

# Pengukuran Resistivitas Batuan Bawah Tanah Sekitar Menara Sains ITS

Mohammad Istajarul Alim, Bramantya Ramadhany, Rahman Raf Sanjani, Diky Anggoro  
Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Raya ITS, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: md\_istajarul@yahoo.co.id

**Abstrak**—Metode resistivitas pada eksplorasi geofisika merupakan suatu metode yang menggunakan parameter tahanan jenis sebagai nilai yang akan diukur. Konfigurasi yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu konfigurasi wenner. Konfigurasi tersebut memungkinkan digunakan empat buah elektroda dengan jarak yang sama. Arus yang diinjeksikan pada tanah akan merambat. Rambatan arus tersebut akan dihambat oleh adanya nilai tahanan jenis atau resistivitas batuan. Nilainya bergantung pada jenis-jenis batuan yang ada. Karena adanya arus listrik DC yang mengalir, maka elektroda lain dapat digunakan untuk pengukuran beda potensial yang kemudian dikalkulasikan untuk menentukan nilai tahanan jenisnya. Data tersebut kemudian dilakukan permodelan inversi agar dapat dilakukan interpretasi data secara kuantitatif maupun kualitatif. Berdasarkan hasil interpretasi tersebut, didapatkan bahwa batuan di daerah pengukuran diduga berupa material tanah lempung dan pasir berdasarkan informasi literatur yang ada. Apabila kita bandingkan dengan data yang didapatkan berdasarkan informasi geologi, maka daerah pengukuran merupakan daerah aluvial yang kaya akan material kerikil, tanah lempung dan pasir.

**Kata Kunci** – Arus listrik DC, resistivitas, konfigurasi wenner.

## I. PENDAHULUAN

Bumi merupakan suatu planet yang memiliki komposisi batuan yang berbeda-beda. Batuan-batuan tersebut tersebar diseluruh kerak bumi yang memiliki karakteristik sangat keras. Tentunya, berbagai jenis batuan akan memiliki sifat yang berbeda-beda. Sebagai contoh kita dapat mengambil sifat kemampuan batuan dalam menghantarkan listrik. Tentunya, batuan yang memiliki komposisi logam paling banyak akan sangat mudah dalam menghantarkan arus listrik. Hal tersebut tentunya akan berlaku kebalikannya. Namun, yang menjadi kesulitan dalam menentukan kemampuan menghantarkan arus listrik adalah topologi dari permukaan bumi itu sendiri. Tentunya kita tidak menginginkan menentukan nilai tahanan jenis tersebut dengan melakukan pengukuran secara langsung dengan menggali tanah. Solusi yang dapat ditawarkan berdasarkan permasalahan tersebut yaitu dengan dilakukannya pengukuran eksplorasi geofisika dengan menggunakan metode geolistrik-resistivitas yang berkonfigurasi wenner.

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode yang cukup banyak digunakan dalam dunia eksplorasi khususnya eksplorasi air tanah karena resistivitas dari batuan sangat sensitif terhadap kandungan airnya. Sebenarnya ide dasar dari metode ini sangatlah sederhana, yaitu dengan menganggap bumi sebagai suatu resistor. Metode geolistrik resistivitas atau tahanan jenis adalah salah satu dari kelompok metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat

aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Metode resistivitas umumnya digunakan untuk eksplorasi dangkal, sekitar 300 – 500 m. Prinsip dalam metode ini yaitu arus listrik diinjeksikan ke alam bumi melalui dua elektrode arus, sedangkan beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektrode potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik dapat diperoleh variasi harga resistivitas listrik pada lapisan di bawah titik ukur [1].

Metode kelistrikan resistivitas dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dengan frekuensi rendah ke permukaan bumi yang kemudian diukur beda potensial diantara dua buah elektrode potensial. Pada keadaan tertentu, pengukuran bawah permukaan dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material bumi memiliki sifat resistif atau seperti perilaku resistor, dimana material-materialnya memiliki derajat yang berbeda dalam menghantarkan arus listrik. Adapun nilai tahanan jenis pada berbagai macam batuan dan air di kerak bumi dapat ditulis dalam tabel 1 [1].

