



IDENTIFIKASI SESAR BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI *SCHLUMBERGER* (STUDI KASUS SUNGAI OPAK YOGYAKARTA)

Ismi Lutfinur[✉], Khumaedi, Hadi Susanto

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Mei 2015
Disetujui Mei 2015
Dipublikasikan Agustus 2015

Keywords:

fault, geoelectrical, resistivity, Schlumberger configuration

Abstrak

Sungai Opak adalah sungai yang terbentuk akibat adanya patahan. Gempa Yogyakarta 5,9 Skala Richter pada 27 Mei 2006 telah menyebabkan aktifnya patahan Opak dan munculnya patahan-patahan sekunder. Keberadaan patahan tersebut telah menyebabkan banyak kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan gambaran struktur bawah permukaan dan indikasi letak patahan bawah permukaan. Metode Geolistrik konfigurasi *Schlumberger* digunakan untuk identifikasi patahan di lokasi penelitian. Pengambilan data dilakukan pada tiga lintasan dengan panjang masing-masing 75 m. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Res2dinv* dan *Surfer 10.0*. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan nilai resistivitas 5-1077 Ωm dan bidang diskontinu penampang kontur nilai resistivitas fungsi kedalaman. Nilai resistivitas yang tidak kontinu ditafsirkan sebagai bidang patahan. Bidang patahan pada lintasan A berada pada titik 38 m, sedangkan bidang patahan pada lintasan B dan C berada pada titik 33 m terhadap titik awal pengukuran. Patahan pada lintasan A, B dan C berada pada satu garis lurus dengan *strike* U 113° T.

Abstract

The Opak river is formed by fault. The earthquake in Yogyakarta on May 27th 2006 had activated the Opak's fault and caused secondary fault. The fault had made destruction of the infrastructure. This research aimed to determine the description of subsurface structure and to identify the location of the underground fault. The Schlumberger configuration of geoelectrical method used for identified the fault in the research area. The data collected in three lines of each which the length is 75 meters. The data were processed by Res2dinv and Surfer 10.0. Base on the result of the process, the resistivity value are 5-1077 Ωm and the discontinue plane of the contour profile resistivity at depth function. The discontinuities of resistivity value can be interpreted the fault plane. The position of the fault in A line is 38 m, while the B and C lines there are 33 m from the start point of the measurement. The faults in the A, B, and C lines are straight with the strike N 113° E.

PENDAHULUAN

Gempa tektonik 5,9 skala Richter yang mengguncang wilayah Yogyakarta dan sekitarnya pada Sabtu 27 Mei 2006 telah menewaskan lebih dari 5.000 orang dan merobohkan ribuan rumah di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Bantul, Wonosari, Sleman, dan Klaten. Aktivitas gempa tersebut diduga memicu pergerakan sesar di wilayah Bantul dan sekitarnya. Sesar aktif tersebut diduga membentuk garis lurus dimulai dari pusat gempa pada koordinat $110,286^{\circ}\text{BT}$ dan $8,007^{\circ}\text{LS}$ ke arah timur laut sampai ke Prambanan dan sekitarnya (Hardjono, 2006:136). Berdasarkan kajian *after sock* yang datanya diambil selama 3 bulan dimulai hari ke empat setelah gempa, sesar penyebab gempa berada kurang lebih 10 km-20 km disebelah timur dari rendahan sesar Opak (Walter *et al.*, 2008:1).

Struktur geologi yang berkembang di dataran Bantul-Klaten berupa patahan atau sesar mendatar yang dikenal sebagai sesar Opak yang berarah timur laut-barat daya kurang lebih $U\ 235^{\circ}\text{T}/80^{\circ}$, dimana blok timur relatif bergeser ke utara dan blok barat ke selatan. Lebar zona patahan diduga mencapai kurang lebih 2,5 km. Dampak dari gempa bumi Jogjakarta 27 Mei 2006 juga menimbulkan gejala pergeseran lapisan tanah dari beberapa mm hingga kurang lebih 10 cm dan rekahan-rekahan dengan dimensi bervariasi mulai ukuran beberapa mm hingga lebih 10 cm. Pengamatan lapangan zona patahan menunjukkan bahwa pada zona patahan aktif Opak ini secara semi detail telah memberikan gambaran bahwa zona patahan tersebut dicirikan oleh segmen - segmen yang lebih kecil dengan ukuran bervariasi mulai beberapa cm hingga beberapa puluh meter (Soebowo *et al.*, 2007:56-58). Hampir semua kerusakan geoteknik terjadi tidak hanya dekat patahan utama (sesar Opak) tetapi juga di permukaan sesar bawah tanah lainnya (Rosyidi *et al.*, 2008:1).

Studi kasus mengenai sesar atau patahan menjadi sangat penting dalam rangka melakukan usaha mitigasi bencana pergerakan tanah, perlu dilakukan survey penentuan letak sesar di lokasi penelitian. Selain karena lokasi sesar berada dekat dengan pemukiman warga, penggunaan lahan sebagai lokasi pemukiman juga menjadi faktor penting perlunya survey letak sesar di lokasi penelitian.

Sesar bawah permukaan sulit untuk diidentifikasi karena informasi yang terbatas dari peta geologi dan profil bawah permukaan. Salah satu metode geofisika yang cukup baik untuk memetakan kondisi bawah permukaan guna mengetahui struktur perlapisan dan besarnya adalah metode geolistrik. Metode geolistrik dari beberapa survey elektroda merupakan indikator yang baik untuk mengidentifikasi struktur terkait patahan (Fuji-ta & Ikuta, 2000:570).

