



APLIKASI METODE GEOLISTRIK UNTUK MENDETEKSI BUNKER KUNO DI RSUP Dr. KARIADI SEMARANG

Eris Mulyaningsih ✉, Khumaedi, Supriyadi

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

Info Artikel

Diterima Agustus 2014
Disetujui Oktober 2014
Dipublikasikan November 2014

Keywords:
geoelectric; resistivity method; underground bunker

Abstrak

Survei geofisika dengan metode geolistrik tahanan jenis telah dilakukan di area bunker bawah tanah, RSUP Dr. Kariadi Semarang, desa Randusari, untuk mengetahui akses kemenerusan dari bunker bawah tanah di daerah penelitian. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan resistivity meter jenis S-Field. Daerah penelitian terletak pada Zone 49 UTM (*Universal Transverse Mercator*) pada posisi koordinat UTM X 434000m – 439000m dan posisi koordinat UTM Y 9225000m – 9230000m, yang terdiri dari empat titik pengukuran. Panjang dari masing-masing titik pengukuran adalah sejauh 75 m, dengan menggunakan spasi antar elektroda 5 m dan jarak dari masing-masing titik pengukuran adalah 5 m. Dari hasil penelitian didapatkan penampang hasil inversi dari Res2DINV yang menggambarkan kemenerusan bunker. Pada nilai resistivitas 0.0187-1.81 ohm m diduga sebagai nilai resistivitas daerah bunker bawah tanah. Pada lintasan ketiga terdapat indikasi adanya dua buah bunker, sedangkan untuk lintasan 1, 2 dan 4 hanya terdapat indikasi adanya satu buah bunker. Letak bunker pada lintasan 1, 2, 3 dan 4 masih terdapat hubungan dan menunjukkan dari kemenerusan bunker satu sama lain.

Abstract

The geophysical survey by geoelectric resistivity method has been done in the area of underground bunker, RSUP Dr. Kariadi Semarang, in Randusari village, to find out the sustainable access of the bunkers in the research area. The data was obtained by using resistivitymeter S-Field type. The research area is located in Zone 49 UTM (Universal Transverse Mercator) at UTM X position 434000 m – 439000 m coordinates and UTM Y 9225000 m – 9230000 m coordinates, which are consisted of four measurement points. The length of each measurement point is 75 m, using the inter-electrode spacing of 5 m and the distance between measurement points is 5 m. From the research, we obtained the inversed-section of Res2DINV which depicting the bunker sustainability. At resistivity values of 0.0187-1.81 ohm m was alleged as the resistivity value of the bunker area. On the third track, we assumed that there were two bunkers, while track 1, 2 and 4 there was only a single bunker. The bunker location on track 1, 2, 3 and 4 are still related each other and indicate the sustained bunker.

PENDAHULUAN

Sebuah bunker bawah tanah ditemukan di RSUP Dr. Kariadi Semarang. Bangunan kuno sejenis bunker ditemukan oleh para pekerja pada saat menggali tanah di lokasi proyek Instalasi Pembuangan Air Limbah (IPAL) RSUP Dr. Kariadi Semarang, Jawa Tengah, pada hari Selasa 26 Juni 2012 (Darwito 2012).

Tim dari Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BP3) Jawa Tengah melakukan penelitian terhadap bangunan kuno berupa bunker yang ditemukan di lingkungan RSUP Dr. Kariadi. Penelitian terkait fisik bangunan dan nilai sejarah pada bangunan tersebut, pada hari Kamis 28 Juni 2012. Berdasarkan data sementara diketahui tinggi pintu 190 cm, lebar pintu 76 cm, tebal dinding 42 cm, bidang pintu 4 cm, panjang bangunan 520 cm dan lebar 197 cm (Gutomo 2012).

Bangunan rumah sakit tersebut sudah berdiri sejak zaman kolonial Belanda tahun 1925. Namun di dalam denah lokasi rumah sakit semula, tidak disebutkan adanya bunker ataupun gua, hanya disebutkan adanya bukit. Sampai saat ini pihak RSUP Dr. Kariadi masih mencari tahu jalan akses ke ruang bawah tanah di bunker tersebut, karena masih terdapat timbunan tanah setebal 70 cm.

