

# Identifikasi struktur lapisan batuan akibat patahan (*Normal Fault*) dengan menggunakan metode geolistrik

Yanuar Dhita Tri Nugroho Subiyanto, Daeng Achmad Suaidi\*, Eny Latifah

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Penulis korespondensi, Surel: daeng.achmad.fmipa@um.ac.id

Paper received: 01-08-2021; revised: 15-08-2021; accepted: 31-08-2021

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi struktur lapisan batuan akibat patahan dengan menggunakan metode geolistrik pada tanggal 15 Januari 2009 di laboratorium. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pemodelan, dimana sebelumnya membentuk formasi batuan terdiri dari pasir, kapur, dan tanah yang dimasukkan ke dalam balok dengan ukuran 200 x 60 x 30 (cm). Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan peralatan geolistrik OYO McOHM-EL buatan Jepang untuk mengukur besarnya beda potensial, dan hambatan.

Langkah awal dari penelitian adalah formasi batuan masih dalam kondisi mendatar, kemudian diinjeksikan arus listrik dan diukur nilai beda potensial, dan hambatan. Langkah selanjutnya dilakukan penurunan posisi pada lapisan batuan di sebelah kiri, sehingga terjadi patahan pada lapisan. Untuk data ketiga, terjadi penurunan posisi lapisan batuan di sebelah kanan sehingga terjadi patahan pada lapisan kapur. Data kemudian diolah menggunakan Software Res2dinV untuk mendapatkan interpretasi struktur lapisan batuan pada zona yang dikaji.

Berdasarkan hasil interpretasi, dapat disimpulkan bahwa pendeteksian patahan sebenarnya direpresentasikan oleh perbedaan nilai resistivitas antar lapisan batuan. Lapisan batuan yang semula mendatar setelah terjadi patahan pada jarak 110 cm dengan kedalaman 20-28 cm terjadi penurunan posisi lapisan batuan di sebelah kiri. Untuk kondisi pada patahan model kedua, dalam jarak 80 cm dengan kedalaman sekitar 20-28 cm terjadi penurunan posisi lapisan batuan di sebelah kanan sementara lapisan batuan di sebelah kiri tidak terlalu mengalami penurunan yang besar.

**Kata kunci:** Patahan; Normal Fault; Resistivitas; *Res2dinV*

## 1. Pendahuluan

Akhir-akhir ini penduduk Indonesia disibukkan oleh bencana, baik gempa bumi, banjir, tsunami, maupun yang berasal dari eksplorasi minyak bumi, seperti semburan lumpur panas dan gas. Ada penyebab bencana yang sebetulnya sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Contohnya adalah patahan atau sesar (*fault*). Di bawah permukaan, patahan bisa diprediksi melalui kenampakan di permukaan bumi, kemudian dibuat kemungkinan pola lapisannya ke arah dalam. Adapun untuk bagian yang lebih dalam digunakan pengukuran dengan seismik pantul.

Patahan, baik yang terjadi di bawah permukaan maupun di bawah bumi yang cukup dalam, mempunyai banyak manfaat. Manfaat itu di antaranya terjadinya jebakan atau daerah tempat terakumulasinya minyak bumi. Akibat tertutup patahan, minyak bumi tidak bisa mengalir ke tempat dengan tekanan lebih rendah (Adi Susilo, 2006). Patahan juga memiliki manfaat dalam bidang pertanian, kesuburan tanah, serta mampu membuka sebuah mata air yang tertutup oleh lapisan batuan.

Patahan memang merupakan salah satu sumber gempa bumi tektonik. Namun, masyarakat Indonesia tidak bisa menolak atau menghindarinya. Untuk itu perlu dilakukan usaha memetakan arah patahan dengan lebih teliti, khususnya di suatu daerah yang ada

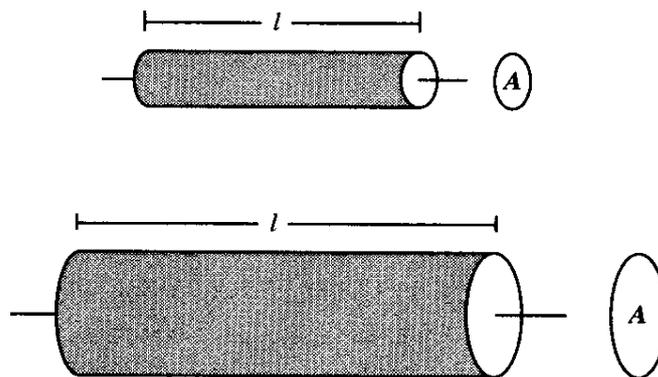
indikasi patahan. Pemetaan ini bermanfaat untuk memberi saran ke penduduk, swasta, ataupun pemerintah jika mereka hendak membangun perumahan atau gedung.