Hasil penyelidikan bawah permukaan menggunakan metode *resistivity* dan uji pengeboran (*drilling testing*) yang dilakukan Rosyidi *et al.* (2008) di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menunjukkan pola sesar berarah barat ke timur dan utara ke selatan. Diskontinu lapisan batuan dan perubahan pola kontur resistivitas yang signifikan merupakan indikator lokasi sesar bawah permukaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui gambaran struktur bawah permukaan dan indikasi keberadaan patahan melalui interpretasi profil anomali penampang 2-D dan 3-D.

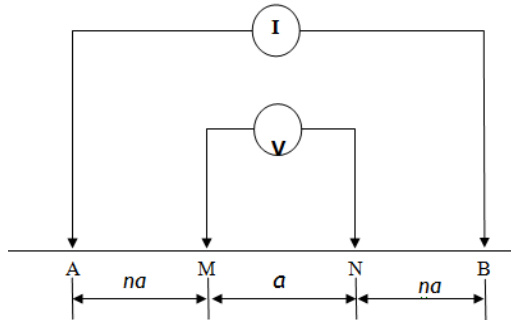
Menurut Prapitari & Yulianto (2013:61), metode resistivitas 3-D mampu memberikan gambaran bawah permukaan lebih detail meliputi citra distribusi nilai resistivitas dalam penampang vertikal maupun horisontal. Teknik untuk menggambarkan resistivitas geolistrik 3-D telah dipresentasikan oleh Loke (2004). Berdasarkan penelitian Aizebeokhai & Olayinka (2011), hasil dari penggambaran 3-D adalah grid persegi atau grid persegi panjang dengan spasi elektroda konstan dalam arah sumbu x, y, dan z.

Metode geolistrik merupakan salah satu metode yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan dua buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Sedangkan dua elektroda potensial yang berada di dalam konfigurasi digunakan untuk mengukur beda potensialnya (Surdaryo & Afifah, 2008:120).

Metode geolistrik didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis dimana bumi memiliki bentuk simetri bola. Pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan

resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan tersebut dan menyebabkan nilai tahanan jenis yang terukur tergantung pada jarak elektroda nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah tahanan jenis sebenarnya melainkan tahanan jenis semu (ρ_a).

Pada alat *Resistivity Multi-Channel* terdapat pengaturan konfigurasi yang diinginkan, alat tersebut otomatis muncul opsi *Schlumberger* dan *Wenner*. Aturan konfigurasi *Schlumberger* pertama kali diperkenalkan oleh Conrad Schlumberger, dimana jarak elektroda potensial MN dibuat tetap sedangkan jarak AB yang diubah-ubah. Tetapi pengaruh keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB diubah pada jarak yang relatif besar maka jarak MN hendaknya diubah pula. Perubahan jarak hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB, seperti pada Gambar 1 (Telford *et al.*, 1990).



Gambar 1. Elektroda arus dan potensial konfigurasi *Schlumberger* (Telford *et al.*, 1990)

Konfigurasi *Schlumberger* mendasarkan pengukuran kepada kontinuitas pengukuran dalam satu penampang dan hasilnya suatu penampang semu (*pseudosection*). Pengukuran ini dilakukan dengan membuat variasi posisi elektroda arus (AB) dan elektroda potensial (MN).

Dalam konfigurasi *Schlumberger* ini dapat dihitung nilai resistivitas semu (ρ) sebagai berikut:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan K adalah faktor geometri dari konfigurasi elektroda yang digunakan di lapangan. Rumusan faktor geometri dapat dituliskan:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{MA} - \frac{1}{BM}\right)\right] - \left[\left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)\right]} \quad (2)$$

dengan AM= MN= BM= BN= a

$$K = 2\pi a \quad (3)$$

Dari Persamaan (1) didapatkan nilai resistivitas material. Untuk membedakan resistivitas material satu dengan yang lain maka diperlukan Tabel 1 sebagai bahan acuan.

Tabel 1. Variasi resistivitas material bumi (Telford *et al.*, 1990).

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Air	
Distilasi	2×10^5
Permukaan	30 s/d 3×10^3
Tambang	0.4 s/d 6×10^2
Laut	0.21
Batuan	
Gabro	$10^3 - 10^6$

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Batugamping	50 s/d 10^7
Batupasir	1 s/d 10^3
Serpih	20 s/d 2×10^3
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Alluvium dan pasir	10 – 800
Tufa	20 – 200
Lempung	3 – 20
Tanah	1 s/d 10^4

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan lapangan dan pengukuran secara langsung di Desa Segoroyoso, Kec. Pleret, Kab. Bantul. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2014. Secara geografis kecamatan Pleret terletak pada S $07^{\circ}52'49''$ E $110^{\circ}24'44''$. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Konfigurasi geolistrik metode tahanan jenis yang ada dalam penelitian ini akan digunakan konfigurasi *Schlumberger*. Pada konfigurasi *Schlumberger* ini elektroda-elektroda potensial diam pada suatu spasi tertentu. Sedangkan elektroda-elektroda arus digerakkan secara simetri keluar dalam langkah-langkah tertentu dan sama. Lebar jarak AB menentukan jangkauan geolistrik ke dalam tanah. Ketika perbandingan jarak antara elektroda arus dengan elektroda potensial terlalu besar, elektroda harus digeser, jika tidak maka beda potensial yang terukur akan sangat kecil (Alile *et al.*, 2007).

