

ISBN : 978-602-1034-45-3

PROSIDING SEMINAR NASIONAL GEOFISIKA



UNNES



G. N. STUNNES



**Peran Geofisika dalam Eksplorasi Migas
dan Tambang sebagai Upaya Optimalisasi SDA Indonesia**

Semarang, 19 November 2016

Diselenggarakan oleh
Panitia Seminar Nasional Geofisika tahun 2016
Kelompok Studi Geofisika - Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Semarang

Didukung oleh
Himpunan Ahli Geofisika Indonesia
Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia
PT Antam Tbk. Jakarta
PT Petrogas Jatim Utama
Universitas Diponegoro Semarang

PROSIDING

Seminar Nasional Geofisika 2016

**“Peran Geofisika dalam Eksplorasi Migas dan Tambang sebagai Upaya
Optimasi SDA Indonesia”**

ISBN: 978-602-1034-45-3

Susunan Editorial :

Penanggungjawab

Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si. Akt.

Tim Editor

Dr. Prof. Dr. Supriyadi, M.Si.

Dr. Khumaedi, M.Si.

Cover Layout

RiFul Mazid Maulana

Penerbit :



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas tersusunnya buku Prosiding Seminar Nasional Geofisika 2016 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNNES dengan tema: "*Peran Geofisika dalam Eksplorasi Migas dan Tambang sebagai Upaya Optimasi SDA Indonesia*". Seminar berlangsung pada hari Sabtu, 19 November 2016 di Gedung D4 Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang.

Peserta seminar yang terdiri dari: mahasiswa, guru, dosen dan masyarakat umum dari jenjang pendidikan dasar hingga perguruan tinggi dari berbagai propinsi di Indonesia. Tiga narasumber utama yang hadir dalam seminar nasional ini, yaitu: Ir. Hadi Ismoyo, Dr. Eng. Udi Harmoko, M.Si., Agus Pajrin Jaman, S.T.

Selain itu, pemakalah pendamping yang mempresentasikan artikel hasil penelitian dan konseptual tentang ilmu bumi dalam berbagai bidang. Seminar Nasional Geofisika ini ditujukan sebagai sarana mengkomunikasikan dan memfasilitasi pertukaran informasi antara peserta seminar dengan narasumber yang kompeten.

Panitia mengucapkan terimakasih pada berbagai pihak yang telah membantu penyelenggaraan seminar, yaitu:

Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si. Akt. (Dekan FMIPA Unnes),

Narasumber utama yang telah berkenan hadir,

Peserta dan pemakalah pendamping atas partisipasinya,

Segenap rekan panitia yang telah bekerja keras hingga terselenggaranya seminar.

Semoga penerbitan prosiding ini memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya Ilmu Kebumihan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi pemakalah dan pembaca.

Semarang, Januari 2017

Tim Editor

DAFTAR ISI

Seminar Nasional Geofisika 2016
 “Peran Geofisika dalam Eksplorasi Migas dan Tambang sebagai Upaya Optimalisasi SDA
 Indonesia”

