

STRUKTUR GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN DI GARUT SELATAN BERDASARKAN DATA ELEKTROMAGNETIK

SUBSURFACE GEOLOGICAL STRUCTURE IN SOUTH GARUT BASED ON ELECTROMAGNETIC DATA

Eddy Zulkarnaini Gaffar

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Penelitian struktur geologi dengan menggunakan metoda elektromagnetik telah dilakukan di lintasan yang memotong Jawa Barat bagian selatan untuk mempelajari struktur-struktur yang dipengaruhi oleh aktifitas subduksi. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SSMT 2000, MT Editor, dan WinGLink. Model 2D yang dihasilkan memperlihatkan konfigurasi bawah permukaan yang terdiri dari blok-blok dengan nilai tahananjenis tertentu. Model tahananjenis daerah Garut Selatan memperlihatkan kehadiran batuan yang memiliki nilai tahananjenis <128 Ohm.m dengan ketebalan 2–3 km yang diinterpretasikan sebagai batuan sedimen Kuartar. Batuan ini menutupi batuan yang memiliki nilai tahananjenis 128–1024 Ohm.m yang kemungkinan adalah batuan sedimen Tersier. Unit batuan yang lebih dalam dan lebih resistif dengan tahanan jenis 1024–4096 Ohm.m diinterpretasikan sebagai batuan yang telah terkompaksi cukup kuat dan batuan beku. Blok batuan dengan nilai tahananjenis > 4096 Ohm.m diinterpretasikan sebagai batuan dasar dan batuan beku berumur pra-Tersier. Struktur yang berkembang adalah struktur sesar naik pada bagian selatan sebagai

akibat penunjaman lempeng Samudera Hindia dari arah selatan. Ke arah utara berkembang sesar normal yang dapat diasosiasikan sebagai zona ekstensi, serta dapat dikaitkan dengan potensi panas bumi di pegunungan selatan Pulau Jawa.

Kata kunci: struktur geologi, elektromagnetik, tahananjenis, Garut Selatan.

ABSTRACT Research on geological structures using electromagnetic method was conducted along a line that crossed the southern part of West Java to understand structures controlled by subduction process. Data processing was performed by using SSMT 2000, MT Editor, and WinGLink softwares. Results of 2D model reveal subsurface configuration that consists of blocks with different resistivity values. The subsurface model of Southern Garut shows a rock unit with resistivity <128 Ohm.m and 2–3 km thick that may be interpreted as Quaternary sedimentary rocks. This unit covers the lower block with resistivity 128–1024 Ohm.m that possibly represents the Tertiary sedimentary rocks. The deeper layer with resistivity 1024–4096 Ohm.m is interpreted as strong compacted rocks and igneous rocks. A layer with resistivity >4096 Ohm.m is interpreted as pre-Tertiary bedrocks and igneous rocks. Structures developed in the Southern Garut consist of reverse faults that might be correlated to the subduction of Indian plate farther south. To the north, normal faults developed that are associated with extension zones, which can be related to geothermal potentials in the Java southern mountains of the Java Island.

Keywords: geological structure, electromagnetic, resistivity, South Garut.

Naskah masuk : 07 April 2017
Naskah direvisi : 16 Mei 2017
Naskah diterima : 31 Mei 2017

Eddy Zulkarnaini Gaffar
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI Gd. 70, Jl Sangkuriang Bandung 40135
Email : eddy_gaffar@yahoo.com

PENDAHULUAN

Terdapat beberapa cekungan yang terdapat di Pulau Jawa diantaranya Cekungan Jawa Barat Laut (*Northwest Java Basin*) dan Cekungan Jawa Timur (*East Java Basin*). Melimpahnya akumulasi hidrokarbon pada Cekungan Jawa Barat Laut akibat perkembangan karbonat yang baik pada akhir miosen awal karena kurangnya aktivitas tektonik regional, sehingga cekungan relatif stabil. Sedangkan material vulkanik yang terdapat pada cekungan ini berasal dari sedimentasi vulkanik darat-laut dangkal. Hal tersebut diakibatkan oleh naiknya aktivitas antar lempeng di selatan Pulau Jawa pada kala Eosen Tengah – Oligosen Awal. Sub-Cekungan Jatibarang merupakan salah satu bagian dari Cekungan Jawa Barat Utara yang sudah terbukti menghasilkan hidrokarbon di Indonesia. Oleh karena itu survey geofisika daerah ini sangat banyak dilakukan untuk eksplorasi minyak bumi dan gas, antara lain dengan seismic.

