangkaian Pengukuran Geolistrik – Schlumberger

Resistivity : $\rho = \frac{\Delta V}{I}$, dimana K = koefisien geometri

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{NB} \right) \right\}$$

$$AM = \frac{L-a}{2}, \quad AN = \frac{L+a}{2}, \quad MB = \frac{L+a}{2} \quad \text{dan} \quad NB = \frac{L-a}{2}$$

Sehingga :

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

$$= 2\pi \left\{ \left(\frac{2}{L-a} - \frac{2}{L+a} \right) - \left(\frac{2}{L+a} - \frac{2}{L-a} \right) \right\}$$

$$= 2\pi \left\{ \frac{2}{L-a} - \frac{2}{L+a} - \frac{2}{L+a} + \frac{2}{L-a} \right\}$$

$$= 2\pi \left\{ \frac{4}{L-a} - \frac{4}{L+a} \right\}$$

$$= 8\pi \left\{ \frac{1}{L-a} - \frac{1}{L+a} \right\}$$

$$= 8\pi \left\{ \frac{(L+a) - (L-a)}{L^2 - a^2} \right\} = 8\pi \left\{ \frac{2a}{L^2 - a^2} \right\}$$

Maka diperoleh :

$$\rho = 8\pi \left\{ \frac{2a}{L^2 - a^2} \right\}, \quad \frac{\Delta V}{I} = \left\{ \frac{16\pi a}{L^2 - a^2} \right\}, \quad \frac{\Delta V}{I}$$

Dimana :

ρ = resistivity, ΔV = besar tegangan pada M-N dan
I = besar arus listrik A-B.

B. Lapisan Pembawa Air

Lapisan Pembawa Air Berdasarkan :

- Sama Tahanan Jenis Semu dalam hal ini $L/2 = 10$ meter; $L/2 = 50$ meter; $L/2 = 100$ meter dan $L/2 = 300$ meter.

$L/2 = 10$ meter

Pada $L/2 = 10$ meter atau $L = 20$ meter, secara teoritis menunjukkan kedalaman tembus arus/kedalaman lapisan sebesar $1/3 \times 20$ meter = $\pm 6,5$ meter memperlihatkan pola endapan batuan dengan garis sama tahanan jenis semu batuan < 20 Ωm berarah Timur – Barat. Pada kondisi ini kualitas air diduga asin – payau, kearah Utara sudah dapat dipastikan kualitas air asin – payau, hal ini dikarenakan daerah utara merupakan daerah pantai. Sementara ke bagian selatan belum dapat diketahui dengan pasti sejauh mana air asin – payau menyusup/masuk kedaratan.

Untuk garis sama tahanan jenis semu batuan > 20 Ωm terlihat pola endapan batuan berarah Barat – Timur, kualitas air diduga Baik, litologi dari Formasi Medan (Qpme) : Bongkah-bongkah, kerikil, pasir, lanau dan lempung;

$L/2 = 50$ meter

Pada $L/2 = 50$ meter dengan kedalaman tembus arus/kedalaman lapisan $1/3 \times 100 = \pm 30$ meter memperlihatkan pola endapan batuan dengan garis sama tahanan jenis semubatuan < 20 Ωm berarah Timur – Barat, kualitas air diduga asin – payau, pada bagian Selatan air asin – payau masuk kedaratan sampai Desa/Dusun Pondok.

Pada garis sama tahanan jenis semu batuan > 20 Ωm , terlihat pola endapan batuan berarah Barat – Timur kualitas air diduga Baik. Litologi dari Formasi Medan (Qpme) : Bongkah-bongkah, kerikil, pasir, lanau dan lempung;

$L/2 = 100$ meter

Pada $L/2 = 100$ meter dengan kedalaman tembus arus/kedalaman lapisan $1/3 \times 200 = \pm 65$ meter memperlihatkan pola endapan batuan masih berarah Timur – Barat dengan zona endapan batuan sudah semakin sempit (mengecil) untuk garis sama tahanan jenis semu batuan < 20 Ωm . Pada bagian selatan air asin – payau yang masuk kedaratan Desa/Dusun Pondok. Pada garis sama tahanan jenis semu batuan > 20 Ωm masih berarah Barat – Timur dengan wilayah penyebaran semakin luas. Kualitas air diduga Baik. Litologi dari Formasi Medan (Qpme) : Bongkah-bongkah, kerikil, pasir, lanau dan lempung dan Satuan Tufa Toba (Qvt); Tufa riodasit dan sebagian terlaskan (welded tuff);

$L/2 = 300$ meter

Pada $L/2 = 300$ meter, dengan kedalaman tembus arus/kedalaman lapisan 200 meter, memperlihatkan pola endapan batuan untuk garis sama tahanan jenis semu batuan < 20 Ωm berarah Utara – Selatan, daerah rawan air tawar ini penyebarannya sudah semakin mengecil, untuk garis sama tahanan jenis semu batuan > 20 Ωm sudah semakin meluas, kualitas air diduga Baik, di bagian Barat Daya daerah penyelidikan, terlihat endapan batuan yang kompak / mengarah pada batuan yang masif. Litologi diduga dari Formasi Juluraye (Qtjr) Batupasir berlapis dan batulumpur.