Dengan menggunakan metode geolistrik akan dilakukan penelitian dengan cara simulasi untuk memperhatikan struktur lapisan batuan sebelum mengalami patahan dan struktur lapisan batuan setelah terjadi patahan. Sehingga berdasarkan perbedaan nilai resistivitas akan didapatkan gambaran secara umum tentang jenis patahan, dan struktur lapisan batuanya.

### 1.1. Dasar Teori

Resistivitas listrik dari material dapat digambarkan sebagai resistivitas dari suatu sumber silinder yang mempunyai luas penampang dan panjang tertentu. Jika resistivitas silinder terkonduksi mempunyai panjang  $l$  dan luas  $A$  adalah  $\rho$ , maka resistivitasnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

**Gambar 1 Silinder dengan Panjang  $l$  dan Luas Penampang  $A$**   
(Sumber: Robinson, 1998).



Hubungan tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (2.1)$$

$\rho$  = Hambatan jenis (ohm meter)

R = Hambatan (ohm)

A = Luas Penampang balok ( $m^2$ )

$l$  = Panjang balok (m)

Dari rumus resistansi pada persamaan 2.1, maka secara umum resistivitas dapat dinyatakan dalam satuan Ohm meter ( $\Omega \cdot m$ ).

Apabila silinder tersebut di aliri arus listrik yang besarnya  $I$  sehingga mengalir pada luasan  $A$  maka besarnya rapat arus ( $J$ ) adalah banyaknya arus listrik yang melewati silinder tersebut persatuan luas, sesuai dengan persamaan:

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.2)$$

J = Rapat arus (ampere/  $m^2$ )

I = Arus listrik (ampere)

A = Luas Penampang balok ( $m^2$ )

Arus yang dialirkan pada silinder tersebut akan menimbulkan beda potensial yang besarnya V (volt). Beda potensial tersebut akan mengakibatkan timbulnya medan listrik (E), yaitu beda potensial antara dua titik persatuan panjang. Sehingga dapat ditulis untuk keadaan silinder tersebut sebagai berikut:

$$E = \frac{\Delta V}{l} \quad (2.3)$$

Dimana :

E = Medan listrik (volt/ampere)

$\Delta V$  = Beda potensial (volt)

I = Arus listrik (ampere)

Jika sumber arus I diberikan pada permukaan medium yang homogen isotropik dan dalam hal ini konduktivitas udara dianggap nol, maka akan diperoleh model resistivitas satu titik permukaan. Untuk model ini bidang equipotensialnya hanya berbentuk setengah bola saja (gambar 2.2) dengan luasan  $A = 2\pi r^2$ .

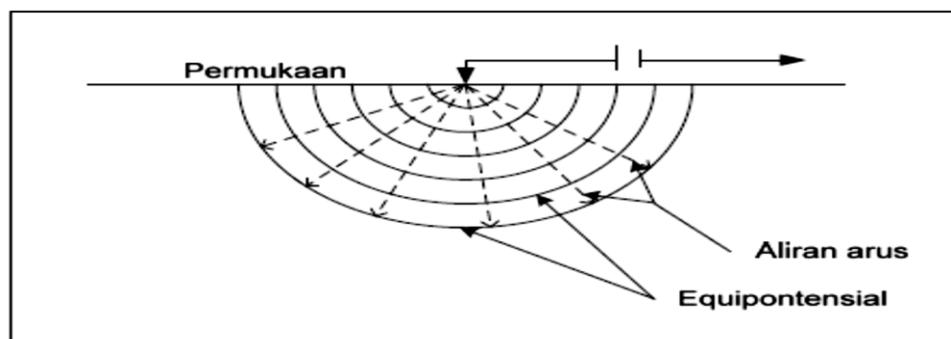
Jika luasan ini dimasukkan pada persamaan (2.5), maka persamaan menjadi:

$$\rho = \frac{2\pi r^2 V}{Il} \quad (2.6)$$

Karena panjang lintasan sebanding dengan jari-jari r, maka hambatan jenisnya menjadi:

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.7)$$

**Gambar 2 Sumber Arus Tunggal di Permukaan Bumi (Sumber: Dobrin, 1998).**

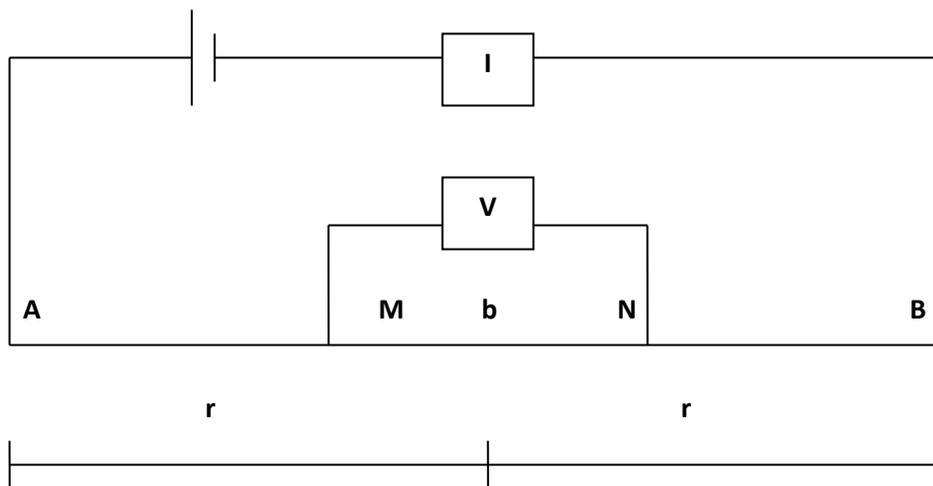


Metode geolistrik terbagi menjadi beberapa konfigurasi yaitu konfigurasi Wenner, Schlumberger, Pole-dipole, dan Dipole-dipole. Dalam penelitian ini digunakan

konfigurasi Schlumberger, yang memiliki faktor geometri sebesar :  $K_s = \pi \left( \frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right)$

dan  $\rho_s = K_s R$

**Gambar 3. Skema Konfigurasi Schlumberger.**



Berdasarkan arah gerak blok batuan di sepanjang bidang patahan dapat dibedakan menjadi beberapa tipe (JP Buranda dan Timotius Suwarna, 1993), yaitu:

- 1.1.1. *Normal Fault* adalah patahan yang arah gerak blok batuan mengikuti arah gaya berat yaitu kebawah sepanjang bidang patahan. Karena itu sering disebut *Gravity Fault*.
- 1.1.2. *Reserve Fault/Thrust Fault* adalah Patahan yang arah gerak blok batuan berlawanan dengan arah gerak *Normal Fault* yaitu mengarah ke atas.
- 1.1.3. *Normal Fault* dan *Thrust Fault* disebut *Dip-Slip Fault* dimana gerak blok batuan arahnya miring sepanjang bidang patahan yang miring ke dalam.
- 1.1.4. *Strike-Slip Fault/Transcurrent Fault* adalah patahan dimana arah gerak blok batuan mendatar sepanjang bidang patahan.. Patahan jenis ini terbagi menjadi dua jenis yaitu *Left-Lateral Fault* dan *Right-Lateral Fault*. *Left-Lateral Fault* adalah patahan dimana arah gerak blok batuan mendatar sepanjang bidang patahan dengan arah ke kiri. Sedangkan *Right-Lateral Fault* adalah patahan dimana arah gerak blok batuan mendatar sepanjang bidang patahan dengan arah ke kanan.
- 1.1.5. *Oblique-Slip Fault* adalah patahan dimana arah gerak blok batuan saling menjauhi dalam arah mendatar/arah lain yang membentuk sudut dengan *Dip* dan *Strike*.

1.1.6. *Rotational Fault* adalah patahan dimana arah gerak blok batuan memutar pada bidang patahan. Sering disebut sebagai *Hinge Fault* karena arah geraknya seperti arah gerak pintu pada engsel.