Akan tetapi daerah Selatan Jawa Barat kurang prospek untuk migas, oleh sebab itu penelitian dengan memakai metoda seismic belum pernah dilaksanakan di daerah Selatan Jawa Barat. Walaupun di daerah selatan Jawa Barat tidak ada prospek migas, namun masih terdapat daerah yang prospek ekonominya bisa dikembangkan seperti prospek panas bumi.

Puslit Geoteknologi – LIPI terhimbau untuk mengadakan penelitian dengan menggunakan metode geofisika elektromagnetik. Penelitian sudah dilakukan pada daerah Garut Selatan yang merefleksikan daerah akresi dan punggungan muka. Pengukuran geofisika gaya berat dan magnet untuk struktur geologi sudah pernah dilakukan di daerah Garut Selatan, namun pengukuran elektromagnetik belum pernah dilakukan. Penelitian direncanakan secara bertahap untuk memotong pulau Jawa pada segmen Garut – Bandung- Subang- Indramayu. Hal ini dilakukan untuk melihat struktur bawah permukaan daerah Jawa Barat guna penerapan pada model eksplorasi panas bumi dimasa mendatang.

LOKASI DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di kabupaten Garut. Untuk mencapai lokasi tersebut diperlukan waktu tempuh sekitar 2,5 jam, dari Bandung melalui Garut, Cisurupan - G. Papandayan. Pengukuran

magnetotelurik dimulai dari Papandayan daerah Cisurupan, Cikajang, Bungbulang sampai ke pantai Cijayana.

Daerah Jawa Barat terletak di arah timur dari zona transisi antara subduksi frontal Jawa dan subduksi miring Sumatera. Van Bemmelen (1949), membagi daerah Jawa Barat ke dalam 4 besar zona fisiografi, masing-masing dari Utara ke Selatan adalah Zona Dataran Pantai Jakarta, Zona Bogor, Zona Bandung, dan Zona Pegunungan Selatan. Zona Dataran Pantai Jakarta menempati bagian utara Jawa membentang Barat-Timur mulai dari Serang, Jakarta, Subang, Indramayu, hingga Cirebon. Daerah ini bermorfologi dataran dengan batuan penyusun terdiri atas aluvium sungai/pantai dan endapan gunungapi muda. Zona Bogor terletak di sebelah Selatan Zona Dataran Pantai Jakarta. Zona Bogor umumnya bermorfologi perbukitan yang memanjang barat-timur. Batuan penyusun terdiri atas batuan sedimen Tersier dan batuan beku baik intrusif maupun ekstrusif. Van Bemmelen (1949), menamakan morfologi perbukitannya sebagai antiklinorium kuat yang disertai oleh pensesaran. Zona Bandung letaknya di bagian selatan Zona Bogor, membentang mulai dari Pelabuhanratu, menerus ke timur melalui Cianjur, Bandung hingga Kuningan. Sebagian besar Zona Bandung bermorfologi perbukitan curam yang dipisahkan oleh beberapa lembah sebagai lembah depresi di antara gunung yang prosesnya diakibatkan oleh tektonik. Batuan penyusunnya terdiri atas batuan sedimen berumur Neogen yang ditindih secara tidak selaras oleh batuan vulkanik berumur Kuartar. Akibat tektonik yang kuat, batuan tersebut membentuk struktur lipatan besar yang disertai oleh pensesaran. Zona Bandung merupakan puncak dari geantiklin Jawa Barat yang kemudian runtuh setelah proses pengangkatan berakhir.

Zona Pegunungan Selatan terletak di bagian selatan Zona Bandung. Pegunungan Selatan, lebar sekitar 50 km, membentang dari teluk Pelabuhanratu ke Pulau Nusakambangan. Daerah pegunungan Garut Selatan merupakan jalur gunungapi Pegunungan Selatan, yang secara tektonik termasuk ke dalam busur magmatis akibat proses subduksi kerak samudera India ke bawah kerak benua Eurasia (Clement, 2007). Pannekoek (1946) menyatakan bahwa batas antara kedua zona fisiografi tersebut adalah Lembah Cimandiri yang merupakan sesar Cimandiri.

