

POTENSI AIR TANAH DAERAH KAMPUS UNDIP TEMBALANG

Dian Agus Widiarso, Henarno Pudjihardjo *), Wahyu Prabowo**)

Abstract

Provision of clean water in an area need both now and future dating. Provision of clean water can be done by utilizing the potential of existing surface water and ground water. Geoelectric method is widely use for groundwater investigation. Geoelectric observations at 10 observation points can generate Aquifer Zone Map of Tembalang and surrounding areas.

Key words: surface water, ground water, geoelectric method

Pendahuluan

Air merupakan bagian penting dari kehidupan makhluk hidup. Penggunaannya semakin hari semakin meningkat, sejalan dengan perkembangan wilayah kota. Penyelidikan airtanah dengan studi zona akuifer merupakan solusi baik di masa depan untuk mengetahui sebaran airtanah.

Penyelidikan airtanah ini dilakukan dengan metode geolistrik, yaitu dengan cara mengetahui resistivitas dari batuan. Dari data ini nantinya akan dapat diketahui persebaran dari batuan akuifer. Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar perencanaan dan pengembangan wilayah kota, khususnya sekitar Universitas Diponegoro

Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui zona akuifer sesuai dengan kondisi geologi berdasarkan data survei geolistrik pada lokasi penelitian.

Sedangkan tujuan penelitian adalah:

1. Menentukan letak zona akuifer pada lokasi penelitian berdasarkan data geolistrik
2. Menentukan kedalaman zona akuifer
3. Menentukan jenis akuifer
4. Menentukan sebaran airtanah di lokasi penelitian

Stratigrafi Regional

Geologi Kota Semarang berdasarkan Peta Geologi Lembar Magelang - Semarang (RE. Thaden, dkk; 1996), susunan stratigrafinya adalah sebagai berikut:

1. Aluvium (Qa)
Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau dan pasir dan campuran. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau.
2. Batuan Gunungapi Gajahmungkur (Qhg)
Batumannya berupa lava andesit, berwarna abu-abu kehitaman, berbutir halus, holokristalin, komposisi terdiri dari felspar, hornblende dan augit, bersifat keras dan kompak.
3. Batuan Gunungapi Kaligesik (Qpk)
Batumannya berupa lava basalt, berwarna abu-abu kehitaman, halus, komposisi mineral terdiri dari felspar, olivin dan augit, sangat keras.

4. Formasi Jongkong (Qpj)
Breksi andesit hornblende augit dan aliran lava, sebelumnya disebut batuan gunungapi Ungaran Lama.
5. Formasi Damar (QTd)
Batumannya terdiri dari batupasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik.
6. Formasi Kaligetas (Qpkg)
Batumannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan.
7. Formasi Kalibeng (Tmkl)
Batumannya terdiri dari napal, batupasir tufaan dan batu gamping.
8. Formasi Kerek (Tmk)
Perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping.

Prinsip Kerja Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika 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. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah 'Elektroda Arus' A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. 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 multimeter 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 biasa disebut AB/2 (bila digunakan arus listrik DC murni), maka diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari AB/2.

*) Staf Pengajar Jurusan teknik Geologi FT Undip

***) Mahasiswa Jurusan teknik Geologi FT Undip

Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak AB yang biasa disebut AB/2 (bila digunakan arus listrik DC murni), maka diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini berbentuk setengah bola dengan jari-jari AB/2.

Umumnya metoda geolistrik yang sering digunakan adalah yang menggunakan 4 buah elektroda yang terletak dalam satu garis lurus serta simetris terhadap titik tengah, yaitu 2 buah elektroda arus (AB) di bagian luar dan 2 buah elektroda tegangan (MN) di bagian dalam.

Metoda geolistrik adalah salah satu metoda geofisika yg didasarkan pada penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebumihan. Tujuannya adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan bawah-permukaan terutama kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivitas).

