

PEMODELAN 2D RESISTIVITAS BATUAN ANDESIT DAERAH GUNUNG KUKUSAN KULON PROGO

Rizqi Prastowo
Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari No.1 Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, Indonesia
rizqi@sttnas.ac.id

Abstrak

Infrastruktur pembangunan bandara Internasional Yogyakarta berdasarkan rencana strategis Dirjen Perhubungan tersebut sangat besar sehingga perlu adanya material-material pembangunan untuk menunjang keterlaksanaan pembangunan bandara tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas, kedalaman, sebaran nilai resistivitas, dan interpretasi batuan andesit dari model 2D resistivitas di Gunung Kukusan, Desa Hargorejo, Kokap, Kulon Progo. Metode penelitian ini menggunakan metode geolistrik dipole-dipole dengan bentangan 200 m. Berdasarkan model 2D resistivitas, kedalaman batuan andesit segar di Gunung Kukusan, Desa Hargorejo, Kokap, Kulon Progo berkisar antara 3-15 m. Sebaran nilai resistivitas batuan andesit melalui hasil penampang model model 2D resistivitas yaitu nilai $>522 \Omega m$, sedangkan nilai resistivitas batuan andesit yang telah mengalami pelapukan berkisar antara 179-659 Ωm . Interpretasi berdasarkan nilai resistivitas batuan terdapat 3 jenis batuan yaitu batuan lempung sebagai batuan yang diterobos intrusi, batuan andesit lapukan dan andesit segar.

Kata kunci: Andesit, Resistivitas, dipole-dipole, Gunung Kukusan

Abstract

Infrastructure development of the International airport of Yogyakarta based on the strategic plan of the Directorate General of Transportation is so large that the need for development materials to support the implementation of the construction of the airport. This study aims to determine the value of resistivity, depth, distribution of resistivity value, and interpretation of andesite rock from the 2D resistivity model at Kukusan, Mount, Hargorejo Village, Kokap, Kulon Progo. This research is resistivity method used the dipole-dipole method with a stretch of 200 m. Based on the 2D resistivity model, the depth of fresh andesitic rock at Kukusan, Mount Hargorejo Village, Kokap, Kulon Progo ranges from 3-15 m. The distribution of resistivity value of andesite rock through the result of a model of 2D resistivity is value $> 522 \Omega m$, while the resistivity value of weathered andesitic rocks ranges from 179-659 Ωm . Interpretation based on rock resistivity value there are 3 types of rocks are clay rock as intruded rocks, andesite rock lap, and fresh andesite.

Keywords: Andesite, Resistivity, dipole-dipole, Kukusan Mount

1. Pendahuluan

Masterplan Bandara Kulonprogo terletak sekitar 30 km sebelah barat dari kota Yogyakarta memiliki *runway* sepanjang 3.600 meter. Landasan tersebut sangat memadai untuk pesawat ukuran besar dan bertaraf internasional. Pada landasan sisi timur-barat, ditambah dua perimeter masing-masing sejauh 900 meter sehingga total keseluruhan *runway* adalah 4.400 meter. Sarana dan fasilitas yang ada nantinya adalah apron, terminal *building*, *commercial building*, *technical building* dan dukungan pengoperasian penerbangan dengan *Air Traffic Control* (ATC) serta fasilitas parkir bagi pengunjung. Bandara yang mampu melayani 30 juta penumpang setiap tahun [2].

Infrastruktur pembangunan bandara Internasional Yogyakarta berdasarkan rencana strategis Dirjen Perhubungan tersebut sangat besar sehingga perlu adanya material-material pembangunan untuk menunjang keterlaksanaan pembangunan bandara tersebut. Salah satu material yang penting adalah batuan andesit. Batuan andesit merupakan salah satu jenis batuan beku vulkanik yang banyak dimanfaatkan dalam bidang konstruksi seperti bahan baku pondasi bangunan, pengaspalan jalan dan pembuatan jembatan. Dalam pemanfaatannya dibutuhkan batuan andesit yang belum mengalami pelapukan (*fresh*), sedangkan sebagian besar batuan andesit yang tersingkap di permukaan telah mengalami pelapukan dengan tingkat yang berbeda-beda. Penilaian ekonomi batuan andesit juga ditinjau dari sumberdaya cadangannya, sehingga diperlukan suatu metode eksplorasi yang mampu mengungkap keberadaan batuan andesit di bawah permukaan beserta pola penyebarannya.