Dardji *et al.*, (1994) menafsirkan sesar Cimandiri sebagai zona sesar sinistral berdasarkan perhitungan paleostres, sedangkan Martodjojo (2003) dan Haryanto (2014) menunjukkan bahwa sesar Cimandiri adalah sesar normal. Pendapat yang berbeda disajikan oleh Hall *et al.*, (2007), yang menyarankan bahwa zona sesar Cimandiri adalah sesar naik. Berdasarkan data kegempaan, Sesar Cimandiri ini dinyatakan masih aktif (Febriani, 2015). Sistem sesar lainnya adalah sesar anjak yang berarah relatif baratlaut-tenggara antara lain Sesar Walat, Sesar Cikalong, Sesar Saguling, Sesar Cirata dan Sesar Baribis seperti terlihat pada Gambar 1 (Martodjojo, 2003).

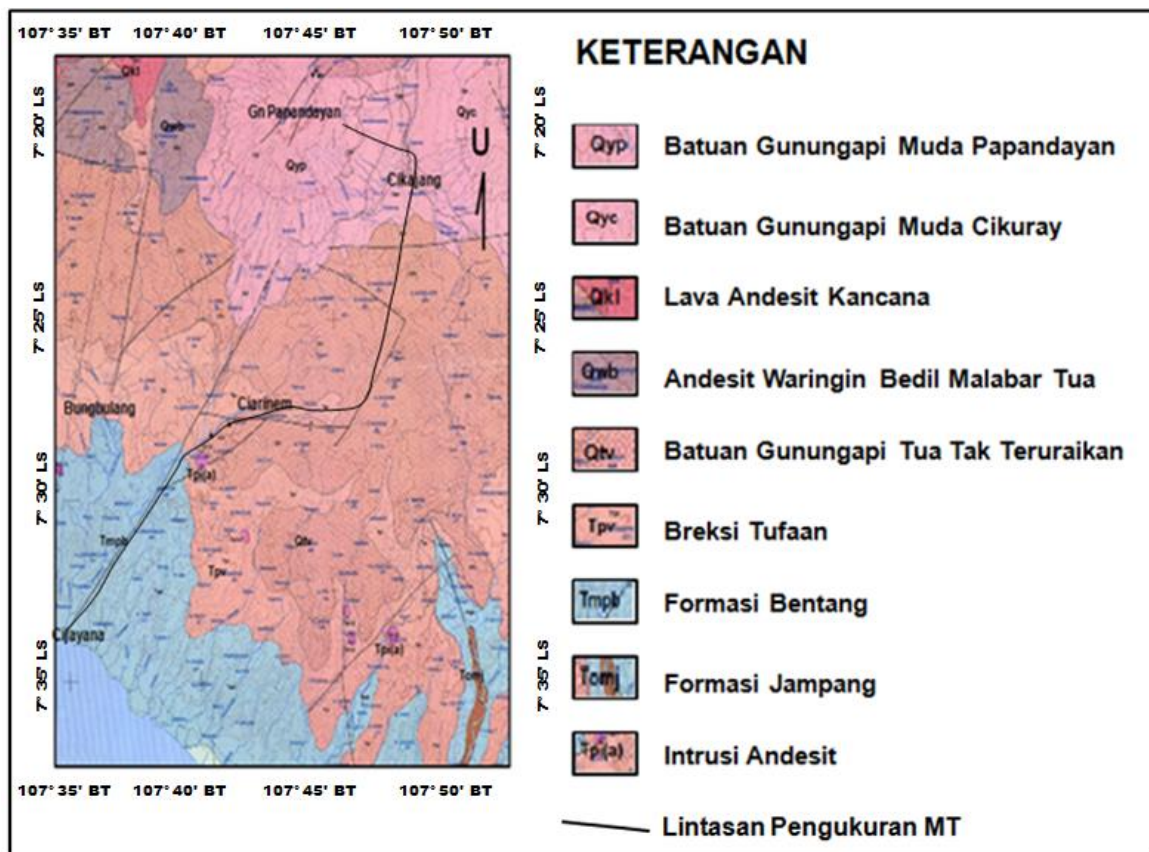
Batuan tertua di pegunungan selatan adalah sekis, filit kuarsit yang diterobos batuan ultrabasa. Batuan ini, yang tersingkap di sudut barat daya pulau (Jampang), ditutupi tidak selaras oleh pembentukan Formasi Ciletuh yang terdiri dari konglomerat dan batu pasir dari akhir Eosen – Oligosen awal. Ketidak selarasan di atas formasi Ciletuh, adalah pembentukan Formasi Jampang usia Miosen awal. Formasi Jampang terdiri dari sediment vulkanik seperti breksi dan lempung. Formasi Ciletuh diterobos oleh intrusi porfiri kuarsa, yang membawa bijih dari tambang emas Cibitung (Nishimura & Hehuwat, 1980).

