

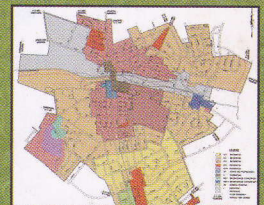
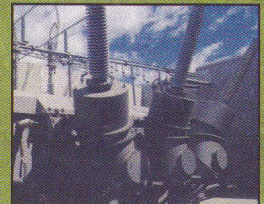
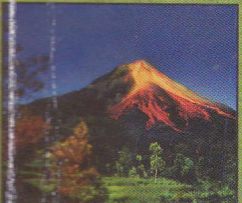


ISSN 1410-5802

JURNAL TEKNOLOGI NASIONAL

Berkala setengah tahunan

Vol. 14, No. 2, APRIL 2011



diterbitkan oleh

SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 485390, 486986, 487540, Fax. (0274) 487249

YOGYAKARTA

Pelindung
Ketua STTNAS Yogyakarta

Dewan Redaksi

Penanggung Jawab:
Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat STTNAS

Pemimpin Redaksi:
Dr. Ir. Ev. Budiadi, M.S.

Sekretaris:
Sri Rahayu Gusmawarni, S.T., M.T

Dewan Redaksi:
1 Drs. H. Triwuryanto, M.T.
2 Drs. Achmad Wismoro, S.T., M.T.
3 Ir. Muhammad Abdulkadir, M.T.
4 Joko Prasajo, S.T., M.T.
5 T. Listyani Retno Astuti, S.T., M.T.
6 Ir. A. Isjudarto, M.T.

Redaksi Tamu:
1 Prof. Dott. Sampurno
2 Prof. Ir. Waspodo Martojo
3 Prof. Dr. Ir. H. Djoko Sujarto, M.Sc.
4 Prof. Dr. Soedjana Sapiie, M.Sc.
5 Prof. Ir. Wiranto Arismunandar, M.S.M.E
6 Prof. Hugh Ronald Outhed, B.E (Hons I),
B.Sc., Ph.D

Pelaksana:
Djoko Purwanto, S.T.
Dwi Lestari

Informasi Umum

Jurnal Teknologi Nasional adalah Majalah Penelitian Ilmiah dan Hasil-hasil Penelitian dalam bidang teknik Elektro, Teknik Geologi, Teknik Kimia, Teknik Mesin, dan Teknik Sipil, Ruang lingkup artikel dapat berupa perencanaan, perancangan, konstruksi, proses pengolahan dan analisis maupun perawatan di dalam upaya pengembangan Teknologi.

Jurnal Teknologi Nasional (ISSN 1410-5802) diterbitkan secara berkala tengah tahunan (April dan Oktober) Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.

Persyaratan artikel :

1. Artikel yang termasuk dalam ruang lingkup jurnal ini dapat dikirimkan ke alamat redaksi.
2. Artikel ditulis dalam Bahasa Indonesia baku atau Bahasa Inggris, dilengkapi dengan abstrak, nama penulis ditulis dengan menyebutkan bidang keahlian-nya, tabel dan grafik dicetak dengan tinta hitam jelas, dianjurkan menggunakan satuan SI (matrik) di dalam penulisannya.
3. Artikel dianjurkan ditulis dengan komputer memakai bahasa MS Word.
4. Artikel yang tidak memenuhi syarat penulisan maupun materi, berdasarkan Rapat Dewan Redaksi akan dikembalikan.

ISSN 1410-5802

Redaksi JTN

d/a P3M STTNAS
Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 486986 Faks. (0274) 487249
e-mail p3m@sttnas.ac.id

DAFTAR ISI

| | |
|---|----|
| Dulhadi OPTIMALISASI SISTEM PEMBANGKITAN ENERGI LISTRIK WILAYAH PAPUA CABANG JAYAPURA RANTING TIMIKA MENGGUNAKAN METODE LAGRANGE | 1 |
| T. Listyani R.A HYDROCHEMICAL OF HOT SPRING WATER OF UNGARAN GEOTHERMAL FIELD, SEMARANG REGENCY, CENTRAL JAVA PROVINCE, INDONESIA | 11 |
| Winarti PENGUKURAN KETEBALAN TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK NEAR SURFACE DI DAERAH PONJONG KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DIY | 21 |
| Sukartono EVALUASI BENCANA TANAH LONGSOR DI SEKITAR JALAN RAYA DI KECAMATAN BRUNO, KABUPATEN PURWOREJO, PROPINSI JAWA TENGAH | 29 |
| Ircham KESELAMATAN LALULINTAS DARAT | 37 |
| Otto Santjoko ANALISIS WAKTU PERJALANAN DAN TINGKAT PELAYANAN JALAN PADA MASALIBUR DAN SEKOLAH | 43 |
| Sujendro EVALUASI JARINGAN DISTRIBUSI PIPA AIR BERSIH GAYAMPRIT PDAM KABUPATEN KLATEN | 51 |