Cekungan Yogyakarta merupakan dataran rendah yang dibatasi oleh Kali Progo di sisi Barat, Kali Opak di sisi Timur dan Gunung Merapi di bagian Utara. Cekungan Yogyakarta terbentuk akibat Graben Yogyakarta yang mengalami penurunan [8], [3]. sekitar 14 juta tahun lalu berdasarkan data paleontology batuan karbonat oleh [3].

Menurut [7], stratigrafi wilayah Kabupaten Kulon Progo dalam Peta Geologi Lembar Yogyakarta, terdiri dari 8 (delapan) satuan/formasi batuan meliputi Aluvium, tersusun oleh kerakal, pasir, lanau dan lempung, tersebar di sepanjang sungai yang besar dan dataran pantai. Koluvium, merupakan rombakan tak terpilahkan dari Formasi Kebobutak, terdapat di sebelah barat Kali Progo. Endapan gunungapi merapi muda, terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisahkan, tersebar di sekitar Kali Progo. Formasi Sentolo, terdiri dari batugamping dan batupasir napalan, tersebar luas hampir di seluruh kecamatan. Formasi Jonggrangan, tersusun oleh konglomerat, napal tufan dan batupasir gampingan dengan sisipan lignit batugamping berlapis dan batugamping koral. Satuan ini hanya terdapat di daerah Jonggrangan Kecamatan Girimulyo.

Formasi Kebobutak, tersusun oleh breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan lava andesit. Formasi Nanggulan, tersusun oleh batupasir dengan sisipan lignit, napal pasiran, batulempung dengan kongkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir dan tuff. Batuan terobosan andesit, berkomposisi antara andesit hipersten sampai andesit – augit – hornblende dan trakiandesit.

Salah satu metode geofisika yang dapat memberikan informasi dalam eksplorasi batuan andesit adalah dengan Metode Geolistrik. Metode Geolistrik merupakan salah satu Metode Geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan batuan yakni resistivitas batuan. Pada dasarnya batuan adalah penghantar listrik yang buruk / bersifat resistif, akan tetapi batuan memiliki sifat dan komposisi yang berbeda yang mengakibatkan variasi nilai resistivitas. Nilai resistivitas digunakan untuk membedakan antara satu jenis batuan dengan batuan yang lainnya dan sebagian besar batuan beku memiliki nilai resistivitas yang tinggi termasuk batuan andesit.

Pemodelan 2 Dimensi (2D) resistivitas batuan dengan menggunakan Metode Geolistrik diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai pola sebaran batuan andesit. Hal ini penting untuk dilakukan, khususnya dalam eksplorasi batuan andesit dalam rangka penilaian potensi dan sumberdaya batuan andesit di daerah penelitian.

2. Metode Penelitian

Akuisisi data teah dilakukan, sehingga didapatkan nilai resistivitas semu dari tiap titik pengamatan. Data tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya menggunakan perangkat lunak *res2dinv*. Perangkat lunak ini memodelkan kontur resistivitas dengan nilai resistivitas yang dibedakan dengan warna. Inversi pemodelan 2D dilakukan dengan menggunakan metode *smoothness-constrained least square* (penghalusan-pembatasan kuadrat terkecil) yang merupakan dasar algoritma dari *software res2dinv*. Metode inversi *smoothness-constrained least square* menggunakan persamaan matrik sebagai berikut

$$(\mathbf{J}^T \mathbf{J} + u\mathbf{F})\mathbf{d} = \mathbf{J}^T \mathbf{g}, \quad (1)$$