Terdapat tiga pola kelurusan struktur di Jawa Barat yaitu : Timurlaut – Baratdaya (Pola Meratus Mesozoik), Utara Baratlaut – Selatan Tenggara (Pola Sunda, Tersier Paleogen), dan Barat – Timur (pola Jawa, Tersier Neogen - Kuartar) (Pulunggono dan Martodjojo, 1994). Adapun Purnomo dan Purwoko (1994) menggambarkan tahapan pembentukan struktur di Jawa Barat adalah : 1) tahap *extensional rifting* (Paleogen), 2) tahap *compressional wrenching* (Neogen) dan 3) tahap *compressional thrust-folding* (Neogen). Gaya regangan/tension dapat menghasilkan bukaan, dan gaya kompresi dan geseran dapat membentuk daerah gerusan. Keduanya berupa zona lemah yang dapat dilalui oleh fluida hidrotermal yang mungkin membawa mineralisasi. Kelurusan lembah dan punggung didominasi oleh arah-arah Baratlaut - Tenggara dan Timurlaut – Baratdaya.

Stratigrafi daerah penelitian menurut M. Alzwar, N. Akbar dan S. Bachri (1992) terdiri atas satuan batuan berumur Miosen hingga Holosen. Stratigrafi daerah ini mulai dari umur tua ke muda, yaitu Formasi Jampang (Miosen Awal), Formasi Bentang (Miosen Akhir-Pliosen), Breksi Tufaan (Pliosen), Intrusi Andesit (Pliosen), dan sisanya



Gambar 1. Pola umum struktur geologi daerah Jawa bagian barat. Warna menunjukkan zona fisiografi yaitu zona Dataran Pantai Batavia, zona Bogor, zona Bandung dan zona Pegunungan Selatan (Permana, 2015).



Gambar 2. Peta Geologi daerah Penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Garut-Pengalengan dari Alzwar dkk (1992).

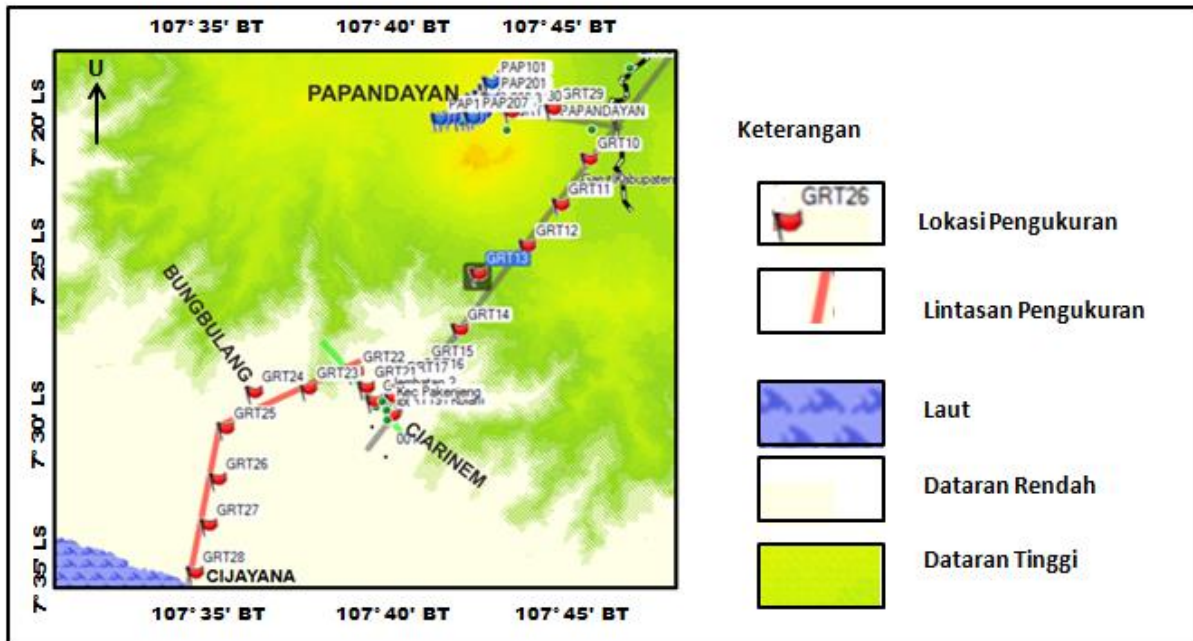
merupakan endapan hasil gunungapi berumur Pliosen-Kuarter seperti pada Gambar 2.