## 2. Metode

### 2.1. Metode

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data dari pengukuran langsung di laboratorium. Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap diantaranya:

#### 2.1.1. Mengukur resistivitas lapisan batuan sebelum terjadi patahan ( $\Omega$ )

Pada tahap yang pertama mengukur resistivitas lapisan yang akan digunakan dalam penelitian dan ini dilakukan sebagai parameter awal yang nantinya digunakan sebagai data pembanding. Lapisan ini tersusun atas 3 lapisan batuan, yaitu pasir hitam, kapur dan tanah biasa. Lapisan batuan ini dimasukkan ke dalam sebuah balok kayu dengan ukuran 200 x 60 x 30 (cm). Kondisi ketiga lapisan batuan ini masih dalam keadaan mendatar belum mengalami patahan sama sekali.

#### 2.1.2. Mengukur resistivitas lapisan batuan setelah terjadi patahan dengan jenis *Normal Fault* ( $\Omega$ )

Tahap selanjutnya adalah mengukur resistivitas lapisan dimana pada struktur lapisannya mengalami perubahan bentuk yang semula mendatar menjadi terpecah sehingga struktur lapisannya tidak mendatar lagi.

*Normal Fault* adalah patahan yang arah gerak blok batuan mengikuti arah gaya berat yaitu ke bawah sepanjang bidang patahan (Gambar 5). Jadi lapisan terpecah menjadi dua bagian, dimana salah satu lapisan batuan tetap mempertahankan posisinya sementara lapisan batuan lainnya turun ke bawah sehingga menjadi lebih tinggi dibandingkan lapisan batuan satunya. Patahan jenis ini sering kali dijumpai sehingga penampakan dari permukaan bumi dapat dilihat dengan jelas.

Patahan ini nantinya akan mengalami beberapa perlakuan karena patahan disini digunakan sebagai variabel terikat. Adapun perlakuan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

2.1.2.1. Lapisan batuan dalam kondisi mendatar atau belum terjadi patahan,

2.1.2.2. Lapisan batuan di sebelah kiri mengalami penurunan posisi, sehingga terjadi patahan pada lapisan kapur dengan arah ke kiri.

2.1.2.3. Lapisan batuan di sebelah kanan mengalami penurunan posisi, sehingga terjadi patahan pada lapisan kapur dengan arah ke kanan.

Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi Schlumberger. Adapun nilai faktor geometri (K) dari konfigurasi Schlumberger dirumuskan sebagai berikut :

$$K_s = \pi \left( \frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right) \quad \rho_s = K_s R$$

dimana :  $K_s$  adalah Faktor geometri dari konfigurasi Schlumberger.  
 $a$  adalah jarak elektroda arus terhadap titik pusat (m).  
 $b$  adalah jarak elektroda potensial terhadap titik pusat (m).

Sementara untuk menghitung nilai resistivitasnya ( $\rho$ ) menggunakan rumus

$$\rho_s = K_s R$$

dimana :

$\rho_s$  adalah Nilai resistivitas dari konfigurasi Schlumberger  
 $K_s$  adalah Faktor geometri dari konfigurasi Schlumberger  
 $R$  adalah besarnya hambatan jenis ( $\Omega$ )

Aturan Konfigurasi Schlumberger dalam penelitian ini, adalah dengan jarak elektroda MN tetap sebesar 5 cm, sementara untuk jarak elektroda AM dan NB divariasikan 10 cm; 15 cm; 20 cm; 25 cm; 30 cm; 35 cm; 40 cm; 45 cm; 50 cm; 55 cm; 60 cm; 65 cm; 70 cm; 75 cm; 80 cm; 85 cm; 90 cm dan 95 cm.

### 2.1.3. Menganalisa data pengukuran

Data yang telah diperoleh kemudian diolah ke dalam *software Res2DinV*. Pengolahan data ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran tentang struktur lapisan batuan di area yang kita teliti. Dari sini, akan diperoleh gambar tentang adanya patahan yang terlihat melalui perbedaan nilai resistivitas antar lapisan batuan.

### 2.1.4. Membandingkan data percobaan pertama dengan data setelah terdapat patahan

Setelah semua data diolah, hasil pengolahan semua data harus dibandingkan dengan data sebelum terdapat patahan agar terlihat jelas bentuk struktur lapisan yang mengalami patahan. Dari perbandingan data ini akan terlihat patahan dengan jenis *Normal Fault* yang terbentuk setelah dilakukan beberapa variasi posisi patahan.