Peralatan yang diperlukan dalam pengambilan data adalah Resistivimeter S-Field, dua buah elektroda arus dan elektroda potensial, dua gulung kabel arus dan potensial masing-masing 150 meter, dua buah Aki kering Yuasa masing-masing 12 volt, palu geologi, meteran, laptop, dan GPS (*Global Positioning System*).

Pengambilan data dilakukan menggunakan alat Resistivimeter. Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan.
2. Memasang elektroda dengan lebar spasi jarak elektorda 5 m.
3. Menyusun rangkaian resistivimeter.
4. Mengaktifkan resistivimeter kemudian menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda yang sudah terpasang.
5. Melakukan pengukuran pada lintasan dan mencatat arus listrik (I) dan beda potensial (V) antara 2 titik elektroda.
6. Menghitung tahanan jenis (ρ) hasil pengukuran.

Pengukuran resistivitas tanah secara langsung di lokasi penelitian dilakukan dengan mengambil tiga lintasan yang sejajar agar dapat diinterpretasikan menjadi model 3-D. Lokasi pengambilan lintasan dipilih berdasarkan data pengamatan meliputi indikasi patahan yang ditandai dengan peristiwa pembelokan alur sungai, perbedaan kedudukan batuan dan rekahan sepanjang sungai. Lintasan dibuat tegak lurus terhadap patahan dengan arah barat ke timur. Panjang setiap lintasan adalah 75 meter dengan spasi antar elektroda 5 meter.

Pengolahan data menggunakan Microsoft excel untuk mendapatkan nilai resistivitas semu. Selanjutnya, dari hasil perhitungan data tersebut dilakukan proses inversi menggunakan *Res2dinv* untuk mendapatkan model penampang 2D resistivitas bawah permukaan daerah penelitian.

Menggabungkan ketiga data penampang lintasan menggunakan *Res3dinv*, dan menampilkan hasil pola 3-D menggunakan *Surfer 10*.

Interpretasi adalah proses akhir yang dilakukan dalam penelitian ini. Interpretasi data digunakan untuk mengidentifikasi litologi dan menentukan indikasi adanya patahan pada daerah penelitian. Hasil pengolahan data menggunakan *Res2dinv* akan memberikan penampang 2D daerah penelitian, yang mana dari penampang tersebut memiliki perbedaan warna yang menandakan perbedaan nilai resistivitas pada tiap lapisan batuan. Nilai resistivitas ini kemudian dibandingkan dengan nilai resistivitas referensi dan peta geologi daerah penelitian untuk menentukan litologi apa saja yang menyusun daerah tersebut, dan melihat adanya patahan di bawah permukaan tanah.

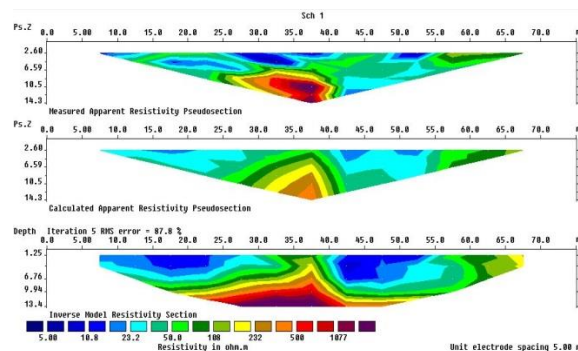
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk proses interpretasi data hasil pengukuran, dibutuhkan data pendukung lainnya, seperti peta geologi daerah penelitian. Peta geologi daerah penelitian berada pada apa yang disebut zona T_{mse} . Zona T_{mse} adalah daerah yang memiliki formasi batuan gunung api. Zona tersebut merupakan endapan tuf, yang terdiri dari breksi tuf, breksi batu apung, tuf dasit dan tuf andesit. Pada peta geologi, zona ini berada pada daerah yang berwarna cokelat terang.

1. Akuisisi Data Lapangan

Lintasan A

Akuisisi data resistivitas bumi pada survei lintasan A dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 meter. Titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat $110^{\circ}24'22.6''\text{BT}$ dan $07^{\circ}52'50.6''\text{LS}$, titik akhir (75 meter) berada pada koordinat $110^{\circ}24'23.5''\text{BT}$ dan $07^{\circ}52'48.2''\text{LS}$ yang membentang pada arah 235° NE, di daerah pematang sawah. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 meter. Dari hasil pengukuran diperoleh harga resistivitasnya berkisar antara 5-1077 Ωm . Gambar 3 di bawah merupakan model inversi lintasan A hasil pengolahan data dengan *software Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah secara langsung. Berdasarkan pengukuran di lapangan didapatkan hasil pada Gambar 3.