Formasi Jampang (Tomj) adalah Formasi tertua di daerah penelitian. Formasi Jampang yang terdiri dari lava andesit, menunjukkan kekar dan breksi andesit. Sisipan tuf hablur halus berumur Miosen Awal sampai Miosen Tengah. Pemiratan terbentuk di sekitar kontak dengan batuan terobosan diorite kuarsa. Formasi Bentang (Tmpb) terdiri dari batupasir tuf, tuf batuapung, batulempung, Konglomerat dan lignit. Formasi Bentang (Tmpb) yang mengandung sisipan konglomerat atau batupasir kasar gampingan dan batugamping pasiran hanya terdapat di beberapa titik saja. Sebarannya meluas ke ujung barat dan sedikit di ujung timur dari bagian selatan. Kumpulan Dari fosil, menunjukkan umur Miosen Akhir hingga Plio-Plistosen. Breksi Tufaan (Tpv) dicirikan oleh breksi, tuf dan batupasir. Tuf terdiri dari tuf hablur dan tuf sela, padat dan juga sebagai masa dasar di dalam breksi. Satuan ini di beberapa tempat diterobos oleh andesit piroksen dan andesit hornblende Tpi(a). Satuan ini menindih tak selaras

Formasi Bentang dan diduga berumur Pliosen. Tebal satuan ini lebih kurang 600-700 m. Batuan Gunungapi Tua Tak Teruraikan (Qtv) berumur Kuarter. Endapan Kuarter di daerah penelitian yaitu tuf, breksi tuf dan lava. Tuf terdiri dari tuf hablur yang halus, tersilikakan dan terpropolitkan secara setempat. Breksi tuf berkomponen andesit dengan masa dasar tuf batuapung. Lava bersusunan andesit piroksen dan basal, menunjukkan kekar lembar, kekar meniang dan struktur aliran. Singkapan satuan ini terdapat di daerah selatan G. Papandayan dan G. Cikuray. Sumber asal batuan gunungapi ini tak teruraikan, diduga sebagian besar terbentuk melalui erupsi celah. Umur satuan ini diduga Plio-Plistosen. Batuan terobosan yang terdapat pada daerah penelitian yaitu intrusi Andesit (Tpi-a) yang berumur Pliosen. Intrusi andesit dicirikan oleh andesit hornblende dan andesit piroksen.

METODE

Metode MT adalah metode elektromagnetik pasif yang melibatkan pengukuran fluktuasi medan listrik dan medan magnet alami yang saling tegak



Gambar 3. Peta lintasan pengukuran magnetotelurik Garut Selatan.

lurus dipermukaan bumi. Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai konduktivitas batuan bawah permukaan bumi dari kedalaman beberapa meter hingga ratusan kilometer (Simpson & Bahr, 2005). Cakupan nilai dari medan elektromagnetik alami yang terekam adalah 400 – 0,001 Hz (Daud, 2011). Metode MT dapat menggambarkan kondisi struktur batuan di bawah permukaan hingga kedalaman ratusan kilometer. Hal ini disebabkan metode MT menggunakan sumber sinyal dengan nilai frekuensi yang sangat kecil sehingga kemampuan gelombang untuk melakukan penetrasi menjadi lebih tinggi untuk kedalaman tertentu. (Kadir, 2011). Medan elektromagnetik alami (medan elektromagnetik primer) sebagai sumber metode MT sampai ke bumi memiliki variasi terhadap besaran waktu. Medan elektromagnetik tersebut menginduksi ore body di bawah permukaan bumi sehingga timbul eddy current (arus telluric) yang menimbulkan medan elektromagnetik sekunder. Lalu receiver yang berada dipermukaan menangkap total medan elektromagnetik primer dan elektromagnetik sekunder (Daud, 2011). Gelombang elektromagnetik dapat dianggap sebagai gelombang bidang yang merambat secara vertical ke dalam bumi berapapun sudut jatuhnya terhadap permukaan bumi. Hal ini mengingat

besarnya kontras konduktivitas atmosfer dan bumi (Grandis, 2010).