Tabel 1. Nilai tahanan jenis berbagai batuan dan air

Batuan	Tahanan Jenis ( $\Omega.m$ )	Air	Tahanan Jenis ( $\Omega.m$ )
Tanah penutup	250–1700	Air meteorik	30–1000
Pasir lempungan	30–215	Air laut	0.2
Lempung (basah)	1–100	Saline water 3%	0.15
Tanah berpasir (kering)	80–1050	Saline water 20%	0.05
Tanah (40% lempung)	8	Air permukaan (batuan beku)	0.1–3000
Tanah (20% lempung)	33	Air permukaan (batuan sedimen)	10–100
Lempung (kering)	50–150	Airtanah alami (batuan beku)	0.5–150
Pasir tufaan	20–100	Airtanah alami (batuan sedimen)	1–100

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode resistivitas dibedakan menjadi dua yaitu mapping dan sounding. Metode geolistrik resistivitas mapping merupakan metode resistivitas yang bertujuan mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektrode yang tetap untuk semua titik datum di permukaan bumi. Sedangkan metode resistivitas sounding bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan bumi secara vertikal. Pada metode ini pengukuran pada satu titik ukur dilakukan dengan cara mengubah-ubah jarak elektrode. Perubahan jarak elektrode tidak dilakukan secara sembarang, tetapi mulai jarak elektrode kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektrode ini sebanding dengan kedalaman lapisan yang terdeteksi [2].

Pada prinsipnya, pengukuran metode resistivitas dilakukan dengan mengalirkan arus melalui elektrode C1 dan C2 dan pengukuran beda potensial pada P1 dan P2. Jika diasumsikan bahwa bumi homogen isotropis, maka tahanan jenis yang diperoleh adalah tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektrode. Namun, pada kenyataannya

bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh lapisan-lapisan tersebut. Harga resistivitas yang diukur seolah-olah merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja. Sehingga resistivitas yang terukur adalah resistivitas semu [2].

Pengukuran dalam metode geolistrik resistivitas memiliki berbagai konfigurasi. Konfigurasi tersebut diantaranya Wenner, Schlumberger, dan dipol-dipol. Pada konfigurasi Wenner, elektroda arus dan elektroda potensial mempunyai jarak yang sama yaitu  $C1P1 = P1P2 = P2C2$ . Jadi jarak antar elektrode arus adalah tiga kali jarak antar elektrode potensial. Perlu diingat bahwa keempat elektrode dengan titik datum harus membentuk satu garis. Pada resistivitas mapping, jarak spasi elektrode tidak berubah-ubah untuk setiap titik datum yang diamati, sedang pada resistivitas sounding, jarak spasi elektrode diperbesar secara bertahap, mulai dari harga a kecil sampai harga a besar, untuk satu titik sounding. Batas pembesaran spasi elektrode ini tergantung pada kemampuan alat yang dipakai. Makin sensitif dan makin besar arus yang dihasilkan alat maka makin leluasa dalam memperbesar jarak spasi elektrode tersebut, sehingga makin dalam lapisan yang terdeteksi atau teramati [3].

Konfigurasi selanjutnya yaitu Schlumberger. Konfigurasi ini dilakukan dengan membuat jarak antar elektroda penangkap beda potensial dibuat sekecil mungkin. Keunggulan konfigurasi Schlumberger ini adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda penangkap beda potensial [3].

Selain konfigurasi Wenner dan Schlumberger, konfigurasi yang dapat digunakan adalah Pole-pole, Pole-dipole dan Dipole-dipole. Pada konfigurasi Pole-pole, hanya digunakan satu elektroda untuk arus dan satu elektrode untuk potensial. Sedangkan elektroda yang lain ditempatkan pada sekitar lokasi penelitian dengan jarak minimum 20 kali spasi terpanjang  $C1-P1$  terhadap lintasan pengukuran. Sedangkan untuk konfigurasi Pole-dipole digunakan satu elektrode arus dan dua elektrode potensial. Untuk elektrode arus  $C2$  ditempatkan pada sekitar lokasi penelitian dengan jarak minimum 5 kali spasi terpanjang  $C1-P1$ . Sehingga untuk penelitian skala laboratorium yang mungkin digunakan adalah konfigurasi Dipole-dipole. Pada konfigurasi Dipole-dipole, dua elektroda arus dan dua elektroda potensial ditempatkan terpisah dengan jarak na, sedangkan spasi masing-masing elektrode a. Pengukuran dilakukan dengan memindahkan elektrode potensial pada suatu penampang dengan elektrode arus tetap, kemudian pemindahan elektrode arus pada spasi n berikutnya diikuti oleh pemindahan elektrode potensial sepanjang lintasan seterusnya hingga pengukuran elektrode arus pada titik terakhir di lintasan [3].

II. METODE PENELITIAN

Pada percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS dilakukan dengan menentukan nilai beda potensial pada elektroda pengukuran. Beda potensial tersebut kemudian dapat diinversikan untuk menampilkan nilai sebaran resistivitas.