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii

Makalah Seminar Paralel

Kode	Judul	Halaman
GS-01	Prediksi Keberadaan dan Arah Sesar Cimandiri Berdasarkan Data Magnetotelurik, Pelabuhan Ratu, Jawa Barat	1
GS-02	Aplikasi Metode <i>Electrical Conductivity</i> untuk Monitoring Tingkat Pencemaran Udara di Kawasan Utara Kota Semarang	11
GS-03	Pemodelan Fisis Skala Lapangan Metode <i>Time Domain Induced Polarization</i> (TDIP) Untuk Identifikasi Keberadaan Mineral Logam	16
GS-04	Studi Karakteristik Petrologi dan Sifat Keteknikan Breksi Pumis Formasi Semilir di Gunung Bawuran Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai Material Konstruksi Bangunan	24
GS-05	Identifikasi Batas Kantung Magma Gunung Merapi Berdasarkan Metode Magnetik Analisis <i>Tilt Derivative</i> (Studi Kasus: Setelah Erupsi Gunung Merapi Tahun 2010)	29
GS-06	Pengujian Metode <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC) untuk Deteksi Waktu Tiba Gelombang P Pada Kasus Gempa Mikro dan Kuat	35
GS-07	Studi Ketebalan Lapisan Sedimen Daerah Kampus Unnes dengan Menggunakan Metode Mikroseismik	42
GS-08	Pemodelan <i>Resistivity</i> dan <i>Induced Polarization</i> 3 Dimensi untuk Penentuan Zona Mineralisasi (Studi Kasus: Kecamatan Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten)	48
GS-09	Usulan Metode Eksplorasi <i>Coal Bed Methane</i> Berdasarkan Integrasi <i>Wenner-Schlumberger</i> dan <i>Well Logging</i>	57
GS-10	Identifikasi Potensi Bijih Besi di Desa Uekuli dengan Menggunakan Metode Geomagnet	64
GS-11	Upaya Peningkatan Produksi Minyak dan Gas Untuk Memenuhi Kebutuhan dalam Negeri dengan Memproduksi <i>Shale Oil</i>	72
GS-12	Seismik Stratigrafi sebagai Interpretasi Awal Potensi Cebakan Stratigrafi pada Formasi Baong Bagian Tengah, Daerah Aru, Cekungan Sumatera Utara	77
GS-13	Pendekatan Probabilistik untuk Penilaian Bahaya Gempabumi	85

	kawasan Universitas Padjajaran Jatinangor	
GS-14	Eksplorasi Mineral Mangan Menggunakan Metode Polarisasi Terinduksi di Daerah Kasihan, Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan	93
GS-15	Analisis Deret Waktu (<i>Time Series</i>) Metode Magnetotellurik Pada Cekungan Buton, Sulawesi Tenggara	101
GS-16	Studi Pendahuluan Sistem Panas Bumi Manifestasi Mata Air Panas Paguyangan Bumiayu dengan Metode Geofisika <i>Audio Magnetotelluric</i> (AMT)	108
GS-17	Identifikasi Sebaran Batuan sebagai Survei Awal Eksplorasi Bahan Galian berdasarkan Analisis Korelasi Data Geologi Permukaan dan Data Geolistrik: Studi Kasus di Daerah Gunung Wungkal dan Sekitarnya, Kecamatan Godean Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta	113
GS-18	Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Kondisi Lereng, Batuan Penyusun dan Tanah untuk Memprediksi Potensi Tanah Longsor sebagai Upaya Awal Mitigasi Bencana di Desa Sidoharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta	121
GS-19	Pemodelan Anomali Gravitasi Daerah Manifestasi Panasbumi Parangwedang Bantul DIY	128
GS-20	Sebaran Potensi Cebakan Mineral & Energi Berdasarkan Kajian Geologi Dan Geofisika Daerah Jawa Timur	138

Pemodelan Fisis Skala Lapangan Metode *Time Domain Induced Polarization* (TDIP) Untuk Identifikasi Keberadaan Mineral Logam

Ary Hidayatullah^{1*}, Muhammad Faizal Zakaria¹ dan Yatini²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

²Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta

* Email: aryhidayatullah.12@gmail.com

Abstrak. Pemodelan fisis skala lapangan metode *Time Domain Induced Polarization* (TDIP) dilakukan untuk mengetahui respon TDIP hasil pemodelan inversi terhadap model *subsurface* yang sudah diketahui dan mengetahui resolusi hasil pemodelan inversi konfigurasi *Dipole-dipole* dan *Wenner* mana yang paling menggambarkan model *subsurface* yang sudah diketahui. Pemodelan dilakukan dengan membuat model geologi ideal serta memvariasikan model *subsurface*. Pengukur menggunakan IRIS *instrument* tipe SYSCAL *Junior* dengan konfigurasi *Dipole-dipole* spasi $a=10\text{cm}$ serta $n=8$, konfigurasi *Wenner* spasi $a=10\text{cm}$ serta $n=6$, dan panjang lintasan 200cm untuk semua model *subsurface*. Data diolah menggunakan *software Res2Dimv* versi 3.54. Hasil berupa sayatan 2D berdasarkan parameter resistivitas dan chargeabilitas yang dikorelasikan dengan model *subsurface* yang digunakan. Hasilnya dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang baik antara respon TDIP terhadap keberadaan mineral logam. Respon chargeabilitas tinggi menunjukkan keberadaan model mineral logam. Sedangkan respon resistivitas tidak dapat menunjukkan keberadaan model mineral logam karena *range* resistivitas model *subsurface* dengan medium yang digunakan hampir sama. Konfigurasi *Dipole-dipole* mempunyai resolusi lebih baik dari pada konfigurasi *Wenner*, karena resolusi hasil pemodelan inversi konfigurasi *Dipole-dipole* sesuai dengan model *subsurface* yang digunakan.