dengan $\mathbf{F} = \mathbf{f}_x \mathbf{f}_x^T + \mathbf{f}_z \mathbf{f}_z^T$

\mathbf{f}_x = horizontal flatness filter

\mathbf{f}_z = vertical flatness filter

\mathbf{J} = matrik parsial derivative

u = dumping factor

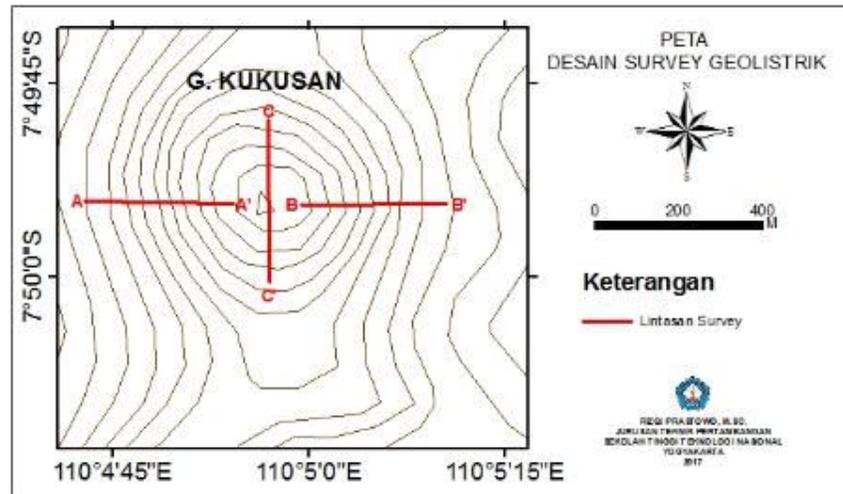
\mathbf{d} = model perturbation vector

\mathbf{g} = discrepancy vector.

Hasil inversi berupa model penampang 2D yang memberikan informasi variasi nilai resistivitas (tahanan jenis) di bawah titik pengukuran. Metode optimasi secara umum adalah mengurangi selisih antara perhitungan dan pengukuran nilai resistivitas semu dengan menyesuaikan model blok resistivitas.

Ukuran perbedaan ini ditunjukkan dengan kesalahan akar kuadrat rata-rata (*root-mean-square*) atau RMS. Meskipun demikian, model dengan nilai RMS terkecil terkadang menunjukkan variasi yang besar dan tidak realistis dalam model resistivity dan juga tidak selalu menjadi model terbaik dari persepektif geologi. Secara umum pendekatan terbaik dengan memilih model yaitu dengan merubah iterasi, akan tetapi nilai RMS tidak berubah secara signifikan. Iterasi ini biasanya antara iterasi ke-3 hingga ke-5, sehingga pada inversi setiap model dilakukan iterasi ke-5 [1].

Lokasi penelitian ini adalah daerah Gunung Kukusan, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo.



Gambar 1. Desain Survey Penelitian

Geolistrik merupakan suatu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian ini meliputi pengukuran beda potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Metode geolistrik dapat digunakan dengan baik bila terdapat kontras resistivitas antar medium. Kontras dapat berupa medium yang relatif konduktif terhadap medium yang non-konduktif, atau terdapat perbedaan lithologi. Kerja metode geolistrik adalah dengan mengalirkan arus searah atau bolak-balik berfrekuensi rendah ke dalam medium bumi melalui dua elektroda arus, kemudian diukur beda potensial yang timbul melalui dua elektroda potensial, sehingga nilai resistivitasnya dapat dihitung melalui Hukum Ohm.

Pada tahanan jenis listrik (resistivitas) medium didefinisikan sebagai,

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (2)$$

dengan ρ = resistivitas medium (Ωm)
 R = tahanan yang diukur (Ω)
 L = panjang medium (m)
 A = luas penampang medium (m^2)

Menurut hukum Ohm,

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

maka,

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \cdot \frac{A}{L} \quad (4)$$

dengan ΔV = beda potensial (volt), I = kuat arus yang melalui medium (ampere)

Persamaan tersebut berlaku untuk medium yang homogen, sehingga hasil yang diperoleh adalah tahanan jenis sesungguhnya (*true resistivity*). Tetapi di dalam praktek, obyek yang diukur adalah bumi atau tanah yang tidak homogen karena tahanan jenisnya berbeda-beda, sehingga tahanan jenis yang terukur adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity*). Nilai tahanan jenis semu ini tergantung pada tahanan jenis lapisan-lapisan pembentuk formasi dan konfigurasi elektroda yang digunakan. Tahanan jenis semu dirumuskan sebagai :

$$\rho_a = K \frac{V}{I}, \quad (5)$$

dengan K adalah faktor geometri susunan elektroda yang berdimensi panjang.