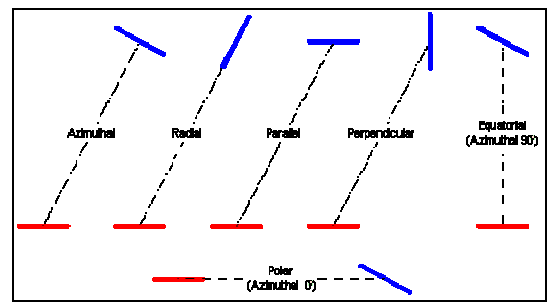
Aliran listrik pada suatu formasi batuan terjadi terutama karena adanya fluida elektrolit pada pori-pori atau rekahan batuan. Oleh karena itu resistivitas suatu formasi batuan bergantung pada porositas batuan serta jenis fluida pengisi pori-pori batuan tsb. Batuan porous yg berisi air atau air asin tentu lebih konduktif (resistivitas-nya rendah) dibanding batuan yg sama yg pori-porinya hanya berisi udara (kosong). Temperatur tinggi akan lebih menurunkan resistivitas batuan secara keseluruhan karena meningkatnya mobilitas ion-ion penghantar muatan listrik pada fluida yg bersifat elektrolit.

Konfigurasi

Metoda geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Metoda geolistrik konfigurasi Schlumberger merupakan metoda favorit yang banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan dengan biaya survei yang relatif murah.

1. Konfigurasi Dipole

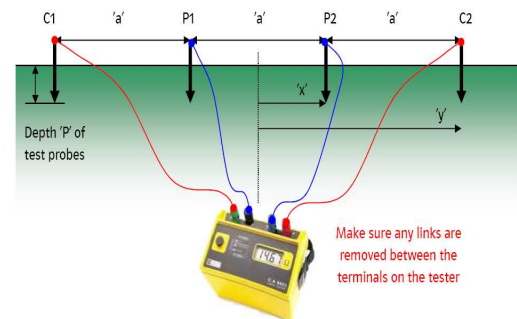
Konfigurasi Dipole pada prinsipnya menggunakan 4 buah elektroda yaitu pasangan elektroda arus (AB) yang disebut 'Current Dipole' dan pasangan elektroda potensial (MN) yang disebut 'Potential Dipole'. Pada konfigurasi Dipole elektroda arus dan elektroda potensial bisa terletak tidak segaris dan tidak simetri.



Gambar 1. Macam konfigurasi dipole

2. Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner dikembangkan oleh Wenner di Amerika yang ke-empat buah elektrodanya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Jarak MN pada konfigurasi Wenner selalu sepertiga (1/3) dari jarak AB. Bila jarak AB diperlebar, maka jarak MN juga harus diubah sehingga jarak MN tetap sepertiga jarak AB.



Gambar.2. Konfigurasi Wenner

Keunggulan dari konfigurasi Wenner ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil.

Sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Data yang didapat dari cara konfigurasi Wenner, sangat sulit untuk menghilangkan faktor non homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.

Parameter yang diukur:

- jarak elektroda (a)
- beda potensial (v)
- kuat arus (i)

Parameter yang dihitung:

- faktor geometri (k)
- hambatan jenis (R)
- tahanan jenis semu (ρ_a)

Faktor geometri untuk metode Wenner:

$$K = 2\pi a$$

$$\rho_a = K \cdot R = 2\pi a R$$

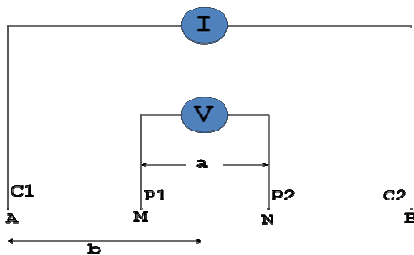
ρ_a merupakan ρ (semu) karena bumi tidak homogen

ρ (sebenarnya) tergantung pada:

- ketebalan lapisan
- harga ρ lapisan di atasnya

3. Konfigurasi Schlumberger

Pada konfigurasi Schlumberger idealnya jarak MN dibuat sekecil-kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Tetapi karena keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB.

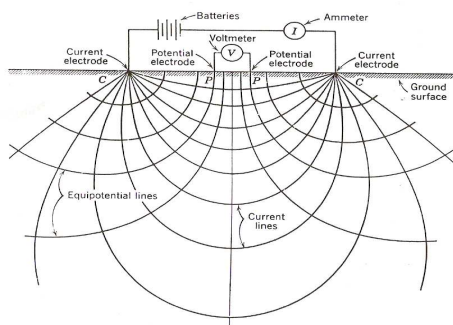


Gambar 3 Konfigurasi Schlumberger

Kelemahan dari konfigurasi Schlumberger ini adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN adalah lebih kecil terutama ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga diperlukan alat ukur multimeter yang mempunyai karakteristik 'high impedance' dengan akurasi tinggi yaitu yang bisa mendisplay tegangan minimal 4 digit atau 2 digit di belakang koma. Atau dengan cara lain diperlukan peralatan pengirim arus yang mempunyai tegangan listrik DC yang sangat tinggi.