Kata kunci: TDIP, *Dipole-dipole*, *Wenner*, Logam, Pemodelan.

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai sumberdaya alam yang cukup melimpah salah satunya adalah mineral logam. Metode *Induced Polarization* (IP) termasuk bagian dari metode Geofisika, yang banyak digunakan untuk eksplorasi mineral logam karena dapat mendeteksi adanya fenomena polarisasi yang terjadi pada suatu medium batuan dan sangat sensitif terhadap material yang bersifat konduktif. Fenomena polarisasi tersebut menandakan keberadaan kandungan mineral logam di bawah permukaan yang tidak dapat dideteksi

dengan baik jika hanya menggunakan metode resistivitas. Salah satu parameter yang terukur pada metode IP yaitu chargeabilitas, dapat dipakai untuk membedakan sifat polarisabel bawah permukaan. Chargeabilitas yang tinggi merupakan indikasi adanya kandungan mineral logam [1,2]. Semakin besar nilai Chargeabilitas yang terukur maka semakin banyak terjadi efek polarisasi dalam batuan, semakin banyak juga kandungan mineral logam dalam batuan tersebut [3].

Pemodelan fisis dilakukan untuk memperoleh hasil ukur respon TDIP kondisi

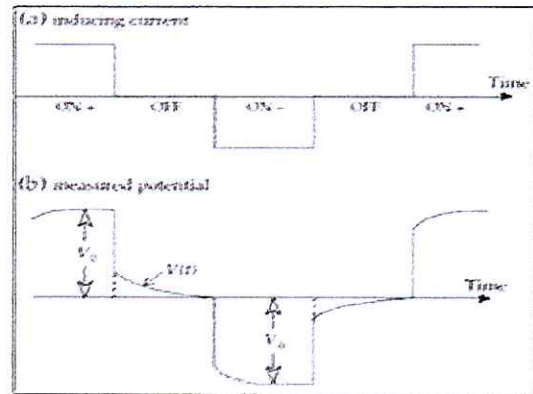
bawah permukaan yang diketahui dengan pasti. Awalnya dilakukan pembuatan model fisis bawah permukaan (*subsurface*) yang mencontoh model geologi ideal dan mengukur respon TDIP-nya. Dengan cara mengubah parameter fisis dan membuat variasi target pada model fisis lalu mengukur respon TDIP-nya, akan dihasilkan berbagai variasi anomali dengan berbagai variasi target. Pada penelitian ini dilakukan pencocokan model *subsurface*, data fisis dari medium latar dan target dengan respon TDIP hasil pengukuran lapangan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui respon TDIP hasil pemodelan inversi terhadap model *subsurface* dan mengetahui resolusi hasil pemodelan inversi konfigurasi *Dipole-dipole* dan *Wenner* mana yang paling menggambarkan model *subsurface*.