Beberapa pendapat warga setempat dikatakan bahwa lorong tersebut terhubung sampai ke Lawang Sewu, SMA 1 Semarang dan RSUP Dr. Kariadi. Lawang Sewu sendiri sebelumnya merupakan saksi sejarah pertempuran 5 hari di Semarang antara AMKA (Angkatan Muda Kereta Api) melawan Kempetai dan Kidobutai, Jepang pada 14 Oktober – 19 Oktober 1945. Diperkirakan bangunan ini adalah sejenis bunker yang digunakan sebagai lubang perlindungan untuk pertahanan. Hal ini dilihat dari ruang yang sangat terbatas dan diperkirakan untuk pertahanan dari serangan musuh (Gutomo 2012).

Kepala Bidang Pelestarian dan Pemanfaatan Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BP3), Jawa Tengah, Gutomo, memastikan bunker yang ditemukan di RSUP Dr. Kariadi berkategori cagar budaya, Semarang, 10 Juli 2012. Ia memastikan bahwa bunker itu buatan zaman kolonial Belanda sekitar tahun 1930an. Gutomo mengatakan konsekuensi penetapan bunker itu sebagai cagar budaya, Dinas Kebudayaan dan Pariwisata ataupun RSUP Dr. Kariadi harus mulai memikirkan masalah perawatan, pemeliharaan hingga pemugaran.

Metode geolistrik konfigurasi tahanan jenis pole-pole diharapkan dapat membantu proses penelitian mengenai adanya bunker, letak bunker, dan kemenerusan arah bunker pada daerah penelitian, yang nantinya dapat menjadi informasi tambahan bagi pihak RSUP Dr. Kariadi dan pemerintah kota Semarang, khususnya dalam bidang pelestarian cagar budaya dan wisata peninggalan sejarah. Berdasarkan observasi dan informasi di atas, penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian tentang **“Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Mendeteksi Bunker Kuno Di RSUP Dr. Kariadi Semarang”**.

Berdasarkan peta geologi hasil penelitian Dinas Lingkungan Hidup, Pertambangan dan Energi (2006). Pada lokasi penelitian terdiri dari beberapa formasi. Berdasarkan peta geologi kota madya Semarang skala 1:35.000, keadaan geologi Randusari tersusun atas formasi damar dan alluvium.

Formasi Damar (Qtd): terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Batu pasir mengandung mineral mafik, feldspar dan kuarsa. Breksi vulkanik diendapkan sebagai lahar. Formasi ini sebagian nonmarin, moluska setempat ditemukan dari sisa vertebrata, Formasi ini tersingkap di sekitar sungai Damar dan di bagian barat laut daerah telitian.

Alluvium merupakan dataran pantai, sungai dan danau. Dataran pantai umumnya terdiri dari lempung dan pasir mencapai ketebalan 50 m atau lebih. Endapan pasir umumnya membentuk endapan delta sebagai lapisan pembawa air dengan tebal 80 m lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 m sampai 3 m. Bongkah tersusun dari andesit, batu gamping dan sedikit batu pasir.

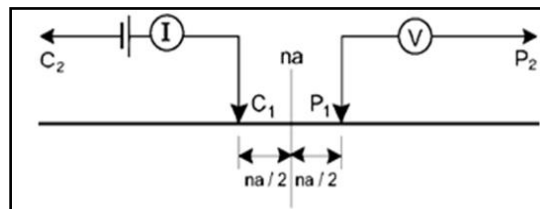
Metode tahanan jenis (*resistivity*) terkadang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi (Santoso 2002).

Tabel 1. Variasi Resistivitas Material Bumi

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Udara	~
Pirit	3×10^{-1}
Galana	2×10^{-3}
Kwarsa	$3 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
Kalsit	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Batuan Garam	$30 - 1 \times 10^{13}$
Mika	$9 \times 10^{12} - 1 \times 10^{14}$
Granit	$3 \times 10^2 - 1 \times 10^6$
Gabro	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$
Basalt	$10 - 1 \times 10^7$
BatuanGamping	$50 - 1 \times 10^7$
Batuan Pasir	$1 - 1 \times 10^8$
Batuan Serpih	$20 - 1 \times 10^3$
Dolomit	$1 \times 10^2 - 1 \times 10^4$
Pasir	$1 - 10^3$
Lempung	$1 - 10^2$
Napal	$3 - 700$
Aluvial	$4 - 800$

Pada konfigurasi pole-pole hanya digunakan satu elektroda potensial (P_1) dan satu elektroda arus (C_1) seperti terlihat pada gambar 1 (Ridhwan 2009). Elektroda lainnya di anggap tak hingga. Kedua elektroda tak hingga ditempatkan dua puluh kali lipat dari spasi elektroda terkecil diluar elektroda terluar (Anthony 2006).