2.1 Peralatan dan Bahan

Dalam percobaan ini, peralatan dan bahan yang digunakan yaitu *resistivity meter tigre campus* sebagai alat injeksi arus dan pengukur beda potensial hingga diolah menjadi tahanan

jenis. Digunakan 2 elektroda arus sebagai aliran arus awal dan 2 elektroda potensial untuk menentukan beda potensial titik pengukuran. 4 buah kabel digunakan sebagai konduktor aliran arus listrik. Kemudian digunakan meteran untuk menentukan lokasi pengukuran. Dan yang terakhir palu digunakan untuk ditancapkannya elektroda pada tanah.

2.2 Skema kerja

Langkah kerja dilakukannya percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS adalah peralatan disiapkan seperti pada gambar 1. Kemudian elektroda ditancapkan pada tanah dengan beda jarak yang sama yaitu  $C1P1-P1P2=P2C2=a$  sepanjang total 40 meter. Kabel selanjutnya dapat dihubungkan dengan elektroda dan *resistivity meter tigre campus*. Pengukuran kemudian dapat dilakukan hingga menghasilkan nilai resistivitas pada alat tersebut. Pengukuran kemudian dilakukan untuk titik yang berbeda dan dilakukan variasi nilai a.

2.3 Skema Alat

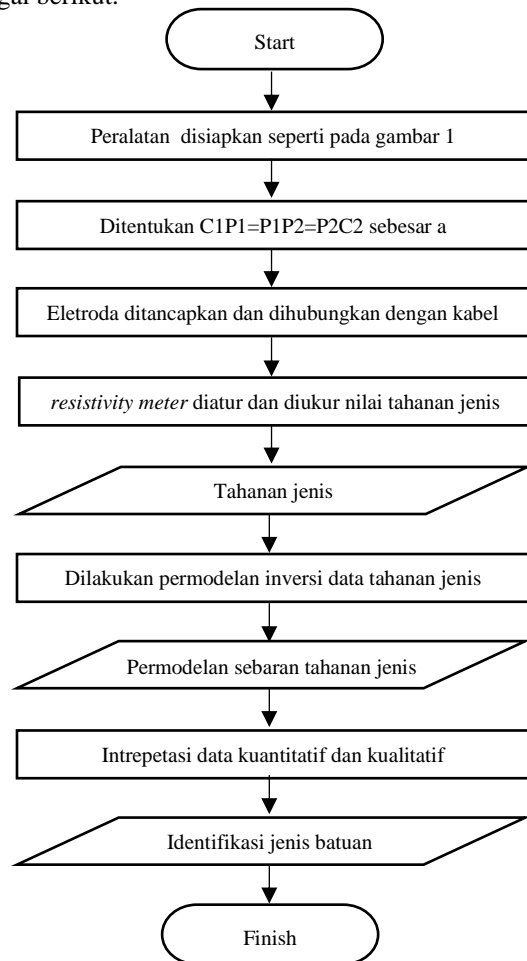
Adapun skema alat yang digunakan dalam percobaan adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Skema alat dalam percobaan

2.4 Diagram alir

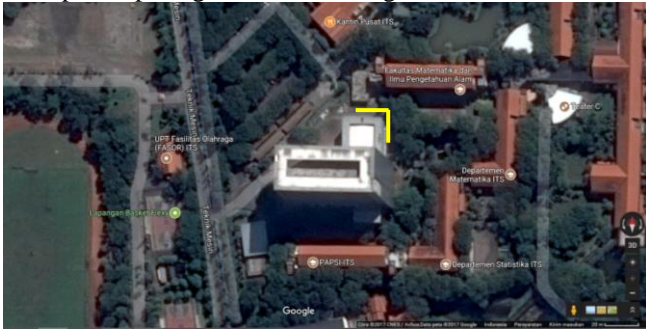
Diagram alir yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram alir percobaan

2.5 Peta lokasi

Adapun lokasi pengambilan data ada disekitar menara sains ITS dengan pengukuran seperti huruf L. Adapun data peta selengkapnya dapat ditampilkan pada gambar 3 ditampilkan pada garis warna kuning.



Gambar 3. Peta lokasi pengukuran

III. HASIL DAN DISKUSI

Data yang telah didapatkan pada percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanag sekitar menara sains ITS dapat dilakukan permodelan inversi untuk menentukan persebaran tahanan jenis batuan bawah permukaan bumi. Berdasarkan data persebaran tersebut kemudian dapat dilakukan intrepetasi data kuantitatif maupun kualitatif.