PENGUKURAN KETEBALAN TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK NEAR SURFACE DI DAERAH PONJONG KABUPATEN GUNUNGGIDUL, DIY

¹⁾Winarti, ²⁾Srijono

¹⁾Staf Pengajar Prodi T. Geologi STTNAS Yogyakarta

²⁾ Staf Pengajar Jurusan T. Geologi UGM Yogyakarta
Jl. Babarsari, Caturtunggal Depok, Sleman, Yogyakarta,

ABSTRAK

Daerah Sumber Kidul berada ± 10 km di sebelah timur Kota Wonosari, secara fisiografi menempati Dataran Tinggi Wonosari (*Plato Wonosari*). Secara umum daerah ini tersusun oleh Formasi Wonosari, dengan litologi berupa batugamping berumur Miosen Atas-Pliosen. Maksud dari pengukuran geolistrik ini adalah untuk mendapatkan data arus dan potensial, sehingga akan didapatkan nilai tahanan jenis dari lapisan batuan termasuk tanah. Sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui ketebalan tanah di atas batugamping, sehingga akan memudahkan apabila dilakukan penambangan. Metode yang digunakan adalah pengukuran geolistrik skala kecil dengan menggunakan susunan elektroda aturan Wenner. Metode geolistrik pada prinsipnya memasukkan arus listrik ke dalam bumi untuk selanjutnya arus tersebut akan didistribusikan oleh media (batuan atau tanah). Secara umum tanah mempunyai kisaran harga tahanan jenis (\square) yang lebih rendah dibandingkan dengan batugamping yaitu <100 ohm m. Pengukuran geolistrik skala kecil (*micro*), artinya elektroda yang digunakan skalanya kecil dan spasi elektroda juga pendek (5, 7,5, 10, 12,5, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 105, 125, 145, 165, 185, 215, 245, 275, 305, 335, 375, 415, 455 cm), akan tetapi cukup rapat. Dari hasil pengukuran geolistrik tersebut, dapat dibuat profil yang menunjukkan adanya lapisan tanah dan batuan dasar. Pengukuran geolistrik di 3 lokasi menunjukkan bahwa ketebalan tanah berkisar antara 2,5 sampai 10 meter dengan harga tahanan jenis 0,8 – 70,1 Ohm.m. Sebagai batuan dasar teridentifikasi sebagai batugamping dengan harga tahanan jenis >400 Ohm m.

Kata kunci : geolistrik skala mikro, Wenner, ketebalan tanah

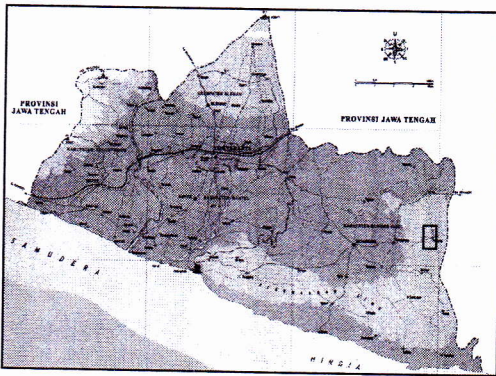
ABSTRACT

Sumber Kidul area is approximately ± 10 km eastward of Wonosari town, physiographically, it occupies on the Wonosari Plateau. Generally, this area is composed of Wonosari Formation, with litology consist of limestone with the age of Upper Miocene to Pliocene. The aim of the measurement of geoelectrical is to find out the data of current and potential, so that the resistivity value from the litology layer including the soil in the upper part of the limestone, in order to facilitate the activity of mining. The method used is micro scale geoelectrical measurement by using Wenner rule electrode arrangement. Principle of geoelectrical method is insert electric current into the ground, and then the current will be distributed by the media (rock or soil). In general, soil has value estimation of \square (resistivity) lower than limestone, which is <100 ohm m. Small scale geoelectrical measurement (micro) means that the electrodes used have small scale and their space are also short (5, 7,5, 10, 12,5, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 105, 125, 145, 165, 185, 215, 245, 275, 305, 335, 375, 415, 455 cm), however, these space are dense enough. From the geoelectrical measuring result, we can make profile which shows the soil layers and basement. Geoelectrical measurement show the thickness of range between 0-2,5 meter ($\square = 0,8 - 24,4$ Ohm.m).