Aturan konfigurasi pole-pole dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Aturan Konfigurasi Pole-pole

Harga Tahanan Jenis pada konfigurasi pole-pole adalah:

$$\rho_w = K_w \frac{\Delta V}{I} \tag{1}$$

Dimana

$$K_w = 2\pi a \tag{2}$$

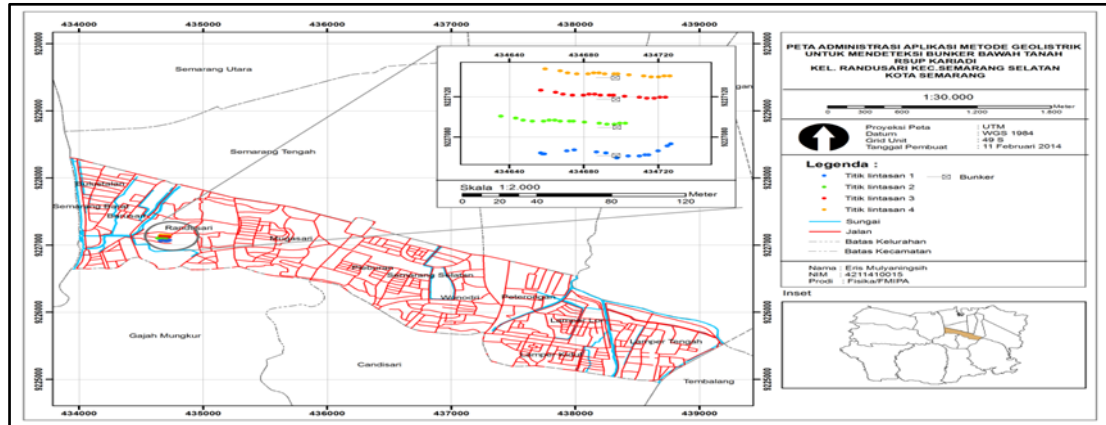
dengan :

- ρ_w = Resistivitas semu
- K_w = Faktor geometri
- a = Jarak elektroda
- V = Besarnya tegangan
- I = Besarnya arus

Konfigurasi pole-pole memiliki beberapa keunggulan. Konfigurasi ini memiliki jangkauan kedalaman maksimum 90% dari panjang bentangannya. Dibandingkan dengan konfigurasi lainnya, konfigurasi pole-pole memiliki cepat rambat yang paling baik (Herman 2001).

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran secara langsung di sekitar area bunker bawah tanah RSUP Dr. Kariadi, desa Randusari, kecamatan Semarang Selatan, kabupaten Semarang. Seperti terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini terdiri atas empat titik pengukuran. Titik pengukuran 1, 2, 3 dan 4 berada pada posisi yang sejajar. Adapun panjang masing-masing lintasan 75 m dengan jarak elektroda 5 m dan jarak antar lintasan 5 m.

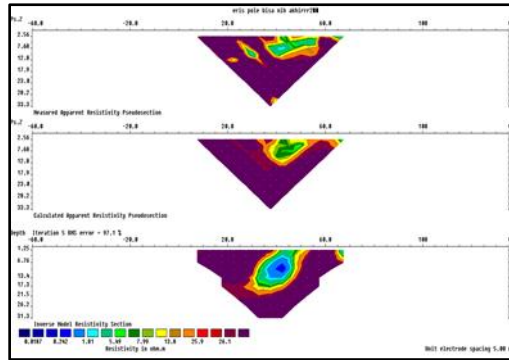
Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat *S-field resistivitymeter*. Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut:

- Menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan.
- Memasang elektroda dengan lebar spasi jarak elektroda 5 m.
- Menyusun rangkaian *resistivitymeter*.
- Mengaktifkan *resistivity* meterkemudian menginjeksikan arus listrik kedalam tanah melalui elektroda yang sudah terpasang.
- Melakukan pengukuran pada lintasan dan mencatat arus listrik (I) dan beda potensial (V) antara 2 titik elektroda.
- Menghitung tahanan jenis (ρ) hasil pengukuran.