- Tahanan Jenis Batuan Vertikal Sebenarnya:

Dari 23 (tiga) titik ukur yang dikerjakan, dapat ditafsirkan bahwa lapisan batuan bawah permukaan relatif homogen bila ditinjau dari pengelompokan besarnya tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya.

Berdasarkan besarnya nilai tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya, untuk tahanan jenis batuan > 1.000 Ωm tingkat kesarangan air (porositas) sangat rendah dan permeabilitas sangat tinggi, lapisan ini ditafsirkan sebagai lapisan bukan akiifer. Sementara nilai tahanan jenis sebesar 100 - $\leq$ 1.000 Ωm , tingkat kesarangan air sangat rendah sampai rendah, tahanan jenis sebesar 50 - $\leq$ 100, tingkat kesarangan air rendah sampai sedang dan tahanan jenis sebesar 10 - $\leq$ 50 kesarangan air sedang sampai tinggi. Tahanan Janis Vertikal Batuan sebenarnya $\leq$ 10 Ωm

diperkirakan kualitas air yang kurang baik, untuk daerah pantai kualitas air payau – asin. Besarnya tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya dan tingkat porositas nya menunjukkan tingkat kekompakan dari batuan akifer yang artinya makin besar nilai tahanan jenis berarti porositas semakin rendah dan permeabilitas semakin tinggi, batuan makin masif/pejal dan tingkat kemampuan

mengalirkan air semakin rendah demikian sebaliknya. Tingkat kekerasan batuan bergantung pada Formasi dan Litologi yang ada. Ketebalan/kedalaman dari lapisan batuan bawah permukaan dan perkiraan litologi dari batuan sebagai lapisan pembawa air, seperti Tabel 1 berikut, diambil untuk dua titik contoh yaitu:

Tabel 1. Tahanan Jenis Vertikal Batuan Sebenarnya Lokasi Kecamatan Hamparan Perak

No. Titik	Tebal Lapisan (m)	Kedalaman (m)	Resistivity (Ωm)	Formasi /Perkiraan Litologi ^{*)}	Keterangan
HPR.1	0,70	0,00 – 0,70	12	Tanah penutup	Akifer dangkal, air asin
	2,20	0,70 – 2,90	5	Form Medan (Qpme)	Akifer dangkal, air asin
	7,70	2,90 – 10,60	9	Form Medan (Qpme)	Akifer dangkal air payau
	28,80	10,60 – 39,40	12	Form Medan (Qpme)	Akifer dangkal – dalam, luah
	118,30	39,40- 157,70	29	Tufa Toba , Fm Medan	sedang – tinggi
		157,70 ~	17	Form Julurayeu (QTjr)	Akifer dangkal – dalam, luah sedang – tinggi
HPR.2	0,70	0,00 – 0,70	66	Tanah penutup	Akifer dangkal,
	2,00	0,70 – 2,80	42	Form Medan (Qpme)	Akifer dangkal,
	8,00	2,80 – 10,80	23	Form Medan (Qpme)	Akifer dangkal air asi
	33,10	10,80 – 43,90	5	Form Medan (Qpme)	Akifer dangkal – dalam, luah
	101,30	43,90–145,20	17	Tufa Toba , Fm Medan	sedang – tinggi
		145,20 ~	28	Form Julurayeu (QTjr)	Akifer dangkal – dalam, luah sedang – tinggi

Formasi Medan (Q pme) = Bongkah-bongkah, kerikil, pasir, lanau dan lempung

Satuan Tufa Toba (Qvt) = Tufa riadasit dan sebahagian terlaskan

Formasi Julu Rayeu (QTjr) = Batupasir berlapis, konglomerat dan batulumpur

IV. KESIMPULAN

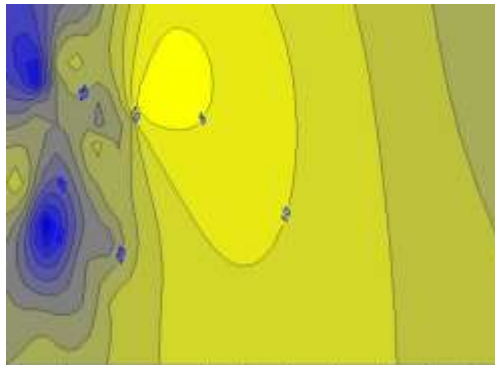
Dari pengamatan lapangan dan hasil pengukuran geolistrik dapat disimpulkan dan disarankan bahwa :

1. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan maka satuan morfologi daerah penyelidikan berupa pedataran, yang digunakan sebagai lahan pemukiman, perkebunan, persawahan dan rawa rawa dengan batuan yang mendasari berupa satuan pasir lempungan, pasir dan kerikil dengan pasir berukuran butir halus – sedang berwarna abu abu keputihan, abu abu kehitaman;
2. Stratigrafi daerah penyelidikan yang dapat diamati di lapangan berupa satuan pasir lempungan, pasir dan kerikil dengan pasir berukuran butir halus – sedang berwarna abu abu keputihan dan abu abu kehitaman. Satuan ini terlihat menyebar di daerah penyelidikan;
3. Berdasarkan singkapan batuan yang terdapat di daerah penyelidikan batuan yang dominan berupa pasir lempungan, pasir dan kerikil

dengan pasir berukuran butir halus – sedang, berwarna abu abu keputihan dan memiliki porositas yang cukup baik. Batuan ini bertindak sebagai akifer untuk sumur gali. Untuk pemboran dalam diperkirakan akifer berupa batupasir dari Formasi Julurayeu.

4. Hasil pengukuran geolistrik pada 23 (tiga) titik ukur, batuan yang bertindak
5. Sebagai akifer dangkal maupun dalam atau dengan kata lain akifer dangkal sampai dalam Analisa dilakukan untuk setiap titik tetapi pada penulisan ini tidak dicantumkan dan hanya diambil satu contoh saja yaitu : titik ukur HPR.1
6. Titik ukur HPR.1 dari hasil pengukuran geolistrik, Pada kedalaman 39,40 – $\geq$ 157,70 meter dengan tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya 29 dan 17 Ωm adalah batuan dengan tingkat porositas yang baik, fisikmeter dengan tahanan jenis vertikal batuan sebenarnya 29 dan 17 Ωm adalah batuan dengan tingkat porositas yang baik, fisik batuan yang kurang kompak dengan kesarangan air

sedang – tinggi, dapat bertindak sebagai akifer dangkal – dalam yang produktif, akumulasi air antar butir/pori. Kalitas air baik, litologi Tufa dari Satuan Tufa Toba dan batupasir berlapis, konglomerat dan batulumpur dari Formasi Julurayeu



Gambar 3. Peta Isoresistivity, L/2 = 10 meter

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Edi Wahyu Pudjianto, 1984, ***Analisa Kualitas Air. Pengendalian dan Pemeriksaan Sampel Air.*** Departement Kesehatan RI. Akademi Teknologi Sanitasi Surabaya, Penerbit : Bina Indra Karya – Surabaya, Percetakan Offset dan Penerbit, Cetakan ke I BIK offset Printing Surabaya.
- [2] Meinzer, O. 1942, ***Occurence, Origin and Discharge of the Groundwater in Hydrology***, Dover. New York. P385-443
- [3] Moh. Nazir Ph.D, 2011, ***Metode Penelitian***, Penerbit : Ghalia Indonesia (Anggota IKAPI).
- [4] NR. Cameron dkk., 1982, ***Peta Geologi Lembar Medan***, Skala 1 : 250.000;
- [5] Robert A. Van Zuidam, 1985, ***Aerial Photo Interpretation In Terrain Analysis and Geomorphologic***, Mapping, Smits Publisher;
- [6] Ray K Linsley JR, Max A. Kohler, Joshep LH Paulhus, 1982, ***Hydrology for Engineers***. International Student edition (third Edition) Mc Graw-Hill Series in Water resources and Environmental Engineering. Auckland, Bogota, Guatemala, Hamburg, Johanesburg, Lisbon, London, Madrid, Mexico, New-Delhi, Panama, Paris, San Paulo, Singapore, Sidney, Tokyo.
- [7] Robert J.Kodoatie PhD, Roestam Sjarief PhD, 2008, ***Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu***, Penerbit : CV Andi Offset Yogyakarta. Edisi ke II. Hak Cipta 2005, 2008 pd penulis
- [8] Rjiv Bari, 1981, ***Experiments in Engineering Geology***, Published by Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 12/4 Asaf Ali Road, New Delhi 110024, Editorial Assistant : Ranjan Kaul, Production Supervisor : MS Phogat.
- [9] Wahyu., 1985 ***Penyelidikan Hidrogeologi dengan Pendugaan Geolistrik di Daerah Medan dan Sekitarnya.***, Laporan Teknis Kanwil Deptamben Prop. SU., Tidak di terbitkan.