## 2.2. Objek Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 15 Januari 2009 di Laboratorium Wisma Asri. Dengan sebelumnya membentuk formasi melalui sebuah balok dengan ukuran 200 x 60 x 30 (cm). Kemudian ke dalam balok kayu diberikan 3 lapisan batuan dengan formasi pasir hitam, kapur, dan tanah biasa. Ketiga lapisan batuan tersebut, disusun secara berlapis dengan pasir hitam di bagian atas, lapisan kedua ditempati oleh kapur, dan pada lapisan ketiga ditempati oleh tanah.

### 2.3. Instrumen

- 2.3.1. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:
- 2.3.2. Alat geolistrik OYO McOHM-EL buatan Jepang,
- 2.3.3. 4 buah elektroda,
- 2.3.4. Aki,
- 2.3.5. 4 rol kabel,
- 2.3.6. Meteran, palu
- 2.3.7. Pasir, kapur dan tanah.

### 2.4. Analisis Data

Dari data pengukuran yang telah diperoleh melalui pengukuran secara langsung akan ditentukan sebagai berikut :

2.4.1. Nilai K yaitu sebagai faktor geometri dari elektroda yang berdimensi panjang.

2.4.2. Dengan besarnya K sebanding terhadap persamaan :

$$K_s = \pi \left( \frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right)$$

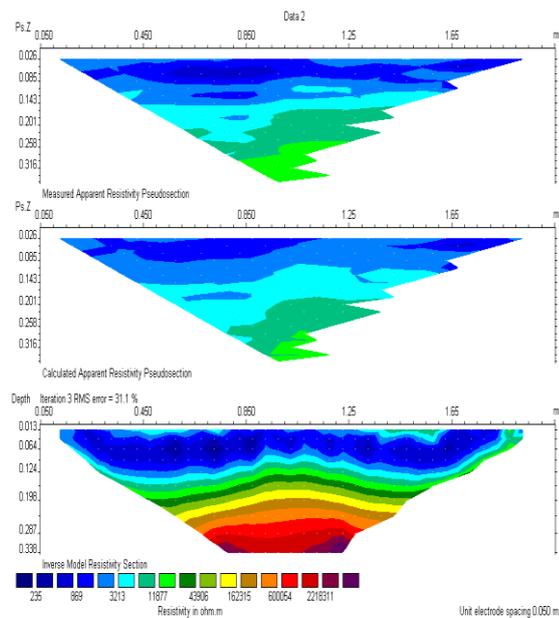
2.4.3. Nilai resistivitas semu dengan persamaan :

$$\rho_s = K_s R$$

2.4.4. Kemudian akan diinterpretasikan ke dalam *Res2dinV* sehingga dapat dilihat struktur batuan yang mengalami patahan.