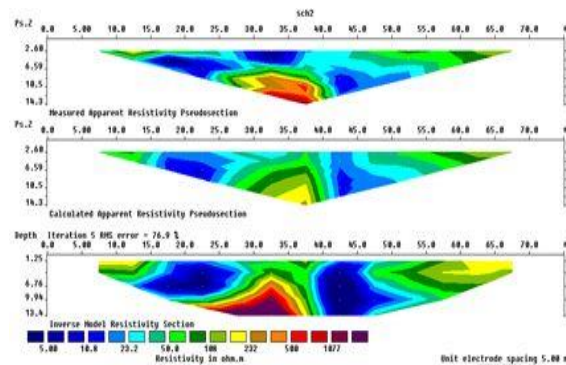


Gambar 3. Penampang resistivitas hasil inversi 2-D Lintasan A

Berdasarkan pada Gambar 3 penampang resistivitas hasil inversi lintasan A dan kondisi geologi daerah penelitian, diperoleh dua lapisan batuan yaitu lapisan alluvium dan batuan gunungapi Merapi muda berupa batuan breksi vulkanik. Lapisan alluvium dengan nilai resistivitas rendah berkisar 5-231 Ωm dan lapisan batuan breksi vulkanik dengan nilai resistivitas tinggi berkisar 232-1077 Ωm . Dari gambar tersebut dapat dilihat pada kedalaman 0-6 m yang berada pada jarak 5-65 m merupakan lapisan alluvium yang memiliki nilai resistivitas rendah. Kemudian pada kedalaman 6.76-13 m pada jarak 15-60 m merupakan lapisan keras (*bedrock*) berupa batuan breksi vulkanik. Hal ini dikarenakan batuan tersebut merupakan hasil endapan Gunungapi Merapi muda sehingga memiliki nilai resistivitas yang tinggi.

Lintasan B

Akuisisi data resistivitas bumi pada survei lintasan B dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 meter. Titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat 110°24'24.1"BT dan 07°52'51.2"LS, titik akhir (75 meter) berada pada koordinat 110°24'25.5"BT dan 07°52'49.1"LS yang membentang pada arah 215° NE, di daerah pematang sawah. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 meter. Dari hasil pengukuran diperoleh harga resistivitasnya berkisar antara 5-1077 Ωm . Gambar 3 di bawah merupakan model inversi lintasan B hasil pengolahan data dengan *software Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah secara langsung. Berdasarkan pengukuran di lapangan didapatkan hasil pada Gambar 4.

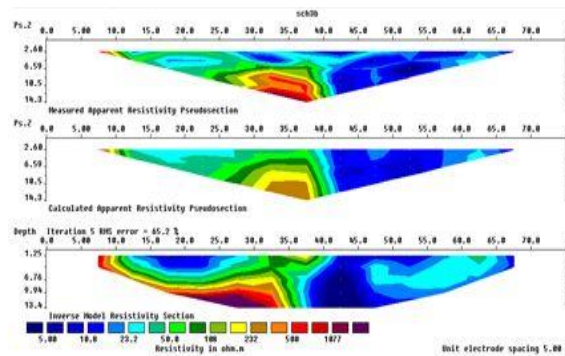


Gambar 4. Penampang resistivitas hasil inversi 2-D Lintasan B

Berdasarkan pada Gambar 4 penampang resistivitas hasil inversi lintasan B di atas terlihat adanya penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang bervariasi. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dengan harga resistivitas berkisar 5-231 Ωm dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi dengan harga resistivitas berkisar 232-1077 Ωm . Dari gambar di atas dapat dilihat pada kedalaman 0-1.25 m pada jarak 5-15 m dan jarak 60-70 m terdapat penyebaran lapisan batuan yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi, hal ini mungkin karena batuan tersebut merupakan batuan yang bersifat plastis, dalam kondisi kering batuan tersebut akan mengembang dan menjadi pecah-pecah sehingga terisi oleh udara menyebabkan resistivitasnya menjadi tinggi, namun tidak lebih tinggi dari resistivitas lapisan keras (*bedrock*). Kemudian pada kedalaman 0-6.76 m merupakan lapisan batuan aluvial yang tersebar pada jarak 15-30 m dan jarak 40-55 m. Sedangkan pada kedalaman 6-13.4 m pada jarak 30-40 m merupakan batuan breksi vulkanik dengan nilai resistivitas yang tinggi.

Lintasan C

Akuisisi data resistivitas bumi pada survei lintasan C dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 meter. Titik awal (titik 0 meter) berada pada koordinat 110°24'25.7"BT dan 07°52'52.0"LS, titik akhir (75 meter) berada pada koordinat 110°24'27.4"BT dan 07°52'50.3"LS, dekat perumahan warga. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 meter. Dari hasil pengukuran diperoleh harga resistivitasnya berkisar antara 5-1077 Ωm . Gambar 5 di bawah merupakan model inversi lintasan C hasil pengolahan data dengan *software Res2Dinv* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah secara langsung. Berdasarkan pengukuran di lapangan didapatkan hasil pada Gambar 5.