Data yang diperoleh dalam metode MT dalam bentuk time series, sedangkan data yang diperlukan adalah data resistivity dan phase fungsi dari frekuensi sehingga data tersebut harus dikonversi kedalam bentuk domain frekuensi dengan menggunakan transformasi Fourier. Langkah awal yang harus dilakukan adalah membuat parameter untuk transformasi Fourier, setelah data MT dikonversi menjadi domain frekuensi, kemudian kita melakukan teknik *Robust processing* untuk menghilangkan data penciran sehingga membuat data menjadi *smooth*. Untuk melakukan transformasi Fourier dan *Robust processing* menggunakan perangkat lunak SSMT 2000 yang merupakan produk dari Phoenix, Ltd. Pengaruh noise outlier pada *Robust processing* lebih sedikit dibandingkan dengan *least square*. Sehingga grafik hasil dari teknik *Robust processing* akan terlihat lebih baik dibandingkan dengan *least square*. (Rusbiyanto, 2011). Hasil akhir dari *Robust processing* pada SSMT 2000 berupa file dengan format *.MTH dan *.MTL. Setelah SSMT 2000 selesai, kita dapat membuat grafik resistivitas semu dan fase menjadi lebih *smooth* lagi dengan melakukan pemilihan signal (*signal sorting*). Dalam proses ini signal

pencilan dan yang dianggap noise yang belum hilang pada proses robust bisa dihilangkan, sehingga trend data lebih jelas. Perangkat lunak yang digunakan dalam proses ini adalah MT-Editor. Hasil dari MT-Editor berupa file berekstensi *.EDI, setelah itu dapat kita inversi dengan perangkat lunak WinGLink. Perangkat lunak ini digunakan untuk pemodelan inversi data MT secara 1-D dan 2-D. Pengambilan data dilakukan pada 17 titik dengan jarak antara 500 meter sampai 4 kilometer tergantung kondisi geologi dan topografi lapangan, mulai dari gunung Papandayan sampai Cijayana di pantai selatan melewati Cikajang, Ciarinem dan Bungbulang. Lintasan ini dipilih melewati daerah prospek panas bumi Papandayan dan Ciarinem serta memotong beberapa sesar naik pada peta struktur Jawa Barat dari martodjojo (2003). Lintasan ini bisa dilihat pada Gambar 3.

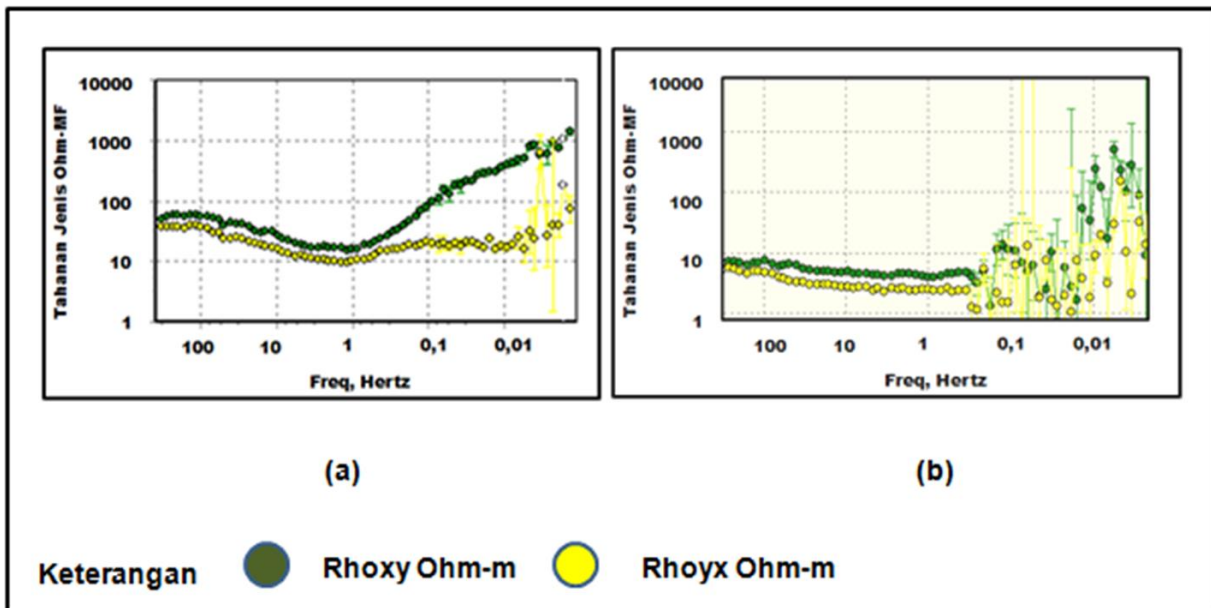
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data lapangan yang diperoleh masih berupa time series dan pada beberapa titik menghasilkan data yang cukup baik dengan sedikit noise sehingga dalam memprosesnya tidak dilakukan signal sorting. Kualitas data yang baik tercermin dari pola kurva resistivity dan phase yang smooth. Contoh kualitas data yang baik bisa dilihat pada Gambar 4 yaitu kualitas sempurna dan kualitas kurang baik. Dari hasil pengolahan, kualitas data kurang baik ini dismoothing lagi sehingga menghasilkan data terbaik untuk diproses pemodelan 1D dan 2D menggunakan perangkat