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung nilai resistivitas (ρ) menggunakan persamaan (1) dan diolah menggunakan *Software Microsoft Excel*, *software Res2Dinv*, dan *Software Corel Draw X4*. Dari citra warna dan perbedaan resistivitasnya, maka dapat dilakukan identifikasi letak dan kemenerusan dari bunker bawah tanah.

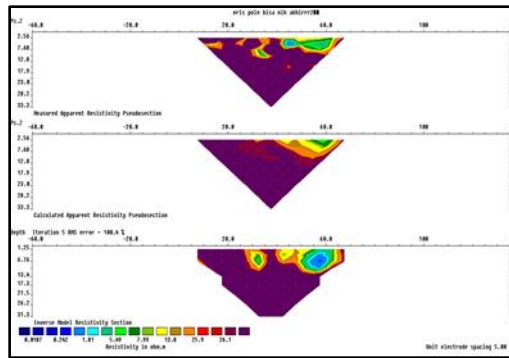
HASIL DAN PEMBAHASAN

Posisi koordinattitik pengukuran pertama terletak pada zona 49 UTM X 0434659 meter dan UTM Y 9227051 meter, dengan elevasi 12 meter. Model inversi dan nilai *resistivity* untuk titik pengukuran pertama seperti pada Gambar 3.



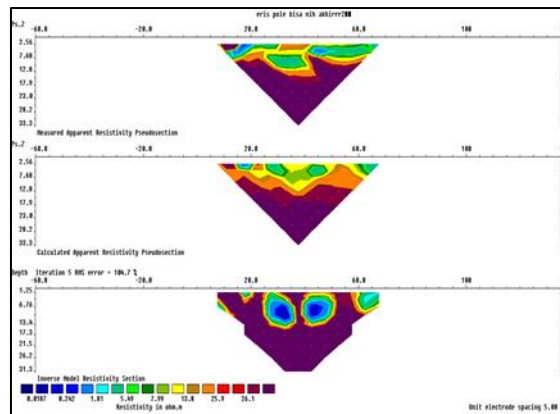
Gambar 3.(a). Hasil pengukuran *resistivitypseudosection* (b). Hasil perhitungan *resistivitypseudosection* (c).Model inversi.

Posisi koordinat pada titik kedua terletak pada zona 49 UTM X 0434655 meter dan UTM Y 9227056 meter, dengan elevasi 14 meter.Model inversi dan nilai *resistivity* pada titik pengukuran kedua seperti pada Gambar 4.



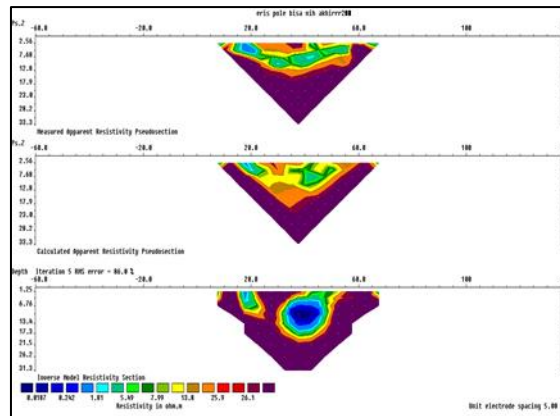
Gambar 4.(a). Hasil pengukuran *resistivity pseudosection*(b). Hasil perhitungan *resistivity pseudosection*. (c). Model inversi.

Posisi koordinat titik pengukuran ketiga terletak pada zona 49 UTM X 0434688 meter dan UTM Y9227050 meter, dengan elevasi 49 meter.Model inversi dan nilai *resistivity* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5.(a). Hasil pengukuran *resistivity pseudosection* (b). Hasil perhitungan *resistivity pseudosection* (c).Model inversi.

Posisi koordinat titik pengukuran keempat terletak pada zona 49 UTM X 0434645 meter dan UTM Y 9227109 meter, dengan elevasi 48 meter. Model inversi dan nilai resistivity seperti pada Gambar 6.



Gambar 6.(a). Hasil pengukuran *resistivity pseudosection* (b). Hasil perhitungan *resistivity pseudosection* (c).Model inversi.