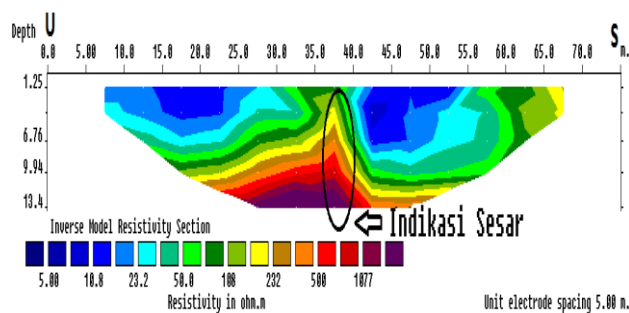


Gambar 5. Penampang resistivitas hasil inversi 2-D Lintasan C

Berdasarkan pada Gambar 5 penampang resistivitas hasil inversi lintasan C di atas terlihat adanya penyebaran lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang bervariasi. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah dengan harga resistivitas berkisar 5-231 Ωm dan lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi dengan harga resistivitas berkisar 232-1077 Ωm . Pada kedalaman 0-6 m merupakan batuan alluvium yang tersebar pada jarak 10-30 m dan jarak 40-65 m. Sedangkan pada kedalaman 6.76-13.4 m merupakan batuan gunungapi muda berupa batuan breksi vulkanik yang berada pada jarak 10-35 m dengan nilai resistivitas yang tinggi. Dari gambar di atas dapat dilihat pada kedalaman 0-6 m yang berjarak 30-40 m terdapat penyebaran lapisan breksi vulkanik dengan nilai resistivitas yang tinggi, hal ini mungkin karena batuan tersebut merupakan batuan yang bersifat plastis, dalam kondisi kering batuan tersebut akan mengembang dan menjadi pecah-pecah sehingga terisi oleh udara menyebabkan resistivitasnya menjadi tinggi, namun tidak lebih tinggi dari resistivitas lapisan keras (*bedrock*).

2. Interpretasi Patahan (*Sesar*)

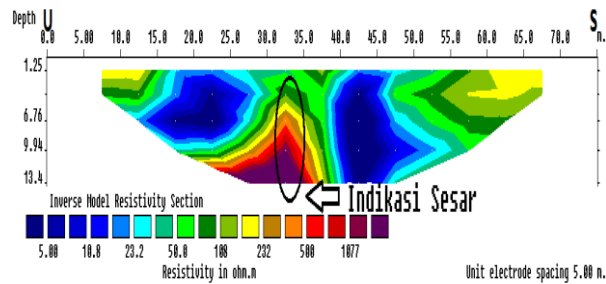
Gambaran pendugaan posisi sesar dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *software Res2DInv* untuk lintasan A ditunjukkan seperti Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 6. Pendugaan posisi sesar untuk lintasan A

Berdasarkan pada Gambar 6 terlihat adanya diskontinu (ketidakterusan) lapisan batuan yang disebabkan adanya sesar. Penentuan prediksi sesar dari hasil penampang inversi lintasan A ditunjukkan dengan adanya penurunan kedudukan lapisan batuan (selatan). Dugaan patahan terletak pada jarak 38 m terhadap titik awal pengukuran yang ditandai dengan kontras resistivitas 23-108 Ωm dan 232-1077 Ωm .

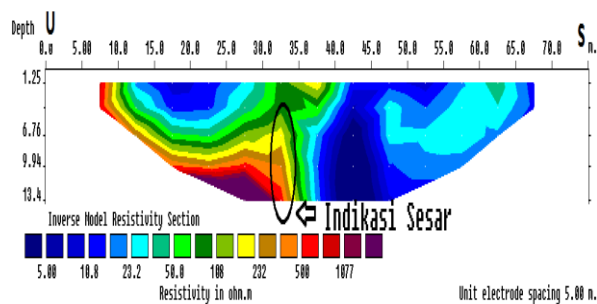
Pendugaan posisi sesar pada lintasan B dari hasil inversi 2-D ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Pendugaan posisi sesar untuk lintasan B

Berdasarkan pada Gambar 7 terlihat adanya diskontinu lapisan batuan yang disebabkan adanya sesar. Lapisan batuan yang mengalami diskontinuitas diduga sebagai lokasi sesar. Dugaan patahan terletak pada jarak 33 m terhadap titik awal pengukuran yang ditandai dengan kontras resistivitas 23-108 Ωm dan 232-1077 Ωm . Pada lintasan ini batuan keras terlihat semakin ke atas, hal ini mungkin disebabkan karena adanya desakan batuan sebelah kanan (bagian selatan), jika dibandingkan dengan gambar penampang lintasan sebelumnya. Penurunan kedudukan batuan bagian selatan semakin jelas terlihat pada lintasan B.

Pendugaan posisi sesar bawah permukaan pada lintasan C dari hasil inversi 2-D ditunjukkan pada Gambar 8 berikut:



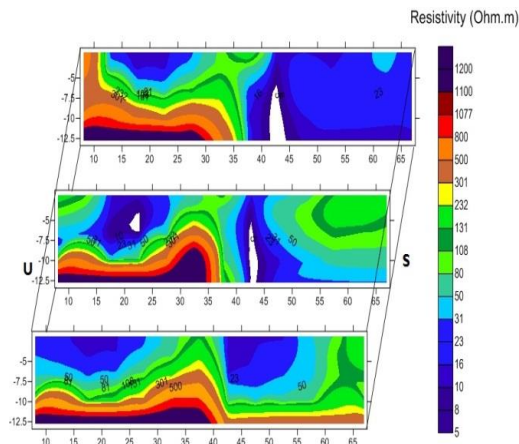
Gambar 8. Pendugaan posisi sesar untuk lintasan C

Berdasarkan pada Gambar 8 terlihat adanya diskontinu lapisan batuan yang disebabkan adanya pergerakan sesar bawah permukaan. Penentuan prediksi sesar pada penampang hasil inversi lintasan C ditunjukkan dengan kedudukan batuan sebelah kanan (selatan) lebih rendah daripada batuan sebelah kiri (utara). Dimungkinkan batuan yang berada di sebelah kanan mengalami penurunan kedudukan batuan. Dugaan patahan terletak pada jarak 33 m terhadap titik awal pengukuran yang ditandai dengan kontras resistivitas 23-108 Ωm dan 232-1077 Ωm . Hal ini membuktikan bahwa pada lintasan tersebut mungkin terjadi bawah permukaan.