Pendekatan sederhana untuk mendapatkan tahanan jenis setiap batuan di bawah permukaan bumi adalah dengan mengasumsikan bahwa bumi merupakan suatu medium yang homogen isotropis [4]. Jika arus listrik dengan rapat arus J dialirkan ke dalam bumi, maka arus tersebut akan menyebar ke segala arah dengan sama besar. Aliran arus yang melalui suatu elemen luasan A ditulis sebagai :

$$I = J.A \tag{6}$$

Hubungan antara rapat arus dan medan listrik E dinyatakan dalam hukum Ohm :

$$J = \frac{1}{\rho} E \tag{7}$$

dengan, E = medan listrik (volt/meter) ρ = resistivitas medium (Ωm).

Pada kondisi homogen isotropik, potensial di suatu titik yang ditimbulkan oleh aliran arus hanya ditentukan oleh jarak r dari sumber arus ke titik pengukuran. Pada sistem ini potensialnya menurun sepanjang r , maka besarnya medan listrik ditulis sebagai,

$$E = -\nabla V = - \frac{dV}{dr} \tag{8}$$

karena A adalah luas setengah bola yang ditulis sebagai,

$$A = 2\pi r^2 \tag{9}$$

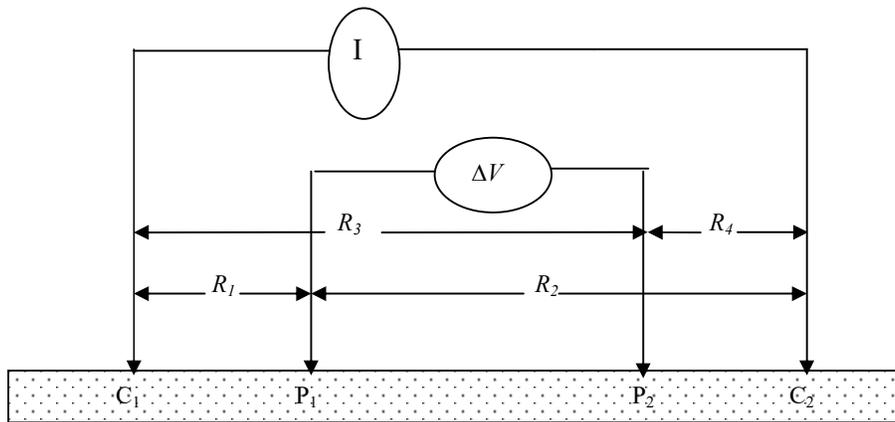
maka,

$$J = \frac{I}{2\pi r^2} \tag{10}$$

selanjutnya, dapat diintegrasikan potensialnya sebagai,

$$\Delta V = \int dV = -\frac{\rho I}{2\pi} \int \frac{1}{r^2} dr = \frac{\rho I}{2\pi r} \tag{11}$$

Pada pengukuran di lapangan digunakan dua elektroda untuk mengalirkan arus (C_1 dan C_2), dan beda potensialnya diukur diantara dua titik dengan dua elektroda potensial, P_1 dan P_2 (Gambar 2).



Gambar 2 Susunan Elektroda Arus dan Potensial.

Potensial di titik P_1 adalah

$$V_{P1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \tag{12}$$

dengan R_1 dan R_2 adalah jarak elektroda potensial P_1 terhadap elektroda - elektroda arus. Sedangkan potensial di titik P_2 adalah

$$V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right), \tag{13}$$

dengan R_3 dan R_4 adalah jarak elektroda potensial P_2 terhadap elektroda – elektroda arus. Selisih potensial antara dua titik tersebut adalah,

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} \tag{14}$$

yaitu :

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) - \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) \right] \tag{15}$$

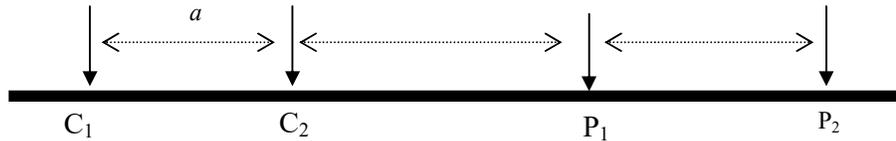
Berdasarkan persamaan (13), maka besarnya tahanan jenis semu adalah:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} 2\pi \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right]^{-1} \tag{16}$$

Besaran $2\pi \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right]^{-1}$ disebut sebagai faktor geometri konfigurasi elektroda.