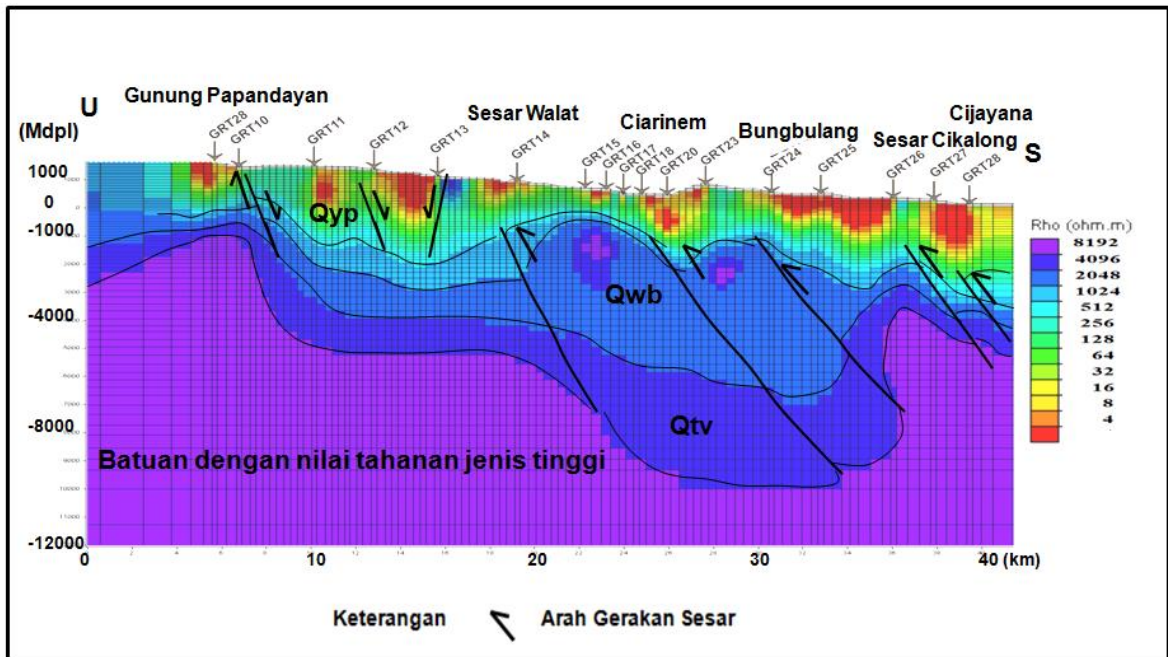
lunak WinGLink yang menshasilkan penampang 2D (dua dimensi) tahanan jenis seperti pada Gambar 5.

Berdasarkan rentang harga tahanan jenis berbagai batuan (Grandis, 2010) maka lapisan pada penampang tahanan jenis antara Papandayan sampai Cijayana dapat dibagi atas tiga bagian besar yaitu tahanan jenis rendah (lebih kecil dari 128 Ω.m), tahanan jenis sedang (antara 128 - 1024 Ω.m), tahanan jenis tinggi (antara 1024 – 8192 Ω.m) dan batuan dengan tahanan jenis sangat tinggi yaitu lebih besar dari 8192 Ω.m. Batuan dengan nilai tahanan jenis kecil (berwarna merah sampai hijau muda) berasosiasi dengan batuan sedimen lunak/lepas atau batuan yang telah teralterasi, batuan dengan tahanan jenis sedang (hijau muda sampai biru muda) berasosiasi dengan batuan sedimen yang telah terkompaksikan atau batuan metamorfik sedangkan batuan dengan nilai tahanan jenis tinggi (biru muda sampai biru tua) berasosiasi dengan batuan sedimen yang sangat keras, batuan metamorfik atau batuan beku, dan batuan dengan nilai tahanan jenis sangat tinggi (pink) berasosiasi dengan batuan dasar atau batuan beku (Locke, 2015).