Key words : micro geoelectrical, Wenner, thickness of soil

PENDAHULUAN

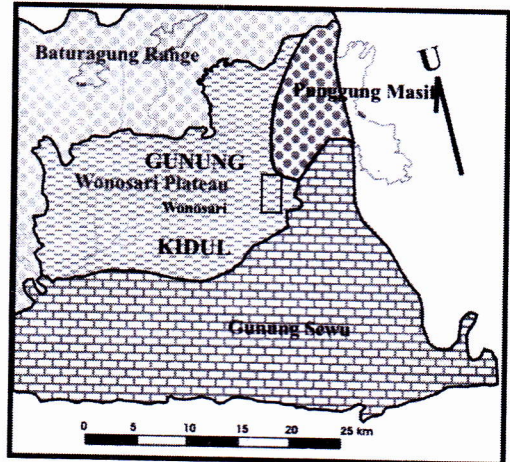
Daerah Sumber Kidul secara administrasi masuk ke dalam Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, 10 km ke arah timur Kota Wonosari, tepatnya berada pada koordinat UTM 9118020, 0468365 (Gambar 1). Wilayah Gunungkidul secara fisiografi terbagi menjadi 4 satuan fisiografi yaitu Pegunungan Baturagung, Pegunungan Panggung Masif, Satuan Plato Wonosari dan Satuan Gunung Sewu (Mac Donald & Partners, 1984), (Gambar 2). Berdasarkan pembagian fisiografi tersebut, daerah penelitian menempati satuan fisiografi Dataran Tinggi Wonosari (Plato Wonosari). Fisiografi ini secara umum tersusun oleh batugamping dari Formasi Wonosari dan mempunyai morfologi yang relatif datar dengan rata-rata kelerengan 4°-5°. Batugamping Formasi Wonosari (Mac Donald & Partners, 1984) berumur Miosen Atas sampai Pliosen dengan ketebalan 300 – 800 meter dengan kemiringan relatif ke arah selatan.



Gambar 1. Posisi daerah penelitian terhadap Peta Administrasi Wilayah Kabupaten Gunungkidul

Secara keilmuan Pegunungan Selatan menyimpan banyak aspek keilmuan seperti geologi, pertanian dan geofisika. Walaupun demikian masih banyak hal yang belum terungkap, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Salah satu hal yang cukup menarik untuk diteliti adalah keberadaan tanah yang ada di daerah tersebut, mengingat di sekitar daerah penelitian dijadikan lokasi

penambangan batugamping. Keberadaan tanah di Kecamatan Ponjong mempunyai penyebaran yang cukup luas dan umumnya dijadikan lahan pertanian (sawah). Dengan mengetahui secara pasti ketebalan tanah tersebut, maka diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pertambangan yang ada di sekitarnya.



Gambar 2 . Lokasi daerah penelitian terhadap Peta Fisiografi Kabupaten Gunungkidul (Mac Donald & Partners, 1984).

Berkaitan dengan permasalahan tersebut, maka digunakan metode pengukuran geolistrik yang sifatnya near surface (dekat permukaan) dengan menggunakan konfigurasi Wenner secara sounding. Pengukuran ini digunakan dengan tujuan untuk mengungkap ketebalan tanah secara lebih pasti berdasarkan pada kisaran harga tahanan jenisnya. Metode geolistrik sebenarnya sudah banyak digunakan untuk penelitian di daerah Pegunungan Selatan, yaitu untuk kepentingan penelitian yang sifatnya dalam, seperti pencarian air tanah (sungai bawah tanah). Sedangkan untuk penelitian yang sifatnya dangkal belum pernah dilakukan.