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 MN/2.

Agar pembacaan tegangan pada elektroda MN bisa dipercaya, maka ketika jarak AB relatif besar hendaknya jarak elektroda MN juga diperbesar. Pertimbangan perubahan jarak elektroda MN terhadap jarak elektroda AB yaitu ketika pembacaan tegangan listrik pada multimeter sudah demikian kecil, misalnya kurang dari 1.0 milliVolt.



Gambar 4. Skema perjalanan arus pada Metode Schlumberger

Faktor geometrik (K) dapat dicari dari formula :

$$K = \frac{2\pi}{\sqrt{C1P1} - \sqrt{C2P1} - \sqrt{C1P2} + \sqrt{C2P2}}$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{b-a/2} - \frac{1}{b+a/2} - \frac{1}{b+a/2} + \frac{1}{b-a/2}}$$

$$K = \pi \left[\frac{b^2 - a}{a} \right]$$

$$\rho a = K.R$$

Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah pengambilan data geolistrik di area Universitas Diponegoro. Pengukuran geolistrik untuk mengetahui akuifer digunakan metode *schlumberger*.

Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan tahapan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini. Data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data lapangan geolistrik konfigurasi *schlumberger*.
Data lapangan yang dikumpulkan yaitu:
 - a. Jarak antar stasiun dengan elektroda-elektrodanya (AB/2 dan MN/2)
 - b. Arus (I)
 - c. Beda potensial (ΔV)
2. Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang skala 1 : 100.000.
3. Peta Kontur Airtanah Dalam CAT Semarang – Demak.

Tahapan Pengolahan Data

Tahapan ini merupakan tahapan perhitungan dan analisis.

1. Tahap Perhitungan
Pada tahap ini data lapangan geolistrik metode Schlumberger diolah dan didapatkan nilai R, K (faktor geometrik) dan ρa (tahanan jenis semu) dengan rumus sebagai berikut :

- a. Menghitung hambatan jenis (R)

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

- b. Menghitung faktor geometrik (K)

$$K = \pi \left[\frac{b^2}{a} - \frac{a}{4} \right]$$

$$b = AB/2$$

$$a = MN/2 \times 2$$

- c. Menghitung tahanan jenis semu (ρa)

$$\rho a = K.R$$

2. Tahap Analisis

Tahap analisis dilakukan dengan menggunakan software IP2Win, tahanan semu akan diolah dan dikorelasikan antar titik sehingga akan terlihat kondisi bawah permukaannya.

Hasil Penyelidikan Geolistrik

Pada penentuan zona akuifer dengan metode resistivitas dilakukan penyelidikan geolistrik sebanyak 10 titik pada area kampus Universitas Diponegoro. Lokasi penelitian ini berdasarkan Peta Geologi Lembar Magelang - Semarang berada pada Formasi Kaligetas (Qpkg) yang tersusun oleh breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufan, dan batulempung. Setelah dilakukan pengolahan data penyelidikan geolistrik dapat diketahui kondisi geologi bawah permukaan dari penampang geolistrik yang dibuat. (penampang terlampir)

a) **Cross section A – B**

Penampang A – B memiliki arah utara – selatan. Pada sayatan ini menggambarkan adanya litologi batulempung (berwarna biru) dengan nilai resistivitas 1,2 – 11 Ωm , kemudian di atasnya berupa batupasir tufan (berwarna hijau hingga kuning) dengan nilai resistivitas 10 – 35 Ωm , dan lapukan breksi vulkanik pada permukaan (berwarna merah) dengan nilai resistivitas 35 – 60 Ωm . Yang berpotensi sebagai akuifer pada daerah ini adalah batupasir tufan terletak pada kedalaman 30 – 80 m dari permukaan.