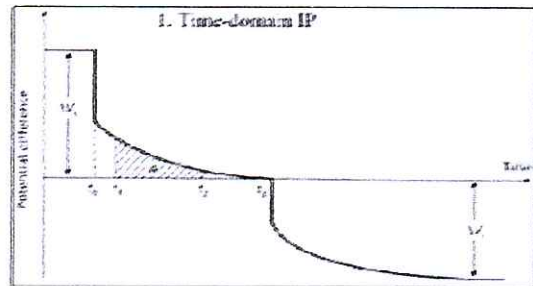
METODE

Time Domain Induced Polarization(TDIP)

Pengukuran respon IP dalam kawasan waktu dengan cara mengirimkan arus DC melalui 2 elektroda arus dan mengukur potensial pada 2 elektroda potensial. Pada saat arus DC dikirimkan dalam selang waktu tertentu, potensial tidak langsung terbaca, tetapi nilainya menuju maksimum untuk selang waktu tertentu. Pada saat arus diputus, potensial yang terbaca juga tidak langsung menunjukkan nilai nol, tetapi turun sedikit demi sedikit dalam selang waktu tertentu menuju nilai nol (GAMBAR 1). Parameter terukur yaitu chargeabilitas, Chargeabilitas adalah kemampuan suatu bahan atau medium untuk menyimpan arus listrik.



GAMBAR 1. (a) Ilustrasi dari *potential decay* arus dimatikan (b) efek dari IP *decay* terhadap waktu pada injeksi arus gelombang kotak [3]



GAMBAR 2. Pengukuran IP kawasan waktu dimana V_c adalah potensial ketika arus dan V_i adalah integral dari luas A sebagai hasil dari *potential decay* [3].

Cara paling sederhana untuk mengetahui efek IP dalam fungsi waktu adalah membandingkan potensial residual (V_s) yang tersisa pada waktu (t) setelah arus diputus dan potensial yang terukur pada kedua potensial yang terukur pada kedua elektroda potensial selama arus mengalir (V_i). Saat sumber arus diputus akan terjadi penurunan beda potensial pada kedua elektroda potensial. Nilai beda potensial saat tidak adanya arus yang mengalir dicatat sebagai beda potensial sekunder dalam fungsi waktu (V_p), seperti yang ditunjukkan pada (GAMBAR 2).

Respon IP dalam kawasan waktu, didefinisikan besaran M disebut dengan chargeabilitas yang merupakan pengintegralan waktu luruh (*potential decay*) terhadap beda potensial sebelum arus dimatikan, chargeabilitas dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan, yaitu:

$$M = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt = \frac{A}{V_p} (\text{msec}) \quad (1)$$

Efek polarisasi terinduksi dalam batuan, dengan cara mengintegalkan selama selang waktu setelah pemutusan arus sampai pada tegangan yang menuju harga nol. Jika interval sangat kecil (singkat), maka nilai integral waktu dapat berarti merupakan hasil ukur tegangan efektif pada waktu yang berbeda. Besaran M merupakan hasil integral untuk selang waktu t_1 sampai t_2 . Hal ini berarti besarnya nilai merupakan luasan yang diarsir pada (GAMBAR 2), maka besarnya nilai chargeabilitas bergantung selang waktu yang digunakan. Biasanya selang waktu ini berkisar antara 1 sampai 2 detik, bergantung alat IP Meter yang digunakan. Berikut contoh nilai chargeabilitas [3].

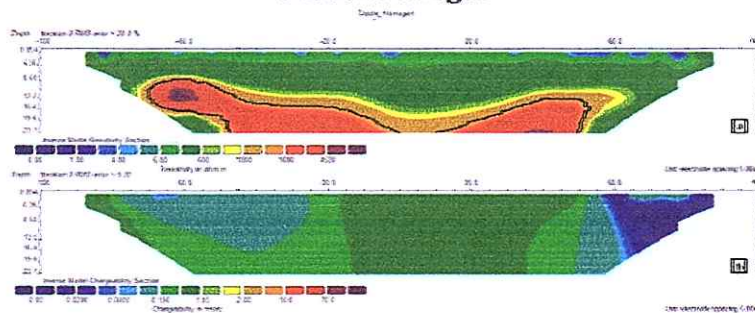
Setting Percobaan

Penelitian ini bersifat eksperimen yang berupa pemodelan fisis dengan skala lapangan sehingga model dan peralatan yang digunakan di atur dalam skala lapangan. Pengukuran respon TDIP dilakukan dengan membuat model geologi ideal dan memvariasikan target atau model *subsurface*. Model *subsurface* atau target yang digunakan yaitu model homogen, model satu bola, model dua bola dan model parit. Bola yang digunakan adalah bola besi pejal. Pengukur menggunakan IRIS *instrument* tipe SYSCAL *Junior* dengan konfigurasi *Dipole-dipole* spasi $a=10\text{cm}$ serta $n=8$, konfigurasi *Wenner* spasi $a=10\text{cm}$ serta $n=6$, dan panjang lintasan 200cm untuk semua model *subsurface*.