Faktor Geometri Konfigurasi Dipole-dipole

Pada konfigurasi elektroda Dipole – dipole (Gambar 3), kedua elektroda potensial diletakkan di luar elektroda arus. Jarak antara kedua elektroda arus sama dengan jarak antara kedua elektroda potensial sebesar a . Sedangkan elektroda arus dan elektroda potensial bagian dalam (C_2 dan P_1) berjarak na .



Gambar 3 Susunan Konfigurasi Dipole-dipole

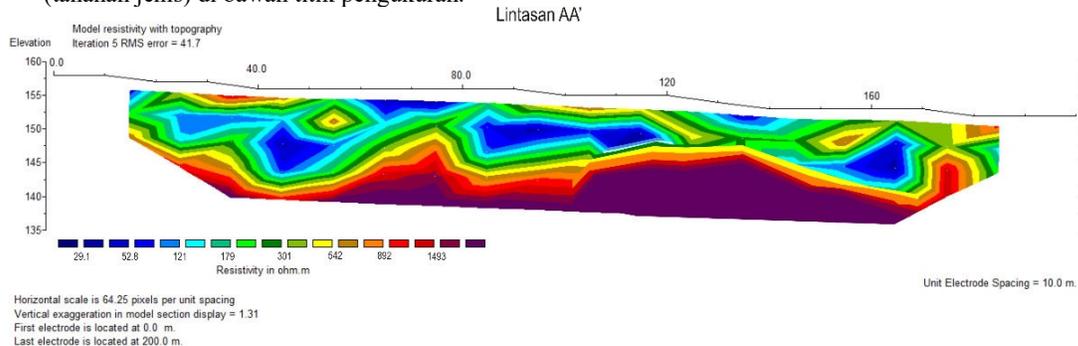
Faktor geometri untuk konfigurasi Dipole-dipole adalah,

$$K_D = 2\pi \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right]^{-1} \tag{17}$$

$$K_D = na\pi(n+1)(n+2) \tag{18}$$

3. Hasil dan Analisis

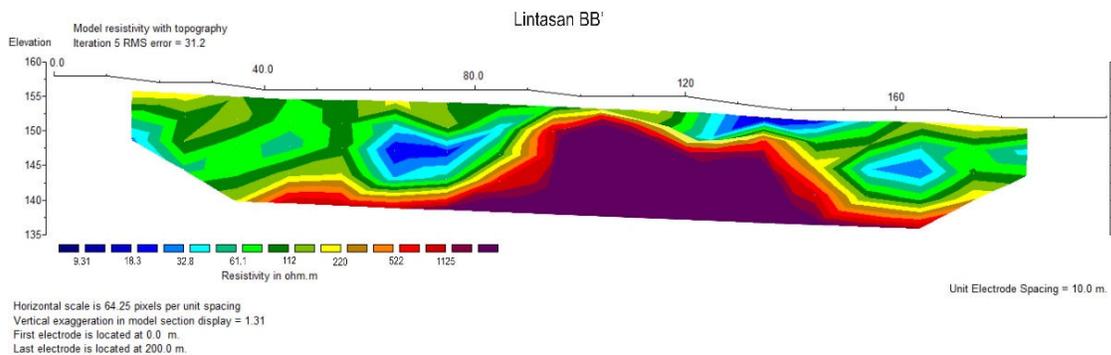
Inversi pemodelan 2D dilakukan dengan menggunakan metode *smoothness-constrained least square* (penghalusan-pembatasan kuadrat terkecil) yang merupakan dasar algoritma dari *software res2dinv*. Hasil inversi berupa model penampang 2D yang memberikan informasi variasi nilai resistivitas (tahanan jenis) di bawah titik pengukuran.