Pemakaian metode geolistrik yang sifatnya dangkal (near surface) untuk mengukur ketebalan tanah ini terinspirasi dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Sismanto, dkk., (2000) untuk pendugaan candi di kompleks Candi Kedulan yang terpendam

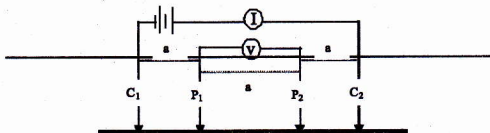
oleh sedimen dengan kedalaman tidak lebih dari 10 meter di bawah permukaan. Candi tersebut terpendam oleh lapisan penutup (sedimen) berupa tanah pasir, endapan vulkanik dan batupasir yang basah.

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan data arus (I) dan potensial (V), sehingga akan diketahui nilai tahanan jenis dari lapisan batuan penyusun dan juga lapisan tanah. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketebalan tanah penutup di atas batugamping, sehingga dapat memudahkan dalam kegiatan penambangan batugamping yang ada di daerah tersebut.

METODE

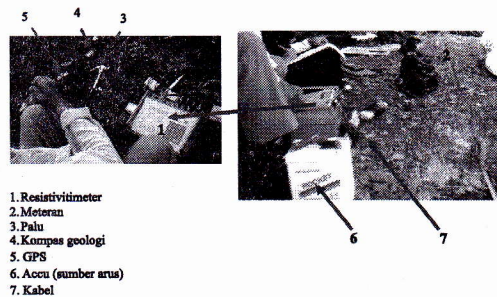
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran geolistrik skala mikro dengan menggunakan susunan elektroda aturan Wenner. Konfigurasi Wenner (Gambar 3) pada dasarnya menempatkan elektroda pada satu garis lurus dengan spasi antar elektroda sama.



Gambar 3. Susunan elektroda konfigurasi Wenner (Dobrin & Savit, 1988)

Adapun peralatan yang digunakan antara lain (Gambar 4):

1. Geolistrik (Mc OHM Model-2115 A/ Mark-2 Oyo) beserta alat pendukungnya
2. GPS
3. Peta rupa bumi skala 1 : 25.000
4. Palu geologi (Estwing) dan kompas geologi (Tamaya)
5. Kamera
6. Peralatan tulis.
7. Komputer beserta program pendukung



Gambar 4. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data geolistrik di lapangan

LANDASAN TEORI

Geolistrik

Penelitian geolistrik merupakan bagian dari penelitian geofisika yang digunakan untuk penyelidikan bawah permukaan. Prinsip pengukuran metode geolistrik adalah dengan mengukur sifat kelistrikan batuan (Dobrin & Savit, 1988). Arus listrik searah ataupun bolak-balik berfrekuensi rendah dialirkan ke dalam bumi melalui kontak dua elektroda arus (C_1, C_2), kemudian diukur besarnya potensial melalui dua elektroda potensial (P_1, P_2). Dengan mengetahui besar arus dan potensial, maka dapat diketahui besar tahanan jenis (?) dari media (batuan) yang dilaluinya.

Konsep dasar pengukuran resistivitas batuan dimodifikasi dari teori pengukuran suatu batuan (Gambar 5) di laboratorium yang didefinisikan sebagai berikut (Telford, 1976):

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ sehingga } \rho = R \frac{A}{L}$$

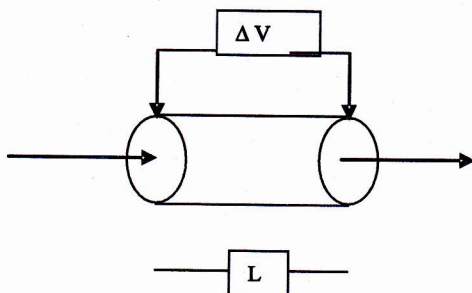
dimana

R : tahanan (ohm)

ρ : resistivitas conto batuan (ohm-meter)

L : panjang conto batuan (meter)

A : luas penampang conto batuan (meter²)



Gambar 5. Contoh batuan yang dilalui arus (Telford, 1976)

Mengingat : $R = \frac{V}{I}$, maka $\rho = \frac{V \cdot A}{I \cdot L}$

dimana :

V : beda potensial (volt)

I : kuat arus yang melalui contoh batuan (ampere)

Besaran fisis yang diukur langsung di lapangan adalah beda potensial dan kuat arus. Sedangkan nilai faktor geometri (K) dihitung berdasarkan susunan elektroda yang digunakan. Faktor geometri adalah besaran yang berubah terhadap jarak atau spasi elektroda. Konfigurasi Wenner mempunyai nilai K sebesar :

dimana : $K_w = 2\pi a$

a : spasi elektroda.