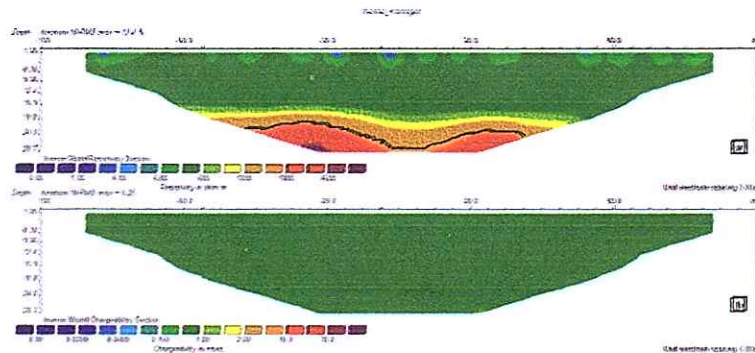
HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini menggunakan metode TDIP dengan hasil penelitian berupa variasi nilai resistivitas dan chargeabilitas. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh sayatan 2D resistivitas dan chargeabilitas. Respon TDIP untuk masing-masing model *subsurface* adalah senagai berikut:

Model Homogen



GAMBAR 3. Hasil pemodelan inversi *Dipole-dipole* tanpa model (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas



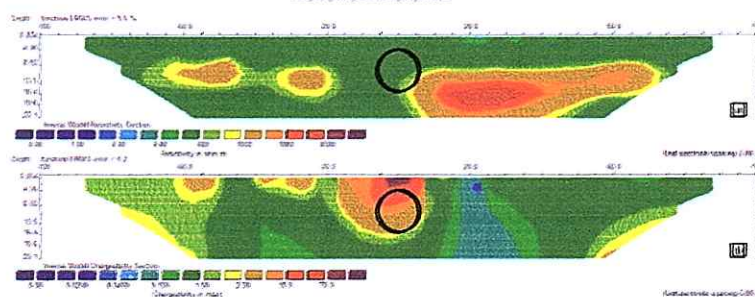
GAMBAR 4. Hasil pemodelan inversi *Wenner* tanpa model (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas

Hasil pemodelan inversi model homogen pada konfigurasi *Dipole-dipole* (GAMBAR 3) ter-dapat anomali resistivitas tinggi dengan *range* (1800-5200) Ωm , yang berupa perlapisan pada kedalaman (8-23,1)cm. Pada keadaan sebenarnya model homogen akan menunjukkan respon resistivitas yang cenderung seragam. Sedangkan anomali chargeabilitas relatif rendah berada pada *range* (0-1)msec yang menunjukkan ke-homogenan medium yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Pada hasil pemodelan inversi konfigurasi *Wenner* (GAMBAR 4) juga terdapat anomali resistivitas tinggi dengan *range* (1800-5200) Ωm pada kedalaman (15,9-28,7)cm

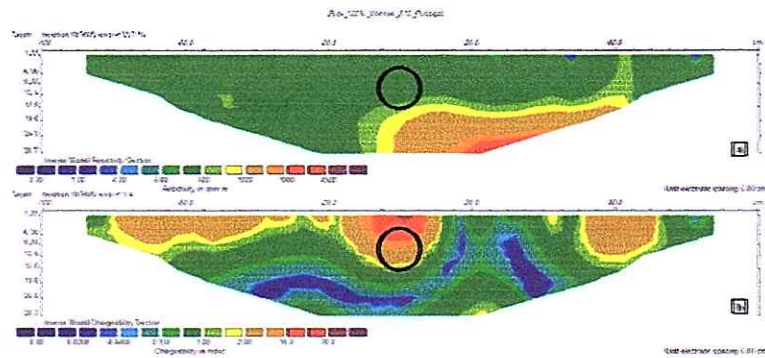
yang tidak menggambarkan model homogen, anomali chargeabilitas pada *range* (1-1,5)msec menunjukkan model homogen.