Gambar 4 Model Penampang Resistivitas 2D pada lintasan AA'

Lintasan AA' merupakan lintasan dengan panjang bentangan 200 meter yang dapat dilihat pada **Gambar 4**. Proses iterasi pada data lintasan AA' ini menghasilkan nilai perbedaan pengukuran dan perhitungan (nilai RMS) sebesar 41,7. Nilai ini menurut peneliti masih wajar karena berdasarkan geologi lokal menunjukkan kemungkinan adanya batulempung dengan nilai resistivitas rendah antara 29,1-121 Ωm . Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Agus Harjanto (2011) bahwa Gunung Kukusan merupakan sebuah gumuk hasil dari gunungapi, Gumuk Kukusan diterobos oleh dua buah intrusi yaitu intrusi mikro diorit Telu dan intrusi dasit Curug. Berdasarkan hal tersebut, maka nilai resistivitas 29,1-121 Ωm kemungkinan dapat dikategorikan sebagai batulempung yang diterobos intrusi.

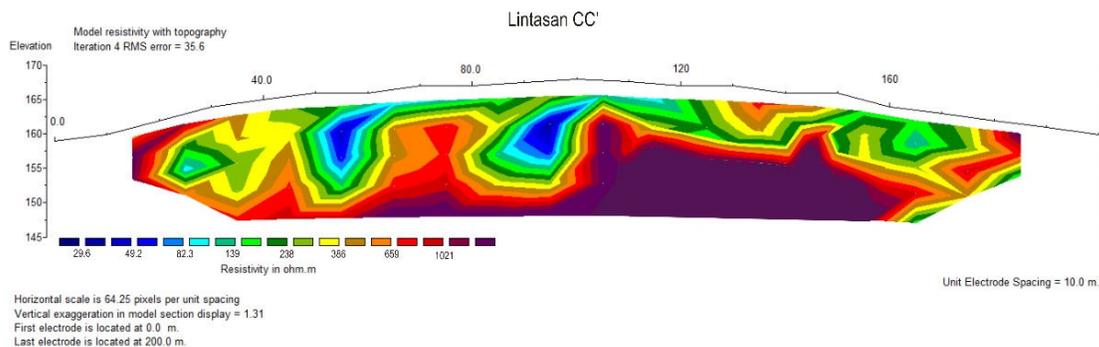
Anomali resistivitas sedang (179-542 Ωm) diinterpretasikan sebagai lapukan batuan andesit, sedangkan nilai resistivitas tinggi (>542 Ωm) diinterpretasikan merupakan batuan andesit yang segar yang melampar ± 40 m. Andesit lapuk tersingkap dipermukaan hingga kedalaman bervariasi. Sedangkan batuan andesit segar berdasarkan penampang lintasan AA' dapat dijumpai bervariasi dari kedalaman ± 7 - 15 meter. Selain itu juga ketebalan batuan andesit segar mencapai ± 10 m, serta dimensi batuan andesit segar ± 400 m². Pada lintasan AA' batuan andesit segar kemungkinan masih tersedia pada kedalaman > 20 m, karena pola kontur masih menerus pada kedalaman 20 m.



Gambar 5 Model Penampang Resistivitas 2D pada lintasan BB'

Lintasan BB' merupakan lintasan dengan panjang bentangan 200 m yang dapat dilihat pada **Gambar 5**. Proses iterasi pada data lintasan BB' ini menghasilkan nilai perbedaan pengukuran dan perhitungan (nilai RMS) sebesar 31,2 yang lebih kecil dibandingkan dengan RMS pada lintasan AA'. Anomali resistivitas rendah (9,31-112 Ωm) diinterpretasikan kemungkinan adalah batuan lempung yang merupakan lapisan yang diterobos intrusi mikro diorit Telu dan intrusi dasit Curug.