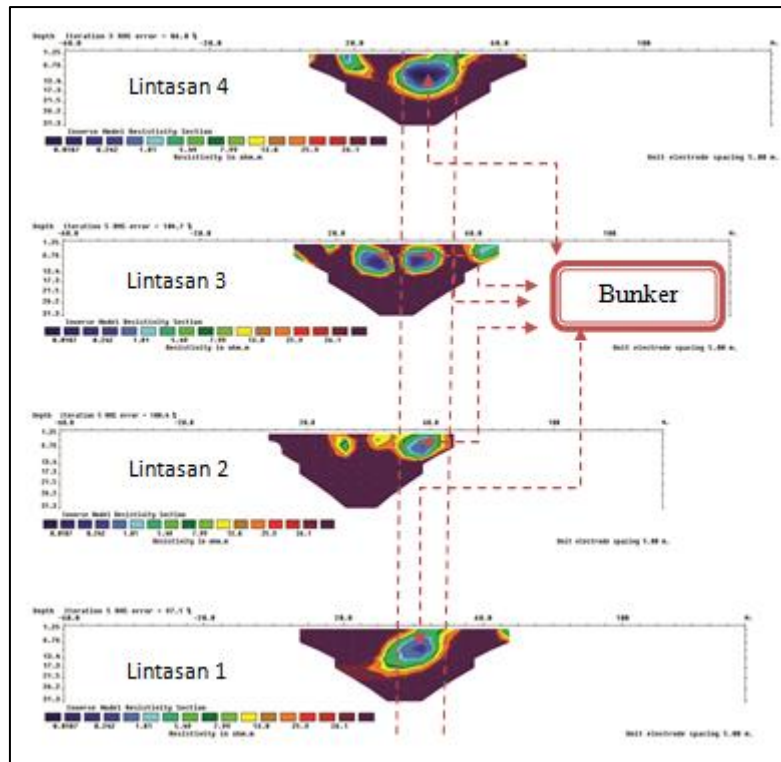
Data hasil pengukuran pada alat meliputi arus yang mengalir I (miliampere) dan tegangan V (milivolt) yang kemudian diubah ke dalam satuan SI. Keadaan alam dan cuaca mempengaruhi proses serta hasil pengukuran. Keadaan alam menentukan arah bentangan yang mungkin dilakukan pada saat pengukuran berlangsung. Kondisi cuaca dapat berpengaruh pada tingkat kebasahan atau kelembaban tanah sehingga berpotensi mengubah distribusi arus listrik pada saat pengukuran. Permukaan tanah yang basah atau lembab akan menjadi penghantar listrik (konduktor) yang baik sehingga arus listrik akan banyak terdistribusi di permukaan dan kurang terdistribusi pada kedalaman yang jauh. Permukaan yang terlalu basah juga akan memperbesar konduktivitas batuan penghantar di permukaan sehingga berdampak pada membesarnya arus yang terukur hingga melampaui kemampuan maksimumnya.

Berdasarkan geologi, daerah penelitian merupakan endapan alluvium. Endapan alluvium terdiri dari lempung, lanau, pasir dan kerikil. Secara umum dari semua hasil data yang diperoleh, didapatkan nilai resistivitas yang rendah. Berarti kondisi bawah permukaan pada daerah pengukuran memiliki nilai konduktivitas yang tinggi.

Bunker adalah sejenis bangunan pertahanan militer. Bunker biasanya dibangun di bawah tanah. Banyak bunker dibangun pada Perang Dunia I dan II. Pada masa Perang Dingin, bunker-bunker besar dibangun untuk mengantisipasi kemungkinan perang nuklir (Darwito 2012). Didalam ruangan bunker bawah tanah terdapat ruang yang terisi oleh udara atau genangan air bercampur tanah yang berasal dari resapan sumber-sumber air bawah tanah disekitarnya. Nilai resistivitas yang diduga atau ditafsirkan sebagai bunker berkisar 0.0187-1.81 ohm.m, yang dicitrakan dengan warna biru pada hasil interpretasi. Dari analisis hasil pengukuran pada masing-masing titik pengukuran, dapat diinterpretasikan bahwa dapat diketahui kemenerusan akses menuju bunker di daerah penelitian.