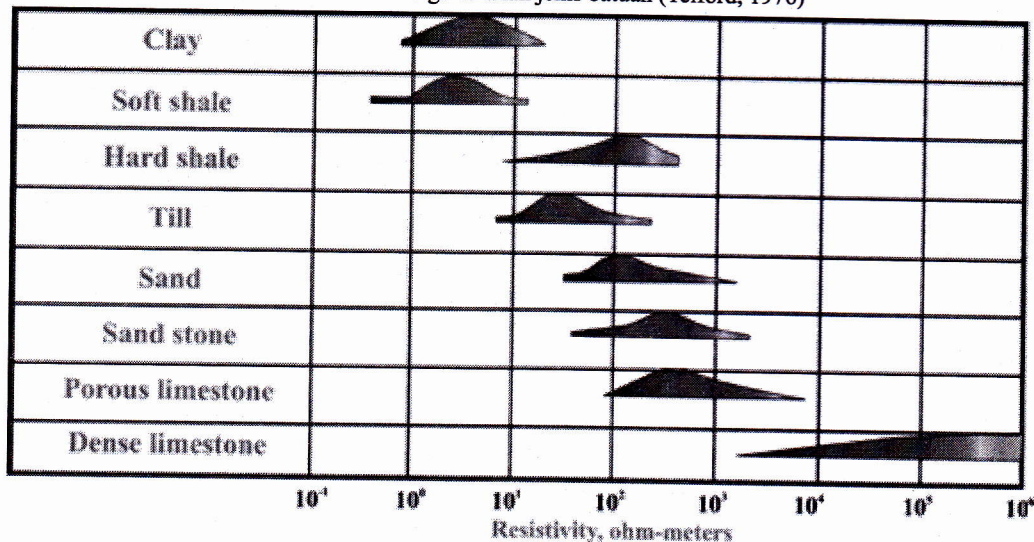
sehingga :

$$\rho_w = \frac{\Delta V}{I} \cdot K_w$$

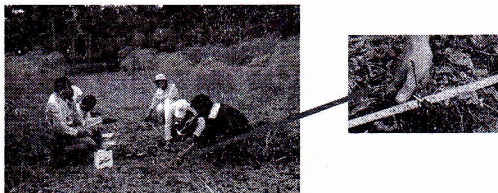
Semakin besar spasi elektroda, maka arus akan menembus ke bawah permukaan juga semakin dalam, sehingga lapisan yang lebih dalam akan dapat diketahui sifat-sifat fisiknya. Variasi resistivitas batuan terhadap kedalaman jika dikorelasikan dengan pengetahuan geologi akan dapat ditarik kesimpulan lebih detail mengenai kondisi geologi bawah permukaan. Kisaran harga tahanan jenis dari berbagai jenis batuan tersaji pada Tabel 1.

Metode geolistrik near surface dapat diartikan sebagai metode geolistrik dengan skala mikro, artinya elektroda yang digunakan skalanya kecil (dari jeruji sepeda) dan spasi elektrodanya juga sangat rapat (5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 35; 45; 55; 65; 75; 85; 105; 125; 145; 165; 185; 215; 245; 275; 305; 335; 375; 415; 455 dalam satuan cm), sehingga

Tabel 1. Kisaran harga tahanan jenis batuan (Telford, 1976)



jangkauan kedalaman yang dapat ditembus atau dilalui arus juga dangkal. Pengukuran geolistrik di lapangan tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengambilan data geolistrik skala mikro di lapangan Tanah

Tanah mempunyai banyak pengertian. Ahli geologi mendefinisikan tanah sebagai produk pelapukan, sedangkan ahli sipil mengartikannya sebagai lahan yang mendukung bangunan dan jalan (Foth & Adisoemarto, 1994). Tanah adalah kumpulan dari benda alam di permukaan bumi tersusun dalam horizon-horizon, terdiri dari campuran bahan mineral, bahan organik, air dan udara, serta merupakan media untuk tumbuhnya tanaman (Hardjowigeno, 1987 dalam Wiyono, 2005). Dengan demikian hal yang menjadi penting di dalam mendefinisikan tanah adalah terbentuknya horison tanah atau dapat dikatakan telah mengalami pedogenesis. Sedangkan hasil transportasi dari batuan induk yang belum membentuk horisonisasi, hanya akan menghasilkan bahan induk tanah atau disebut sedimen hasil transportasi.