Dari hasil model *subsurface* pertama ini parameter resistivitas tidak bisa dijadikan acuan untuk menentukan keberadaan mineral logam, karena terdapat anomali resistivitas tinggi pada model homogen. Sedangkan chargeabilitas menunjukkan respon anomali dan resolusi yang lebih sesuai dengan model homogen. Sehingga parameter chargeabilitas ini bisa dijadikan acuan untuk menentukan keberadaan dari mineral logam dan respon TDIP yang dihasilkan bisa terlihat.

Model Satu Bola



GAMBAR 5. Hasil pemodelan inversi *Dipole-dipole* bola tunggal (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas

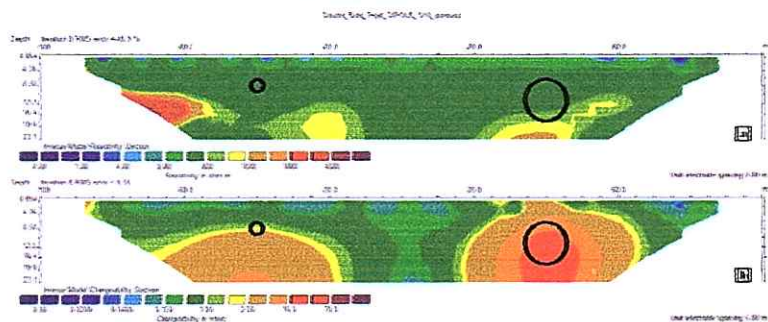


GAMBAR 6. Hasil pemodelan inversi *Wenner* bola tunggal (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas

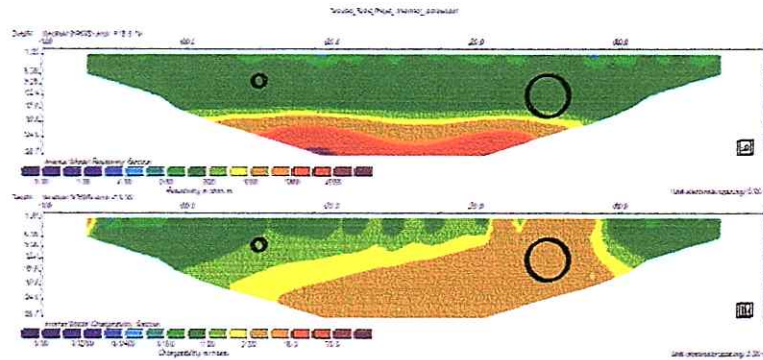
Hasil pemodelan inversi resistivitas model satu bola pada kedua konfigurasi yaitu *Dipole-dipole* (GAMBAR 5) dan *Wenner* (GAMBAR 6), terdapat anomali resistivitas tinggi pada *range* (600–2000) Ω m yang berada dibawah model satu bola dengan kedalaman 18cm. Respon anomali resistivitas tidak menunjukkan adanya model satu bola. Pada konfigurasi *Dipole-dipole*

dan *Wenner* respon chargeabilitas terhadap model satu bola terlihat baik, terdapat anomali chargeabilitas pada *range* (2–70)msec dititik 0cm yang menunjukkan adanya model satu bola. Resolusi konfigurasi *Dipole-dipole* dan *Wenner* masih terlihat sama serta belum memperlihatkan perbedaan yang signifikan.