Pada titik pengukuran 1, 2, 3 dan 4 terlihat ada kemenerusan akses menuju bunker, yang ditandai dengan garis putus-putus warna merah. Berdasarkan hasil pemodelan, bunker pada lokasi pertama terdapat pada titik bentangan 35 meter sampai 45 meter, pada lokasi kedua bunker terdapat pada titik bentangan 53 meter sampai 60 meter, pada lokasi ketiga bunker terdapat pada titik bentangan 28 meter sampai 35 meter dan pada lokasi keempat bunker terdapat pada bentangan 40 meter sampai 50 meter dengan kedalaman bervariasi dari 5 meter sampai kedalaman 10 meter. Lokasi bunker pada tiap-tiap titik pengukuran masih berada pada kisaran bentangan 40 meter-50 meter, dengan kisaran panjang bunker adalah 10 meter pada masing-masing titik pengukuran.

Lokasi bunker pada titik pengukuran kedua terdapat pada bentangan 28 meter-35 meter dikarenakan ada penggeseran lokasi bentangan pada daerah pengukuran. Penggeseran bentangan pada titik pengukuran kedua sejauh 15 meter arah horizontal ke kiri. Pada titik pengukuran ketiga terlihat ada dua lokasi terkait dengan pendugaan lokasi bunker bawah tanah (Gambar 7).



Gambar 7. Gabungan hasil model inversi dari empat titik pengukuran

Pada gambar 7, gabungan hasil model inversi dari empat titik pengukuran terlihat ada nilai RMS error yang bervariasi, untuk titik pertama 97.1 %, titik kedua 100.4 %, titik ketiga 104.7 % dan titik keempat 86.8 %. Metode optimasi pada dasarnya mencoba untuk mengurangi perbedaan antara nilai-nilai tahanan jenis semu yang dihitung dan diukur dengan menyesuaikan resistivitas blok model. Ukuran perbedaan ini diberikan oleh *root mean squared error* (RMS). Namun model dengan serendah mungkin kesalahan RMS terkadang justru dapat menunjukkan variasi yang besar dan tidak realistis dalam nilai-nilai resistivitas, artinya nilai RMS yang kecil belum tentu menunjukkan hasil terbaik dari inversi model tersebut. Nilai RMS besar juga mungkin tidak selalu menjadi terbaik di model inversi dari perspektif geologi. Secara umum pendekatan yang paling bijaksana adalah memilih model pada iterasi setelah kesalahan RMS tidak berubah secara signifikan. Iterasi ini biasanya terjadi antara 3 atau 5 iterasi.

Pada pengambilan data di masing-masing titik pengukuran terlihat nilai RMS yang besar, padahal sudah dilakukan 5 kali iterasi. Hal ini menunjukkan titik data yang buruk, bisa disebabkan oleh kerusakan relay di salah satu elektroda, dan kabel elektroda yang buruk karena kondisi tanah yang sangat basah.

Titik-titik data yang buruk biasanya memiliki nilai tahanan jenis semu yang jelas terlalu besar atau terlalu kecil dibandingkan dengan titik data tetangga. Cara terbaik untuk menangani poinburuk tersebut adalah dengan melakukan iterasi maksimum. Jumlah maksimum iterasi yang memungkinkan pengguna, secara default jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan adalah 5 kali iterasi.

Pada hasil pengukuran titik pertama, pada kedalaman 0-6.76 meter dengan nilai resistivitas 5.49-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan lempung (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas lempung sebesar $1-10^2 \Omega\text{m}$). Pada kedalaman 6.76-21.5 meter dengan nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (tidak sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar $4-800 \Omega\text{m}$), sedangkan dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm . Pada nilai resistivitas rendah 0.0107-1.81 Ωm , ditafsirkan sebagai nilai resistivitas pada daerah bunker bawah tanah. Hal tersebut berkaitan dengan didalam ruangan bunker bawah tanah terdapat ruang yang terisi oleh udara atau genangan air bercampur tanah dan juga batu pasir yang berasal dari resapan sumber-sumber air bawah tanah disekitarnya. Permukaan tanah yang basah atau lembab akan menjadi penghantar listrik (konduktor) yang baik sehingga arus listrik akan banyak

terdistribusi di permukaan dan kurang terdistribusi pada kedalaman yang jauh. Permukaan yang terlalu basah juga akan memperbesar konduktivitas batuan penghantar di permukaan sehingga berdampak pada membesarnya arus yang terukur hingga melampaui kemampuan maksimumnya. Sehingga diperoleh nilai resistivitas yang kecil, untuk area yang diindikasikan adalah bunker bawah tanah. Pada kedalaman 21.5-31.3 meter dengan nilai resistivitas 25.9-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (Gambar 3). (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm)