Berdasarkan pada aspek genesisnya, tanah dapat dibagi menjadi 3 (Wiyono, 2005) yaitu:

1. Residual soil

Residual soil adalah tanah yang terbentuk di atas bahan induk. Tanah ini dimulai dari pembentukan horison C, kemudian berkembang proses pencucian yang menghasilkan horison A. Adanya infiltrasi air hujan terjadi pemindahan fraksi lempung, unsur kimia dan bahan organik ke bawah dan terjadi pembentukan horison B. Residual soil biasanya menghasilkan solum tanah yang tipis.

2. Transported soil

Transported soil adalah bahan induk yang membentuk tanah sudah mengalami transportasi atau sering dikatakan sebagai

sedimen hasil transportasi. Bahan induk ini apabila berinteraksi dengan iklim, akan membentuk horisonisasi tanah. Apabila sedimen tersebut tertimbun oleh sedimen baru, maka pembentukan horison tanah tidak akan berjalan dengan sempurna, bisa terjadi hanya terbentuk horison C saja. Akibatnya dalam suatu profil tanah dijumpai horison C yang berulang-ulang. Sedangkan pembentukan horison tanah yang sempurna (horison A, B dan C) hanya akan terbentuk pada bagian atas dari profil tanah tersebut. Transported soil biasanya menghasilkan solum tanah yang tebal.

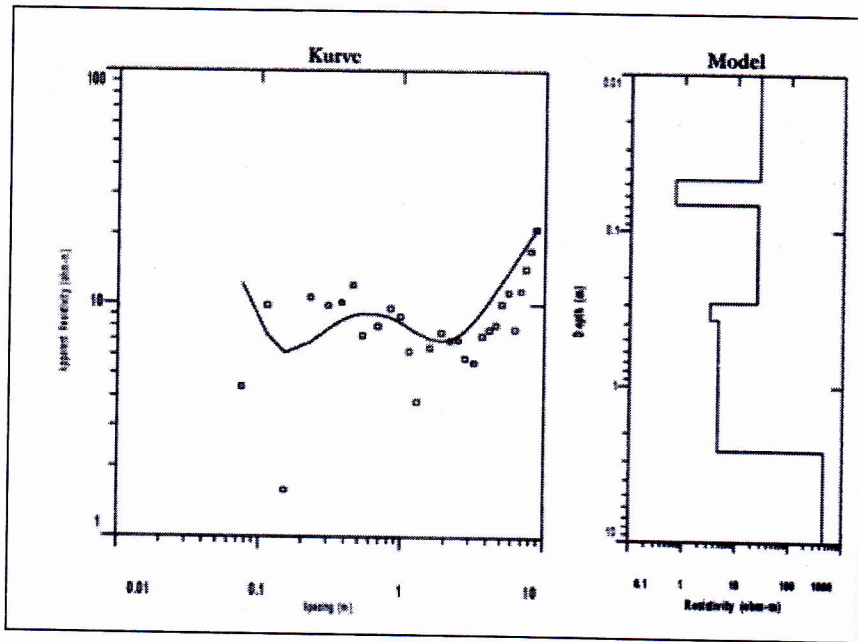
3. Hydrothermal alteration soil

Hydrothermal alteration soil yaitu tanah yang terbentuk karena proses alterasi hidrotermal. Tanah yang diukur dengan menggunakan metode geolistrik pada penelitian ini mencakup tebal tanah yang sudah mengalami pedogenesis atau sudah terbentuk horison-horison tanah dan tebal tanah yang belum mengalami horisonisasi atau masih berupa bahan induk tanah.