Anomali resistivitas sedang (220-522 Ωm) diinterpretasikan sebagai lapukan batuan andesit, sedangkan nilai resistivitas tinggi (>522 Ωm) diinterpretasikan merupakan batuan andesit yang segar yang melampar ± 90 m. Andesit lapuk tersingkap dipermukaan hingga kedalaman bervariasi. Sedangkan batuan andesit segar berdasarkan penampang lintasan BB' dapat dijumpai bervariasi dari kedalaman ± 2 - 15 meter. Selain itu juga ketebalan batuan andesit segar mencapai ± 15 m, serta dimensi batuan andesit segar ± 1350 m². Pada lintasan BB', batuan andesit segar kemungkinan juga masih tersedia pada kedalaman > 20 m, karena pola kontur masih menerus pada kedalaman 20 m.



Gambar 6 Model Penampang Resistivitas 2D pada lintasan CC'

Lintasan CC' merupakan lintasan dengan panjang bentangan 200 m yang dapat dilihat pada Gambar 6. Proses iterasi pada data lintasan CC' ini menghasilkan nilai perbedaan pengukuran dan perhitungan (nilai RMS) sebesar 35,6 yang lebih kecil dibandingkan dengan RMS pada lintasan AA' dan lebih besar dari BB'. Anomali resistivitas rendah (29,6-139 Ωm) diinterpretasikan kemungkinan adalah batuan lempung yang merupakan lapisan yang diterobos intrusi mikro diorit Telu dan intrusi dasit Curug.

Anomali resistivitas sedang (238-659 Ωm) diinterpretasikan sebagai lapukan batuan andesit, sedangkan nilai resistivitas tinggi (>659 Ωm) diinterpretasikan merupakan batuan andesit yang segar yang melampar ± 100 m. Andesit lapuk tersingkap dipermukaan hingga kedalaman bervariasi. Sedangkan batuan andesit segar berdasarkan penampang lintasan CC' dapat dijumpai bervariasi dari kedalaman $\pm 4 - 15$ meter. Selain itu juga ketebalan batuan andesit segar mencapai ± 10 m, serta dimensi batuan andesit segar ± 1000 m². Pada lintasan CC', batuan andesit segar kemungkinan juga masih tersedia pada kedalaman > 20 m, karena pola kontur masih menerus pada kedalaman 20 m.

4. Kesimpulan

Berdasarkan model 2D resistivitas, kedalaman batuan andesit segar di Gunung Kukusan, Desa Hargorejo, Kokap, Kulon Progo berkisar antara 3-15 m. Sebaran nilai resistivitas batuan andesit melalui hasil penampang model model 2D resistivitas yaitu nilai >522 Ωm , sedangkan nilai resistivitas batuan andesit yang telah mengalami pelapukan berkisar antara 179-659 Ωm . Interpretasi berdasarkan nilai resistivitas batuan terdapat 3 jenis batuan yaitu batuan lempung sebagai batuan yang diterobos intrusi, batuan andesit lapukan dan andesit segar.

Daftar Pustaka

- [1] G. Software, RES2DINV ver. 3.59 for Windows XP/Vista/7, Malaysia: GEOTOMO SOFTWARE, 2010.
- [2] D. Perhubungan, Rencana Strategis Dirjen Perhubungan Tahun 2015-2019, Jakarta, 2015.
- [3] B. D.H., A. E. and S. L.D., "Structural Analysis using Landsat TM, Gravity Data, and Paleontological Data from Tertiary Rocks in Yogyakarta, Indonesia, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University," 2009.
- [4] W. Telford, L. Geldart, R. Sheriff and D. Keys, Applied Geophysics, edisi 1, Cambridge, London, New York, Melbourne: Cambridge University Press, 1976.
- [5] A. Harjanto, "VULKANOSTRATIGRAFI DI DAERAH KULON PROGO DAN SEKITARNYA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA," *Jurnal Ilmiah MTG*, vol. 4, no. 2, 2011.
- [6] W. S. Giamboro and W. Hdayat, "PEMODELAN 3D RESISTIVITAS BATUAN ANDESIT DAERAH SANGON, KAB. KULONPROGO, PROVINSI DIY," *JIK TekMin*, vol. 28, no. 1, pp. 20-26, 2016.
- [7] W. Rahardjo, Sukandarrumidi and Rosidi, "Lembar Yogyakarta, Jawa, Skala 1:100.000," PU dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.
- [8] W. Rahardjo, Sukandarrumidi and Rosidi, "Peta Geologi Lembar Yogyakarta," PSG, Bandung, 1997.