Model Dua Bola



GAMBAR 7. Hasil pemodelan inversi *Dipole-dipole* bola ganda (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas



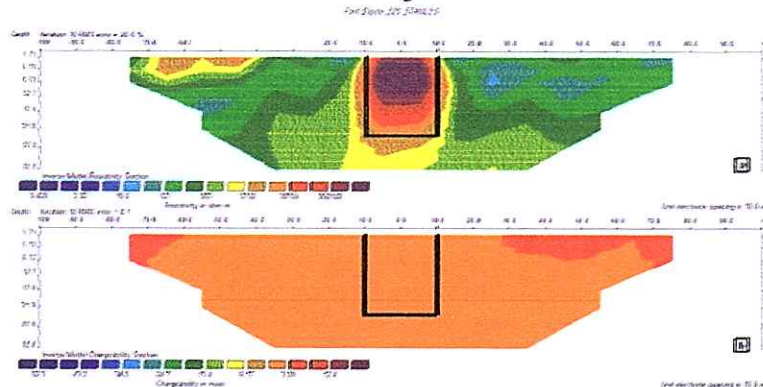
GAMBAR 8. Hasil pemodelan inversi *Wenner* bola ganda (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas

Hasil pemodelan inversi model dua bola konfigurasi *Dipole-dipole* (GAMBAR 7) dan *Wenner* (GAMBAR 8) menunjukkan adanya respon anomali resistivitas tinggi tetapi tidak menunjukkan keberadaan dari model dua bola. Hasil pemodelan inversi konfigurasi *Dipole-dipole* terdapat anomali Chargeabilitas dengan *range* (1-30)msec, yang menunjukkan model dua bola dititik -40cm menunjukkan adanya model bola besar dan dititik 40cm menunjukkan keberadaan model bola kecil.

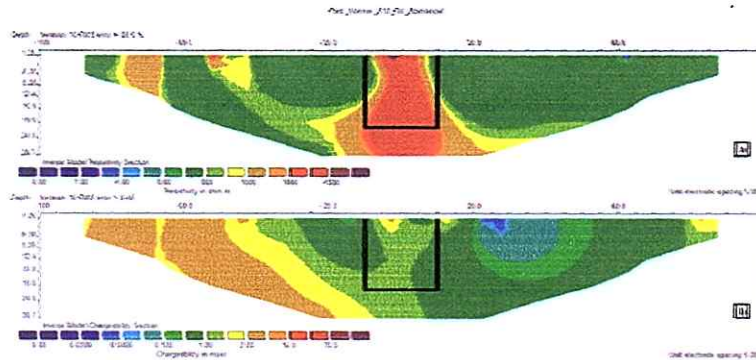
Chargeabilitas konfigurasi *Wenner* terdapat respon anomali pada *range* (1-

10)msec, yang menunjukkan keberadaan dari model dua bola. Pada model dua bola perbedaan dari konfigurasi *Dipole-dipole* dan *Wenner* sudah terlihat, dimana resolusi hasil pemodelan inversi antara kedua konfigurasi ini hasilnya sangat berbeda. Konfigurasi *Dipole-dipole* bisa menunjukkan keberadaan model dua bola yang terpisah, tetapi konfigurasi *Wenner* hanya dapat menunjukkan keberadaan model bola saja dan tidak bisa menunjukkan model dua bola yang terpisah.

Model parit



GAMBAR 9. Hasil pemodelan inversi *Dipole-dipole* parit (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas



GAMBAR 10. Hasil pemodelan inversi *Wenner* parit (a) resistivitas dan (b) chargeabilitas

Hasil pemodelan inversi model parit konfigurasi *Dipole-dipole* (GAMBAR 9) dan *Wenner* (GAMBAR 10) terdapat anomali resistivitas tinggi dengan nilai resistivitas $> 1600\Omega m$ yang menunjukkan keberadaan model tersebut. Resolusi kedua konfigurasi cukup baik dan dapat menunjukkan keberadaan model parit, namun konfigurasi *Dipole-dipole* mempunyai resolusi yang lebih sesuai dengan model yang di buat dari pada konfigurasi *Wenner*. Tidak terdapat respon chargeabilitas karena model yang dibuat ini tidak mengandung logam.