b) **Cross section A – D**

Penampang A – D memiliki arah barat – timur. Pada sayatan ini menggambarkan adanya litologi batulempung (berwarna biru) dengan nilai resistivitas 1,5 – 15 Ωm , kemudian di atasnya berupa batupasir tufan (berwarna hijau hingga kuning) dengan nilai resistivitas 10 – 40 Ωm , dan lapukan breksi vulkanik pada permukaan (berwarna merah) dengan nilai resistivitas 35 – 80 Ωm . Yang berpotensi sebagai akuifer pada daerah ini adalah batupasir tufan terletak pada kedalaman 30 – 50 m dari permukaan.

c) **Cross section B – C**

Penampang B – C memiliki arah barat laut – tenggara. Pada sayatan ini menggambarkan adanya litologi batulempung (berwarna biru) dengan nilai resistivitas 1,7 – 20 Ωm , kemudian di atasnya berupa batupasir tufan (berwarna hijau hingga kuning) dengan nilai resistivitas 10 – 45 Ωm , dan lapukan breksi vulkanik pada permukaan (berwarna merah) dengan nilai resistivitas 35 – 80 Ωm . Yang berpotensi sebagai akuifer pada daerah ini adalah batupasir tufan terletak pada kedalaman 50 – 80 m dari permukaan.

d) **Cross section F – G**

Penampang F – G memiliki arah barat daya – timur laut. Pada sayatan ini menggambarkan adanya litologi batulempung (berwarna biru) dengan nilai resistivitas 1,5 – 15 Ωm , kemudian batupasir tufan (berwarna hijau hingga kuning) dengan nilai resistivitas 10 – 30 Ωm , dan lapukan breksi vulkanik pada permukaan (berwarna merah) dengan nilai resistivitas 30 – 40 Ωm . Yang berpotensi sebagai akuifer pada daerah ini adalah batupasir tufan terletak pada kedalaman 37 – 55 m dari permukaan.

e) **Cross section E – H**

Penampang E – H memiliki arah barat utara – selatan. Pada sayatan ini menggambarkan adanya litologi batulempung (berwarna biru) dengan nilai resistivitas 1,5 – 15 Ωm , kemudian batupasir tufan (berwarna hijau hingga kuning) dengan nilai resistivitas 10 – 30 Ωm , dan lapukan breksi vulkanik pada permukaan (berwarna merah) dengan nilai resistivitas 30 – 50 Ωm . Yang berpotensi sebagai akuifer pada daerah ini adalah batupasir tufan terletak pada kedalaman 40 – 60 m dari permukaan.

Dari 5 *cross section* yang telah dibuat memberikan gambaran bahwa terdapat 3 jenis litologi yaitu batulempung, batupasir tufan, dan breksi vulkanik. Dan akuifer yang bagus ada pada batupasir tufan. Walaupun, batupasir memiliki porositas yang besar namun karena mengandung tufaan sehingga permeabilitasnya tidak sebesar batupasir biasa.

Daerah Penyebaran Airtanah

Berdasarkan analisis data geolistrik, diperoleh bahwa akuifer yang terisi air di daerah penelitian terletak pada kedalaman lebih dari 60 meter dibawah muka tanah setempat. Litologi akuifer tersebut termasuk dalam batuan vulkanik yang terdiri dari batupasir tufan dan breksi vulkanik. Airtanah mengisi pori – pori dari batuan. Airtanah bersumber dari Gunung Ungaran, oleh karena itu arah aliran yang dihasilkan berarah barat daya – timur laut.

Pada peta digambarkan elevasi dari akuifer dan dibagi menjadi 3 zona akuifer. Yaitu :

a. **Zona Akuifer I**

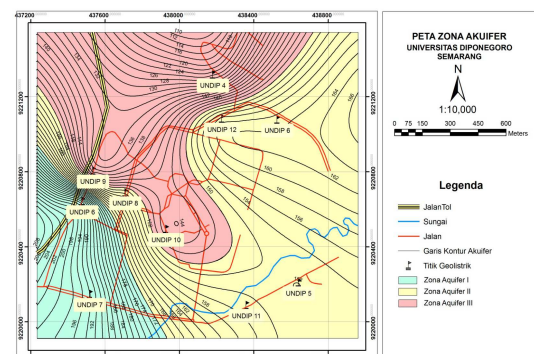
Pada wilayah ini akuifer memiliki elevasi lebih dari 172 mdpl atau pada kedalaman 30 – 80 m dari permukaan. Akuifer berupa batupasir tufan dengan nilai tahanan jenis 10 – 35 Ωm .