3.1 Analisa data

Adapun data yang telah didapatkan pada pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS berupa tahanan jenis. Adapun data tersebut dapat ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran resistivitas

Layer	Titik C1	Titik P1	Titik P2	Titik C2	R (Ω)
1	0	2	4	6	2,216
	2	4	6	8	1,727
	4	6	8	10	1,508
	6	8	10	12	1,602
	8	10	12	14	0,976
	10	12	14	16	1,685
	12	14	16	18	1,352
	14	16	18	20	1,363
	16	18	20	22	1,186
	18	20	22	24	1,033
	20	22	24	26	1,092
	22	24	26	28	0,6774
	24	26	28	30	0,9844
	26	28	30	32	0,5494
2	0	2	4	6	2,195
	4	6	8	10	2,039
	8	10	12	14	1,467
	12	14	16	18	1,238
	16	18	20	22	1,071
	20	22	24	26	1,071
	24	26	28	30	0,8522
	28	30	32	34	0,3402
	30	32	34	36	0,2913
	32	34	36	38	0,5921
3	0	2	4	6	2,164
	6	8	10	12	1,623
	12	14	16	18	1,342
	18	20	22	24	1,121
	24	26	28	30	0,9677
	30	32	34	36	0,3486
4	0	2	4	6	0,77
	8	10	12	14	0,9146
	16	18	20	22	1,259
	24	26	28	30	0,923
	32	34	36	38	0,59

3.2 Perhitungan

Data yang telah didapatkan kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya nilai resistivitas yang telah dikoreksi geometri. Adapun data tersebut dapat ditampilkan pada tabel 3 dan contohnya berikut ini

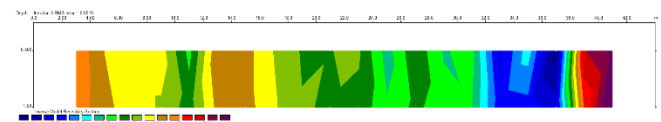
Diketahui :  $R = 2,216 \Omega$   
 $a = 2$   
 Ditanya : R terkoreksi?  
 Jawab :  $k = 2 \cdot \pi \cdot a$   
 $k = 2 \cdot 3,14 \cdot 2 = 12,56$   
 $R \text{ terkoreksi} = R \cdot k$   
 $R \text{ terkoreksi} = 2,216 \cdot 12,56 = 27,833 \Omega m$

Tabel 3. Hasil perhitungan pengukuran resistivitas

Layer	R (Ω)	a	k	ρ (Ωm)
1	2,216	2	12,56	27,83296
	1,727	2	12,56	21,69112
	1,508	2	12,56	18,94048
	1,602	2	12,56	20,12112
	0,976	2	12,56	12,25856
	1,685	2	12,56	21,1636
	1,352	2	12,56	16,98112
	1,363	2	12,56	17,11928
	1,186	2	12,56	14,89616
	1,033	2	12,56	12,97448
	1,092	2	12,56	13,71552
	0,6774	2	12,56	8,508144
	0,9844	2	12,56	12,364064
	0,5494	2	12,56	6,900464
2	0,7471	2	12,56	9,383576
	0,2913	2	12,56	3,658728
	0,5921	2	12,56	7,436776
	0,2466	2	12,56	3,097296
	2,195	4	25,12	55,1384
	2,039	4	25,12	51,21968
	1,467	4	25,12	36,85104
	1,238	4	25,12	31,09856
	1,071	4	25,12	26,90352
	1,071	4	25,12	26,90352
3	0,8522	4	25,12	21,407264
	0,3402	4	25,12	8,545824
	0,3569	4	25,12	8,965328
	2,164	6	37,68	81,53952
	1,623	6	37,68	61,15464
	1,342	6	37,68	50,56656
4	1,121	6	37,68	42,23928
	0,9677	6	37,68	36,462936
	0,3486	6	37,68	13,135248
	0,77	8	50,24	38,6848
	0,9146	8	50,24	45,949504

3.3 Permodelan

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai tahanan jenis yang didapatkan akan diplot dalam permodelan inversi menggunakan *software Res2Dinv*. Adapun hasil permodelan yang telah didapatkan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Permodelan tahanan jenis bawah tanah

3.4 Intrepetasi data dan pembahasan

Berdasarkan permodelan yang telah dilakukan, maka akan didapatkan peta kontur 2 dimensi seperti pada gambar 3. Dimana, pada tahapan permodelan inversi didapatkan tiga buah plot diagram yang berbeda-beda. Untuk plot pertama merupakan *measurement apparent resistivity pseudosection*

atau yang disebut dengan nilai resistivitas langsung berdasarkan pengukuran. Sedangkan untuk plot kedua merupakan *calculated apparent resistivity pseudosection* atau yang disebut dengan nilai resistivitas berdasarkan hasil perhitungan. Dan yang plot terakhir yaitu merupakan *inverse model resistivity section* atau yang disebut dengan nilai sebaran resistivitas sebenarnya dilapangan.