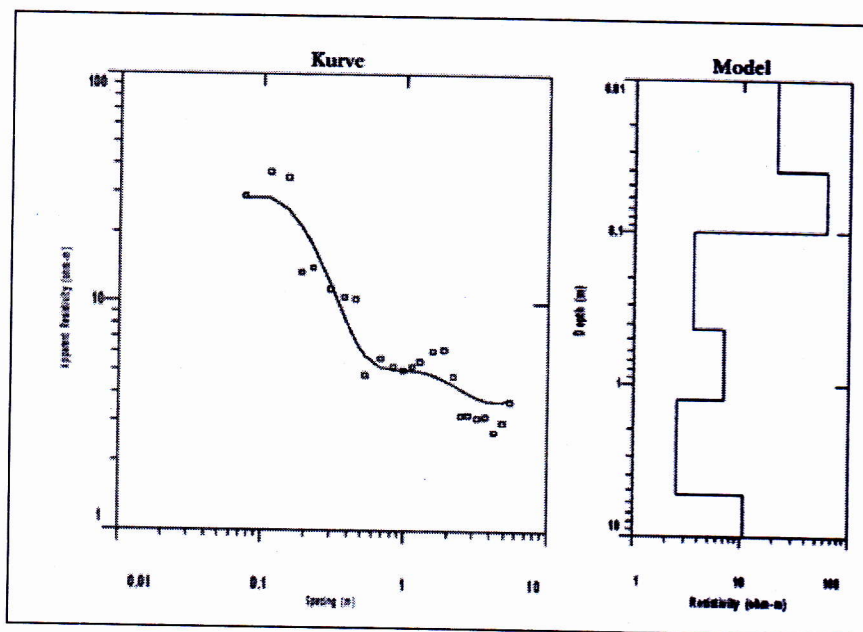
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran geolistrik yang sudah dilakukan pemrosesan dengan menggunakan program ASCII tersaji pada Gambar 7 sampai Gambar 9. Pengukuran geolistrik ini dilakukan di 3 lokasi. Pengukuran geolistrik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah lapisan, kisaran harga resistivitas dan ketebalan dari setiap lapisan, dengan cara pencocokan kurva (curve fitting), sehingga nantinya akan dihasilkan kolom litologi dari setiap titik sounding. Penetrasi kedalaman dari setiap titik sounding sekitar 10 meter. Dengan mengetahui kisaran harga resistivitas maka dapat diprediksi lapisan tanah dan batuan dasar. Selain itu akan terbaca ketebalan dan kedalaman dari masing-masing perlapisan.

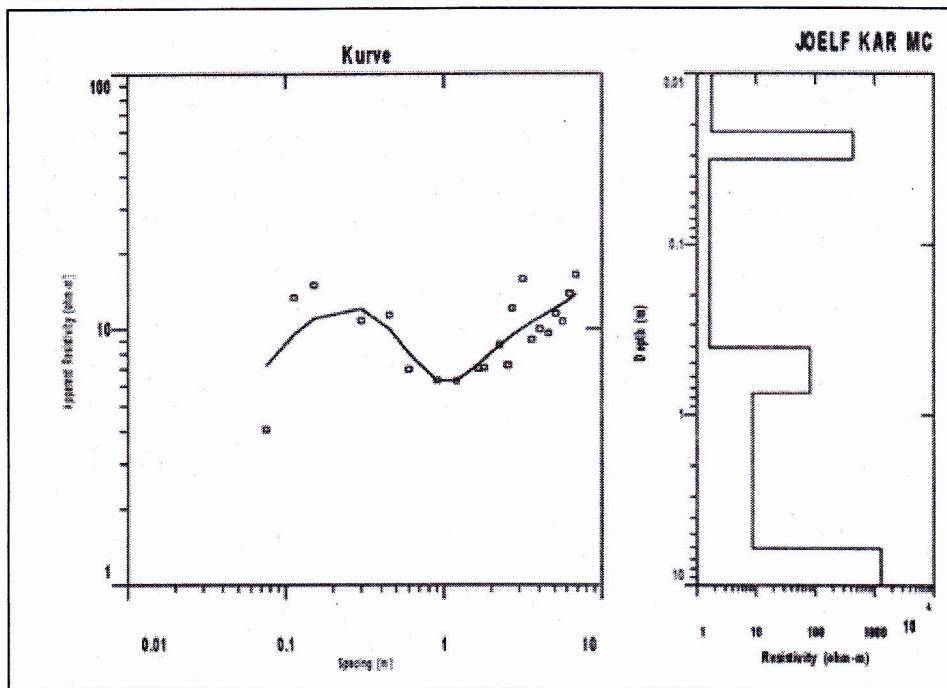
Dengan melihat pola kurva pada gambar di atas, maka secara umum dapat terbaca bahwa pada setiap pengukuran sounding mengindikasikan adanya perbedaan harga tahanan jenis yang mengindikasikan adanya perbedaan litologi. Hasil pembacaan dari pengukuran geolistrik tersaji pada Tabel 3.