DISKUSI

Hasil pemodelan inversi resistivitas ada tinggi dan rendah hal ini berkaitan dengan responnya. Dalam pemodelan fisis untuk menghasilkan respon resistivitas yang baik ($\rho_2/\rho_1 \gg 0,01$) [4]. Ini berarti *range* benda model dengan medium harus besar, ini bisa dilihat dari hasil di model parit (GAMBAR 9). Jika resistivitas medium hampir sama dengan targetnya maka respon tidak akan terlihat (GAMBAR 5). Hasil pemodelan inversi resistivitas model bola konduktif kurang baik karena syaratnya kurang terpenuhi.

Nilai resistivitas pada logam tidak ada polanya karena bisa tinggi dan bisa rendah.

Banyak faktor yang menyebabkan nilai resistivitas berbeda misalnya suhu, kompaksi, densitas, porositas, kandungan fluida dan lain-lain. Nilai chargeabilitas hanya dipengaruhi oleh kandungan logam, semakin banyak kandungan logam maka proses polarisasi akan lebih lama. Respon resistivitas bisa bermacam-macam, tetapi chargeabilitas menunjukkan nilai yang berkaitan dengan modelnya. Karena metode TDIP yang menjadi acuan itu adalah nilai chargeabilitasnya. Nilai resistivitas bisa jadi lebih tinggi, bisa jadi lebih rendah ditempat yang lain dan bisa jadi tidak ada. Tetapi setiap ada chargeabilitas yang tinggi itu menunjukkan bahwa disitu ada kandungan mineral logam, sehingga model *subsurface* bola konduktif teridentifikasi dengan baik.

Untuk mengetahui respon TDIP terhadap variasi anomali resistivitas yang tidak terlihat pada bola konduktif, maka dibuat model parit. Hasil pemodelan inversi parit konfigurasi *Dipole-dipole* dan *Wenner* memiliki respon anomali resistivitas tinggi sehingga pengaruh anomali yang ditimbulkan oleh model parit jelas terlihat. Resistivitas parit lebih tinggi dari bola konduktor, hal ini yang menyebabkan hasil ukur parit lebih bagus dan jelas terlihat dari pada bola konduktor. Model bola konduktor

tidak mempunyai respon anomali resistivitas mempunyai respon anomali yang baik terhadap medium disekitarnya. Dari model bola konduktif, dan model parit diidentifikasi bahwa benda model dengan medium latar mempunyai *range* anomali terlalu kecil sehingga respon anomali yang ditimbulkan oleh benda model tidak terlihat. Respon anomali resistivitas akan terlihat jika variasi antara benda model dan medium latar mempunyai selisih *range* nilai resistivitas yang cukup besar [5].

KESIMPULAN

Terdapat korelasi yang baik antara respon TDIP terhadap keberadaan mineral logam, respon chargeabilitas tinggi menunjukkan keberadaan model mineral logam. Respon resistivitas tidak dapat menunjukkan keberadaan model mineral logam karena *range* resistivitas model *subsurface* dengan medium yang digunakan hampir sama. Konfigurasi *Dipole-dipole* mempunyai resolusi yang lebih baik dari pada konfigurasi *Wenner*, karena resolusi hasil pemodelan inversi konfigurasi *Dipole-dipole* sesuai dengan model *subsurface* yang digunakan.

yang baik, sedangkan model parit

REFERENSI

1. Yatini, dkk. 2013. *Respon Polarisasi Terinduksi dalam Kawasan Waktu (TDIP) pada Medium Air Tanah*. Seminar Nasional Kebumihan-VIII
2. Yatini, dkk. 2014. *Studi Pemodelan Respon Polarisasi Terinduksi dalam Kawasan Waktu (TDIP) terhadap Kandungan Mineral Logam, Sebuah Hasil Awal*. Indonesian Journal of Applied Physics (2014) Vol.4 No.2 Hlm 162.
3. Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherff, R.E., 1990, *Applied Geophysics*, Second Edition, Cambridge Univ.Press, London
4. Apparao. Ankaraboyina, 1997, *Development in Geoelectrical Methods*, A.ABalkema Publs, OldPostRoad, Brookfield UT 05036, USA
5. Sarma, V.S., Rajest, R., Rajendra P., 2002, *Spectral Induced polarisation (SIP) a significant Geophysical Tool for Mineral detection and Discrimination*, Seminar Council For Geosciences, India