Dalam mendapatkan permodelan seperti gambar 4, dilakukan iterasi berulang kali untuk menghasilkan eror yang seminimal mungkin. Adapun setelah dilakukan iterasi yang dimaksud, didapatkan nilai eror paling kecil adalah 0%. Hal tersebut menandakan hasil permodelan yang dilakukan kemungkinan besar sesuai dengan keadaan bawah tanah yang sesungguhnya.

Berdasarkan permodelan yang telah didapatkan, pengukuran nilai tahanan jenis dilakukan sepanjang 38 m. Hal ini dapat dilihat karena data awal dimulai pada titik 3 m dan diakhiri 41 m. Sedangkan untuk zona kedalaman yang dapat dimodelkan adalah sedalam 1,5 m. Sebaran nilai tahanan jenis pun beragam mulai lebih dari 1  $\Omega\text{m}$  hingga kurang dari 50  $\Omega\text{m}$ .

Tahapan interpretasi data dapat dilakukan berdasarkan hasil permodelan. Terlihat bahwa pada nilai resistivitas disetiap area perpanjangan mengalami perbedaan nilai. Untuk didaerah awal nilai resistivitasnya cenderung kecil, sedangkan untuk daerah sekitar 40 m memiliki nilai resistivitas tertinggi. Nilai resistivitas tinggi maka material yang diukur dapat menghantarkan arus yang lebih sulit daripada material yang memiliki resistivitas yang kecil. Dengan begitu, material dengan nilai resistivitas yang besar kemungkinan besar merupakan batuan yang kurang bisa menghantarkan arus dengan baik.

Untuk sebaran tahanan jenis permukaan, tidak ada perbedaan data yang signifikan daripada data resistivitas dikedalaman. Hal ini dikarenakan, dalam metode pengukuran nilai resistivitas lebih ke *mapping*. Bukti dilakukannya pengukuran dengan metode *mapping* bisa dilihat pada hasil permodelan inversi yang mana plot diagram yang dihasilkan tidak membentuk segitiga tumpul dibawah, melainkan berupa diagram kotak.

Berdasarkan informasi geologi, didaerah pengukuran berupa tanah aluvial. Tanah ini kaya akan material pasir, tanah lempung, dan kerikil-kerikil batuan. Apabila kita cocokan data hasil permodelan inversi dengan data literatur yang ada, maka material yang memiliki resistivitas sesuai dengan keadaan pengukuran ini adalah material aluvium, *clay*, dan pasir. Hal ini membuktikan bahwa dugaan material bawah tanah berdasarkan data geofisika yang dikolaborasi dengan data geologi lebih akurat. Apabila dugaan tersebut nantinya dibandingkan dengan data geokimia, maka data yang telah didapatkan akan semakin kuat terhadap dugaan yang ada.

#### IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS adalah sebaran tahanan jenis berkisar antara 2  $\Omega\text{m}$  hingga kurang dari 50  $\Omega\text{m}$ . Berdasarkan data literatur yang ada, material yang memiliki tahanan jenis sebesar itu merupakan material tanah lempung dan pasir. Apabila kita cocokan kembali berdasarkan informasi geologi, maka daerah pengukuran merupakan daerah aluvium yang kaya akan material tanah lempung, pasir dan kerikil. Hal tersebut

tentunya dapat memperkuat dugaan terhadap data geofisika yang telah didapatkan. Apabila diberikan kecocokan kembali dengan menggunakan data geokimia, maka data geofisika yang didapatkan akan memiliki dugaan yang lebih kuat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kearey P, Brooks M. *An Introduction to Geophysical Exploration*. New York : Blackwell Science Ltd (2002)
- [2] Grant F S, West G.F. *Interpretation Theory in Applied Geophysics*. New York : McGraw-Hill,Inc (1965)
- [3] Tarbuck E J, Lutgens F K. *Earth Science*. New York : Prentice Hall (2012)

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Saya selaku penulis laporan ini dan praktikan dari percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS mengucapkan terimakasih kepada segenap asisten laboratorium Geofisika. Terimakasih saya sampaikan kepada saudara Bramantya Ramadhany dan Rahman Raf Sanjani sebagai asisten laboratorium dari percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terkait dalam percobaan pengukuran resistivitas batuan bawah tanah sekitar menara sains ITS saat melakukan percobaan serta dalam melakukan penyusunan laporan praktikum ini.