b. **Zona Akuifer II**

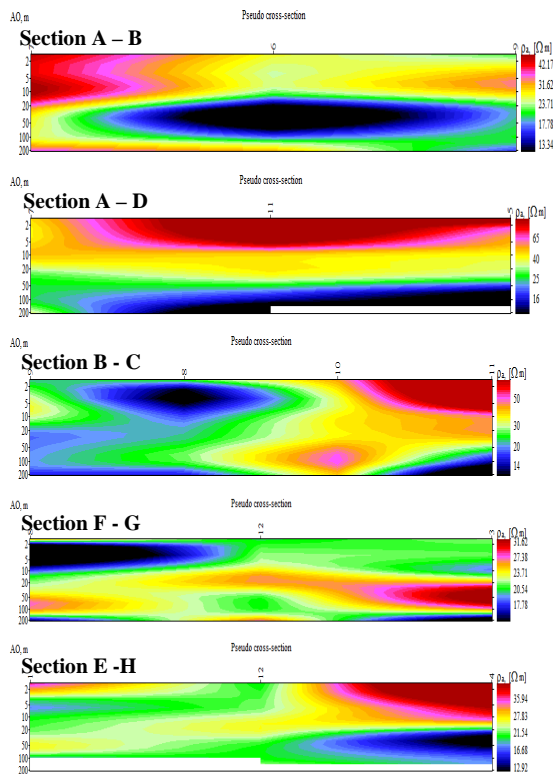
Pada wilayah ini akuifer memiliki elevasi 150 mdpl – 171 mdpl dan pada kedalaman 50 - 80 m dari permukaan. Akuifer berupa batupasir tufan dengan nilai tahanan jenis 10 – 45 Ωm .

c. **Zona Akuifer III**

Pada wilayah ini akuifer memiliki elevasi lebih dari 125 - 149 mdpl atau pada kedalaman 40 - 60 m dari permukaan. Akuifer berupa batupasir tufan dengan nilai tahanan jenis 10 – 30 Ωm .



Gambar 5. Peta Zona Akuifer



Gambar 7. Penampang Geolistrik

Kesimpulan

1. Hasil analisa dan interpretasi data geolistrik dan mempertimbangkan kondisi hidrogeologi serta memperhatikan referensi kisaran tahanan jenis batuan terhadap air, maka dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok batuan berdasarkan nilai tahanan jenis sebenarnya.

2.

Tabel 5.1 Sebaran litologi

Tahanan Jenis	Lapisan/litologi
-15	Lempung
10 – 35	Batupasir tufan
35 – 60	Lapukan Breksi Vulkanik
>100	Breksi Vulkanik

3. Airtanah mengisi pori – pori batuan seperti batupasir tufan dan breksi vulkanik.
4. Tipe akuifer pada daerah kampus Universitas Diponegoro adalah akuifer tidak tertekan, dengan arah aliran barat daya – timur laut.
5. Kedalaman akuifer pada daerah kampus Universitas Diponegoro berkisar antara 40 – 80 meter dari permukaan.

Rekomendasi

Apabila pada daerah ini akan dimanfaatkan airtanahnya dapat memanfaatkan pada wilayah zona akuifer I, karena elevasi dari akuifer diatas 172 mdpl dengan kedalaman 30 – 80 m dari permukaan, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air dalam jumlah yang banyak.

Daftar Pustaka

1., 2008. *Hidrologi dan Hidrogeologi*.
2. Broto, S dan Afifah, R.S. 2008. *Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger*.
3. <http://www.geolistrik/Equipment.php.htm>
4. <http://www.geolistrik/geoelectric.php.htm>
5. Krisna H, Wahyu dan Fahrudin. 2008. *Geologi Kampus Tembalang*, Majalah Teknik Vol. 29 No 2 Tahun 2008 Universitas Diponegoro
6. Suharyadi. 1984. *Geohidrologi (Ilmu Air Tanah)*. Yogyakarta : Teknik Geologi Universitas Gajah Mada.
7. <http://kamusplanologi-a.blogspot.com/> (Semarang 30 Januari 2011)