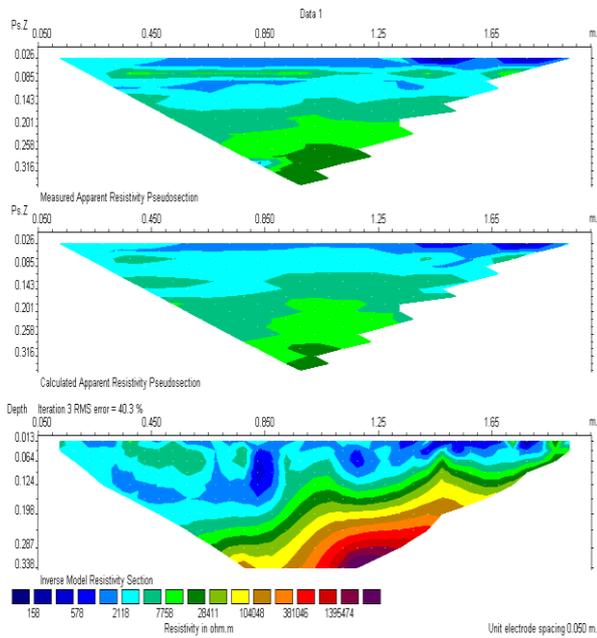
## 3. Hasil dan Pembahasan

**Gambar.5. Hasil Interpretasi Res2dinV Sebelum Terjadi Patahan**



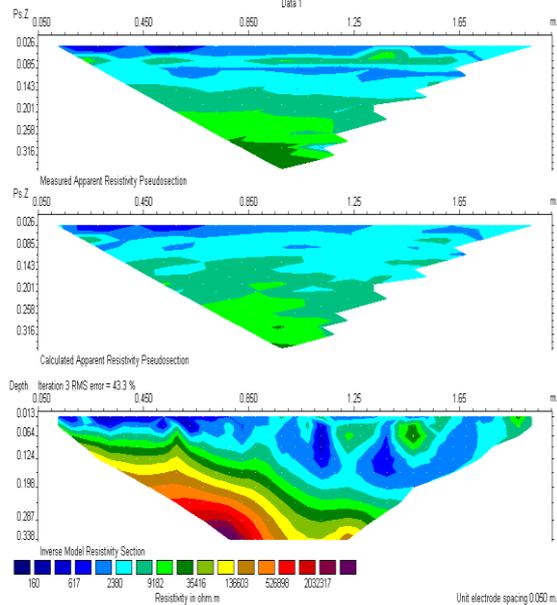
Kondisi lapisan batuan masih datar, lurus dan kontinu. Hal ini menunjukkan bahwa belum terjadi patahan, walaupun terjadi kenaikan posisi tetapi tidak mencerminkan adanya gangguan.

**Gambar 6. Hasil Interpretasi Res2dinV Setelah Terjadi Patahan Model Pertama.**



Berdasarkan hasil interpretasi, terjadi penurunan posisi pada jarak 110 cm dengan kedalaman sekitar 20-28 cm. Penurunan posisi ini mencerminkan terjadinya patahan pada lapisan kedua yang ditempati oleh kapur sebagai akibat terjadinya penurunan posisi pada lapisan ketiga yang ditempati oleh tanah.

**Gambar 7. Hasil Interpretasi Res2dinV Setelah Terjadi Patahan Model Kedua.**



Berdasarkan hasil interpretasi, ditunjukkan terjadi penurunan posisi pada jarak 80 cm dengan kedalaman sekitar 20-28 cm. Penurunan posisi ini menunjukkan adanya patahan pada lapisan batuan kedua yang ditempati oleh kapur sebagai akibat penurunan posisi pada lapisan ketiga yang ditempati oleh tanah.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi, maka dapat disimpulkan bahwa pendeteksian patahan direpresentasikan oleh pergeseran nilai resistivitas antar lapisan batuan sehingga kemiringan yang terjadi pada lapisan batuan akibat patahan dapat ditampilkan melalui  $Res_{2dinV}$ . Karena pada lapisan tersebut terjadi perbedaan struktur batuan antara sisi yang satu dengan lainnya. Jika ditinjau dari jenis patahannya, tergolong patahan jenis normal (*Normal Fault*).

#### Daftar Rujukan

- Anonim, Aneka Bentuk dan Potensi Muka Bumi.
- Anonim, (2007), Geolistrik, <http://www.bravo3x.com>
- Buranda, JP dan Suwarna, Timotius (1993). Geologi Umum. Universitas Negeri Malang
- Dobrin, M. B., & Savit, C. H. (1960). Introduction to geophysical prospecting (Vol. 4). New York: McGraw-hill.
- Dutch, S. (2010). Natural and Applied Sciences. University of Wisconsin-Green Bay.
- Hendrajaya, L., & Arif, I. (1990). Monograf, Geolistrik Tahanan Jenis. Laboratorium Fisika Bumi ITB. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Susilo, Adi, (2006, Agustus 28) Patahan Di Bumi Dan Manfaatnya, Kompas.
- Tachjudin. (1990). Metode Ekspolasi Tahanan Jenis. Laboratorium Geofisika dan Vulkanologi Jurusan Teknik Geologi. ITB: Bandung.
- Telford, W.M., L.P. Geldard, R.E. Sheriff, dan D.A. Keys. (1974). Applied Geophysics. Cambridge University Press. London.
- Tim Asisten Geofisika (2006), Modul Praktikum Geofisika Terpadu Institut Teknologi Sepuluh November.
- Waluyo. (2004). Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasi) Metode Resistivitas. Laboratorium Geofisika Fakultas MIPA. UGM: Yogyakarta.