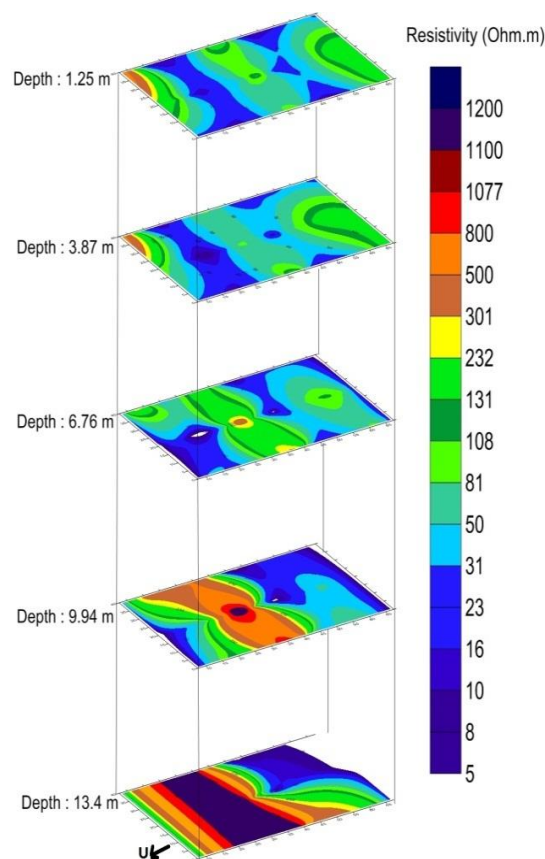
3. Interpretasi Profil Anomali 3-D

Pemetaan kontur dan pemodelan spasial 3 dimensi (3-D) ini berbasis pada *software Surfer 10.0*. *Surfer 10.0* adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan 3-D dengan mendasarkan pada grid.

Berikut ini merupakan hasil pengolahan 3-D menggunakan *surfer 10.0* untuk menggambarkan nilai resistivitas pada kedalaman yang sama dari lintasan A, B, dan C, seperti ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 berikut.



Gambar 9. Penampang vertikal 3-D lintasan A, B, dan C



Gambar 10. Penampang kontur fungsi kedalaman pada lintasan A, B, dan C

4. Pembahasan

Interpretasi dilakukan dengan pemodelan lapisan resistivitas batuan dari masing-masing titik pengukuran. Hasil analisa tersebut kemudian diinterpretasi berdasarkan geologi dan pengamatan lapangan. Secara geologi, lokasi penelitian berada pada tiga satuan litologi yaitu endapan gunungapi Merapi muda (Q_{mi}), alluvium (Q_a) dan formasi semilir (T_{mse}).

Hasil analisis litologi dari semua lintasan menunjukkan kesamaan penyusun lapisan batuan. Batuan penyusunnya berupa endapan alluvium dan batuan breksi vulkanik. Berdasarkan pemodelan 2D seperti ditunjukkan pada Gambar 2 sampai Gambar 4, dibuat dalam rentang nilai resistivitas yang sama, sehingga dapat dilihat distribusi nilai resistivitas yang besarnya sama dan dapat diketahui bagaimana kemiringan lapisan batuan di daerah penelitian.

Hasil dari pengolahan dan setelah dilakukan penggabungan lapisan untuk masing-masing titik pengukuran didapatkan dua lapisan batuan dengan nilai resistivitas pada lapisan pertama antara 5-131 Ωm dan lapisan kedua 232-1200 Ωm (Telford *et al.*, 1990). Hasil penelitian ini sesuai dengan informasi geologi pada peta geologi lembar Yogyakarta (Rahardjo & Rosidi, 1995) yang menunjukkan bahwa daerah penelitian mempunyai litologi batuan beku plutonik yang tertutup endapan alluvium pada permukaannya.

Sesar atau patahan merupakan zona rekahan pada lapisan batuan yang telah mengalami pergeseran baik secara garis lurus maupun terputar, sehingga terjadi perpindahan antara bagian-bagian yang berhadapan. Pergeseran batuan tersebut terjadi disepanjang permukaan yang disebut bidang sesar (*fault plane*).

Sesar terjadi akibat tekanan yang tidak seimbang pada suatu lapisan batuan. Sebagaimana dijelaskan pada teori elastisitas, batuan tersebut akan mengalami deformasi, yang apabila melewati ambang batas kekuatan elastisitasnya batuan tersebut akan mengalami patahan atau sesar.

Dalam pemahaman sederhana, sesar terdiri atas dua bagian non-vertikal yang disebut *hanging-wall* dan *footwall*. Dari definisi, *hanging-wall* merupakan bagian sesar yang berada di atas bidang patahan. Sedangkan *footwall* merupakan bagian yang berada di bawah bidang sesar.