Pada hasil pengukuran titik kedua, pada kedalaman 0-13.4 meter dengan nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (tidak sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm), sedangkan dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm . Pada nilai resistivitas rendah 0.0107-1.81 Ωm , ditafsirkan sebagai nilai resistivitas pada daerah bunker bawah tanah. Pada kedalaman 13.4-31.3 meter dengan nilai resistivitas 25.9-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (Gambar 4). (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm).

Pada hasil pengukuran titik ketiga, pada kedalaman 0-6.76 meter dengan nilai resistivitas 5.49-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan lempung (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas lempung sebesar 1–10² Ωm). Pada kedalaman 6.76-21.5 meter dengan nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (tidak sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm), sedangkan dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm . Pada nilai resistivitas rendah 0.0107-1.81 Ωm , ditafsirkan sebagai nilai resistivitas pada daerah bunker bawah tanah. Pada kedalaman 21.5-31.3 meter dengan nilai resistivitas 25.9-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai alluvial (Gambar 5). (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm).

Pada hasil pengukuran titik keempat, pada kedalaman 0-6.76 meter dengan nilai resistivitas 5.49-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan lempung (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas lempung sebesar 1–10² Ωm). Pada kedalaman 6.76-21.5 meter dengan nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (tidak sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm), sedangkan dari hasil pengukuran diperoleh nilai resistivitas 0.0107-26.1 Ωm . Pada nilai resistivitas rendah 0.0107-1.81 Ωm , ditafsirkan sebagai nilai resistivitas pada daerah bunker bawah tanah. Pada kedalaman 21.5-31.3 meter dengan nilai resistivitas 25.9-26.1 Ωm diinterpretasikan sebagai batuan alluvial (Gambar 6). (sesuai dengan tabel nilai resistivitas pada tabel 1, yaitu resistivitas aluvial sebesar 4–800 Ωm).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Telah ditemukan sebuah bangunan kuno yang diindikasikan sebagai bunker bawah tanah, di RSUP Dr. Kariadi Semarang. Identifikasi pendugaan untuk memperoleh informasi lebih detail terkait dengan bunker bawah tanah dilakukan dengan menggunakan metode tahanan jenis konfigurasi pole-pole. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi akibat injeksi arus listrik. Lokasi bunker pada tiap-tiap lintasan terletak pada kisaran bentangan 40 m-50m. Pada kedalaman yang bervariasi, kisaran 6-13 m.
2. Dari hasil pengukuran diindikasikan bahwa bunker 1, 2, 3, dan 4 bersambung dan terhubung seperti lorong.

DAFTAR PUSTAKA

Anthony, E. 2006. *Groundwater Exploration and Management using Geophysics: Northern Region of Ghana*. Brandenburg Technical University of Cottbus.

- Darwito, 2012. *Sebuah bunker goa buatan di RSUP Dr. Kariadi ditemukan*. SEMARANG METRO. www.suaramerdeka.com, 28 Juni 2012. [diakses 17-03-2013].
- Dinas Lingkungan Hidup dan Energi. 2006. *Penyusunan Data Dasar Geologi dan Sumberdaya Mineral (Pemetaan Geologi 1:25.000) Di Randusari Semarang Selatan*. Semarang: Kabupaten Semarang.
- Gutomo, 2012. *Penelitian BP3 terkait cagar budaya bunker di lingkungan RSUP Dr. Kariadi*. SEMARANG KOMPAS. www.kompas.com, 10 Juni 2012. [diakses 17-03-2013].
- Herman, R. 2001. *An introduction to electrical resistivity in geophysics*. America: American Association of Physics Teachers.
- Ridhwan, 2009. *Penggunaan Metode Resistivitas 3-Dimensi Untuk Mengetahui Bidang Longsor Pada Daerah Rawan Longsor Di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember Sebagai Bagian Dari Mitigasi Bencana Longsor*. Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.