Gambar 7. Hasil pengolahan data geolistrik di titik sounding 1, Desa Sumber Kidul, Kecamatan Ponjong



Gambar 8. Hasil pengolahan data geolistrik titik sounding 2, Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong



Gambar 9. Hasil pengolahan data geolistrik titik sounding 3, Desa Susukan Tiga, Kecamatan Ponjong

Tabel 3. Hasil pembacaan geolistrik di setiap titik sounding

| SOUNDING | Tahanan jenis (Ohm m) | Litologi | Ketebalan (m) |
|----------|--------------------------|----------------------|------------------|
| 1 | 0,8 -24,4 456,3 | Tanah Batugamping | 2,5 ? |
| 2 | . | Tanah | 10 |
| 3 | 1,7 – 82,2 1305,9 | Tanah Batugamping | 6 ? |

Ketebalan tanah dari ketiga pengukuran geolistrik diketahui antara 2,5 meter sampai 10 meter dengan kisaran harga tahanan jenis rendah (<100 ohm meter). Sedangkan harga tahanan jenis tinggi (>400 ohm meter) diinterpretasikan sebagai batugamping. Sehingga tanah yang ada di daerah penelitian dimungkinkan hasil lapukan dari batuan dasar berupa batugamping.

Walaupun demikian mengingat pelapukan pada batugamping (leaching) umumnya akan menghasilkan pelapukan (tanah) dengan ketebalan yang tipis, sedangkan ketebalan tanah yang terukur dengan geolistrik cukup tebal (2,5 sampai 10 meter), maka bisa dimungkinkan juga bahwa tanah yang ada di daerah penelitian tidak hanya berasal dari pelapukan batugamping, akan tetapi juga berasal dari transported soil.

Apabila di daerah penelitian nantinya akan dilakukan penambangan pada batugamping, maka lapisan tanah penutup yang harus dikupas mempunyai ketebalan antara 2,5 m sampai 10 meter.

KESIMPULAN

1. Metode geolistrik near surface cukup efektif untuk mendeteksi lapisan penutup atau sedimen yang tebalnya hanya beberapa meter (tipis).
2. Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik skala mikro, dapat diketahui bahwa secara umum daerah penelitian tersusun oleh dua lapisan yaitu lapisan tanah pada bagian atas (tahanan jenis rendah <100 ohm meter) mempunyai ketebalan 2,5 sampai 10 meter dan lapisan batugamping pada bagian bawahnya (tahanan jenis tinggi >400 ohm meter) dengan ketebalan tidak diketahui.
3. Apabila dilakukan penambangan batugamping, maka tanah yang harus dikupas sekitar 2,5 sampai 10 meter.
4. Tanah yang ada di daerah penelitian bisa merupakan lapukan dari batugamping dan bisa merupakan transported soil, dari tempat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Dobrin, B.M., and Savit, C.H., 1988, *Introduction to Geophysical Prospecting*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Company.
- Foth, H.D., dan Adisoemarto, S., 1994, *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta.
- Hardjowigeno, S., 1993, *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*, Edisi Pertama, Akademika Pressindo, Jakarta.
- Mac Donald and Partners, 1984, *Cave Survey, Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study*, Vol 3C, 72p, Indonesia.
- Ollier, C., 1969, *Weathering*, Oliver & Boyd Edinburgh.
- Sismanto, Sunata, W., dan Mahfi, M., 2000, *Pendugaan Pagar Candi Di Situs Purbakala Candi Kedulan Dari Pola*

- Distribusi Tahanan Jenis Dan Medan Magnet Total*, HAGI, Bandung.
- Telford, W.M., 1976, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press.
- Thornbury, 1969, *Principle of Geomorphology*, John Willey and Sons, New York.
- Winarti, 2005, *Studi Ketebalan Tanah dengan Metode Geolistrik Hubungannya dengan Kesuburan Tanah di Daerah Genjahan, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, DIY*, Tesis S2, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Wiyono, S., 2005, *Geopedologi*, Bahan Ajar, Jurusan Teknik Geologi, F. Teknik, UGM, Yogyakarta.