Struktur geologi yang berkembang di daerah dataran Bantul-Klaten yang termasuk dalam daerah penelitian berupa patahan atau sesar mendatar yang dikenal sebagai sesar Opak yang berarah timur laut-barat daya kurang lebih $U\ 235^\circ\ T/80^\circ$, dimana blok timur relatif bergeser ke utara dan blok barat ke selatan. Lebar zona patahan diduga mencapai kurang lebih 2,5 km. Patahan lainnya yang berarah barat laut-tenggara berkedudukan kurang lebih $U\ 325^\circ\ T/70^\circ$, yang menuju ke arah Gantiwarno. Pengamatan lapangan zona patahan menunjukkan bahwa pada patahan aktif Opak ini secara semi detail telah memberikan gambaran bahwa zona patahan tersebut dicirikan oleh segmen-segmen yang lebih kecil dengan ukuran bervariasi mulai beberapa cm hingga beberapa puluh meter (Soebowo *et al.*, 2007:56).

Dampak dari gempa bumi Jogjakarta 27 Mei 2006 juga menimbulkan gejala pergeseran lapisan tanah dari beberapa mm hingga kurang lebih 10 cm dan rekahan-rekahan dengan dimensi bervariasi mulai ukuran beberapa mm hingga lebih 10 cm. Pola rekahan yang terjadi mempunyai arah yang bervariasi, namun yang dominan mendekati arah hampir utara-timur ($U\ 10-20^\circ\ T$). Rekahan tersebut tampak dengan jelas di peladangan sawah, jalan raya, ladang perkebunan.

Gempa ini juga menimbulkan rel kereta api di Prambanan dan Jalan Bantul Km 5 melengkung dan diikuti gejala rekahan-rekahan baru di sekitarnya. Sistem rekahan tektonik yang teridentifikasi cukup baik berupa *tension fractures* atau rekahan regang (*extension fractures*, *gash fractures*, *release fractures*) dan patahan-patahan mesoskopis (Soebowo *et al.*, 2007:57-58).

Menurut Hidayatullah (2010:71), interpretasi patahan dilakukan pada penampang migrasi yang telah ada. Interpretasi dilakukan dengan cara menarik garis pada patahan. Patahan dapat diketahui dengan cara melihat diskontinuitas (ketidakmenerusan) pada penampang seismik. Selain itu, patahan akan dicirikan dengan terbentuknya *footwall* dan *hanging wall*.

Hasil interpretasi profil anomali dan kesesuaiannya dengan peta geologi memberikan hasil bahwa terdapat suatu bidang patah (sesar) yang ditunjukkan dengan adanya bidang diskontinu lapisan batuan.

Hasil penyelidikan bawah permukaan menggunakan metode *resistivity* dan uji pengeboran (*drilling testing*) yang dilakukan Rosyidi *et al.* (2008) di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menunjukkan pola sesar berarah barat-timur dan utara-selatan. Diskontinu lapisan batuan dan perubahan pola kontur resistivitas yang signifikan merupakan indikator lokasi sesar bawah permukaan.

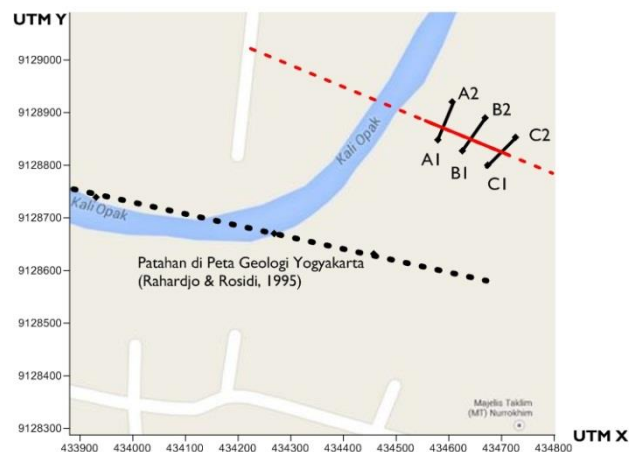
Dari hasil penelitian ini, dugaan sesar ditunjukkan dengan adanya penurunan kedudukan lapisan batuan. Batuan yang patah telah mengalami deformasi (mengalami perubahan bentuk) disebabkan oleh gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Deformasi batuan berhubungan dengan sifat elastisitas, di mana setiap batuan mempunyai keelastisitasan yang berbeda-beda. Dalam hal ini perubahan kedudukan lapisan batuan di satu sisi disebabkan adanya pengaruh gaya endogen yang terlalu besar melebihi batas elastisitas batuan sehingga batuan tersebut mengalami patahan atau sesar.

Berdasarkan model penampang 3-D kontur fungsi kedalaman (Gambar 8 dan Gambar 9) yang dihasilkan menggambarkan pola kontur yang berbeda. Perubahan resistivitas relatif kecil ditandai dengan

garis kontur yang renggang. Perubahan nilai resistivitas anomali yang sangat signifikan ditandai dengan garis kontur yang rapat. Asumsi bahwa garis kontur yang semakin rapat diindikasikan sebagai patahan yang membuat material-material yang ada di sekitar daerah patahan menjadi tercampur, hal ini ditunjukkan dengan nilai resistivitasnya yang berdekatan merupakan gabungan antara resistivitas rendah dan tinggi. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya perubahan nilai resistivitas yang signifikan ditandai sebagai adanya patahan.

Pola Patahan

Gambar 11 menunjukkan pola patahan yang terbentuk di daerah penelitian. Patahan relatif berarah barat-timur dengan *strike* U 113°T. Garis merah yang ada di gambar menunjukkan indikasi patahan, sedangkan garis merah putus-putus adalah terusan patahan yang mungkin terjadi di daerah penelitian.



Gambar 11. Pola Patahan di Daerah Penelitian

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai metode geolistrik untuk identifikasi sesar bawah permukaan di Desa Segoroyoso, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Bidang patahan untuk lintasan A berada pada titik 38 m terhadap titik awal pengukuran, sedangkan untuk lintasan B dan C berada pada titik 33 m terhadap titik awal pengukuran. Patahan relatif berarah barat-timur dengan *strike* U 113°T.
2. Data resistivitas yang didapatkan memberikan gambaran struktur bawah permukaan daerah penelitian tersusun oleh dua lapisan batuan. Lapisan pertama merupakan endapan alluvium pada kedalaman 0-6 m dengan kisaran harga resistivitas 5-131 Ω m dan lapisan kedua merupakan lapisan batuan gunungapi pada kedalaman 6-13 m dengan kisaran nilai resistivitas 232-1200 Ω m.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Hasil penelitian ini belum dapat digunakan untuk menentukan spesifikasi jenis sesar melalui interpretasi profil anomali resistivitas, perlu penelitian menggunakan metode geofisika lainnya misalnya metode Magnetik dan metode Gaya Berat (*Gravity*).
2. Perlu dilakukan penelitian yang berkelanjutan yaitu dengan penambahan titik ukur yang berasosiasi dengan penambahan target kedalaman sehingga dapat diperoleh gambaran bawah permukaan lebih luas karena hasil penelitian ini hanya memberikan gambaran struktur bawah permukaan dangkal.

3. Sebaiknya lintasan pengukuran dibuat sejajar agar dapat diinterpretasikan menjadi model 3-D dan tegak lurus terhadap patahan untuk melihat kemenerusan patahan sehingga hasilnya menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aizebeokhai, A.P. & A.I. Olayinka. 2011. Anomaly Effects of Orthogonal Paired-Arrays for 3D Geoelectrical Resistivity Imaging. *Environ Earth Sci*, 64: 2141–2149.
- Alile, O.M., W.A. Molindo, & M.A. Nwachokor. 2007. Evaluation of soil profile on aquifer layer of three locations in Edo state. *International Journal of Physical Sciences*, 2 (9), pp. 249-253. Tersedia di <http://academicjournals/journal/IJPS/.org> [diakses 26-12-2014].
- Fuji-ta, K. & O. Ikuta. 2000. Resistivity Structure Of The Central Part Of The Yamasaki Fault Studied By The Multiple Electrodes Resistivity Method. *Earth Planets Space*, 52: 567-571. Tersedia di <http://terrapub.co.jp/journals/EPS/> [diakses 27-12-2014].
- Hardjono, I. 2006. Hirarki Gempa Bumi dan Tsunami (Aceh, Nias, Bantul, Pangandaran, dan Selat Sunda). *Forum Geografi*, 20 (2): 135-141. Tersedia di <http://publikasiilmiah.ums.ac.id/> [diakses 02-01-2015].
- Hidayatullah, F.S. 2010. *Identifikasi Patahan Pada Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Seismik Refleksi 2-D Di Barat Sumatera*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Tersedia di <http://geoelectrical.com> [diakses 24-01-2015].
- Prapitari, A. & T. Yulianto. 2013. Penggunaan Metode Geolistrik Resistivitas 3-Dimensi untuk Mengetahui Sebaran Limbah di TPA Jatibarang Kota Semarang. *Youngster Physics Journal*, 1(4): 59-70.
- Rahardjo, W. & H. Rosidi. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G). 1 lembar.
- Rosyidi, S.A., M.R. Taha, S.B. Lesmana, J. Wintolo, & Z. Chik. 2008. Some lessons from Yogyakarta earthquake of May 27, 2006. *Proceeding of 14th International Conference on Earthquake Engineering*. Beijing, China: 12–17 Oktober 2008. Tersedia di <http://iitk.ac.in/> [diakses 05-01-2015].
- Soebowo, E., T. Adrin, & D. Sarah. 2007. Studi Potensi Likuifaksi di Daerah Zona Patahan Opak Patalan-Bantul Jogjakarta. *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI. Tersedia di <http://ml.scribd.com/doc/51770180/Likuifaksi> [diakses 04-01-2015].
- Surdaryo, B. & R.S. Afifah. 2008. Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger. *Teknik*, 29(2): 120-128. ISSN: 0852-1697. Tersedia di <http://eprints.undip.ac.id/> [diakses 15-01-2015].
- Telford, M. W., L. P. Geldard, R. E. Sheriff, & D. A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.
- Walter T.R., R. Wang, B.G. Leuher, J. Wassermann, Y. Behr, S. Parolai, A. Anggani, E. Gunther, M. Sobiesiak, H. Grosser, H.U. Wetzell, C.P.J. Milkereit, K.S.B. Puspito, P. Harjadi, & J. Zeshau. 2008. *The 26 May Magnitude 6,4 Yogyakarta Earthquake South Of Merapi Vulcano : did lahar deposit amplify ground and thus lead to the disaster?*. G3 9(5). 15 May, 2008. ISSN: 1525-2027. Published by AGU and the Geochemical Society. Tersedia di <http://volcanotectonics.de/> [diakses 17-02-2015].