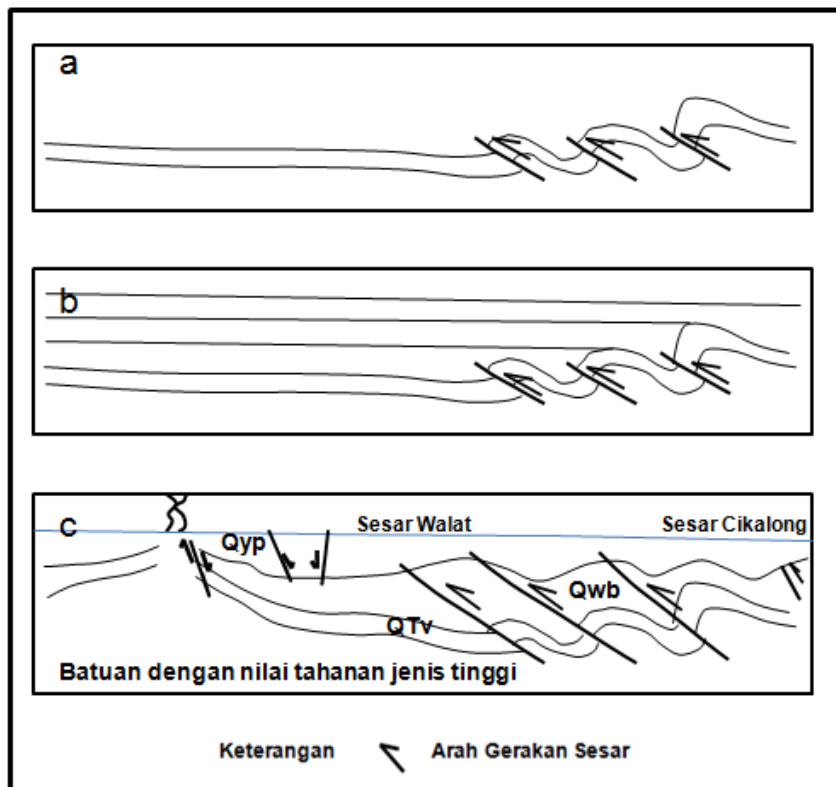
Daerah Garut Selatan ini merupakan bagian dari Pegunungan Selatan (Bemmelen, 1949) yang telah mengalami beberapa kali proses tektonik antara lain perlipatan, pensesaran, proses sedimentasi. Proses tektonik itu dapat diilustrasikan pada Gambar 6 sebagai berikut. Pada umur Tersier Awal terendapkan Formasi Jampang (Tomj),



Gambar 4. Contoh kualitas hasil pengolahan (a) sempurna dan (b) kurang baik.



Gambar 5. Penampang dua dimensi lintasan Papandayan – Cijayana dari tahanan jenis.



Gambar 6. Sketsa evolusi tektonik Garut Selatan terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap pertama kompresi karena subduksi dari arah selatan berumur Tersier, tahap kedua yaitu sedimentasi karena berkurangnya kompresi dari selatan pada akhir Tersier dan tahap ketiga munculnya gunungapi Kuarter (Papandayan dan Cikuray) dan kompresinya aktif kembali yang mengakibatkan sesar naiknya mengalami proses reaktifasi.

Formasi Bentang (Tmb) dan Breksi Tufaan (Tpv), bersamaan dengan Tersier awal ini terjadi pula tahapan pemben tukan struktur *compressional wrenching* (Neogen) dan tahap *compressional thrust-folding* (Neogen) (Purnomo, 1994) yang mengakibatkan terbentuknya sesar naik yang tua (Neogen) (Gambar 6.a). Pada umur Plio-Plistosen diendapkan Batuan gunungapi tak teruraikan (Qtv) selanjutnya Andesit Waringin Bedil Malabar Tua (Qwb). (Gambar 6.b). Pada umur Holosen terbentuk Lava Andesit Kancana (Qkl), Batuan Gunungapi Muda Cikuray (Qyc) dan Batuan Gunungapi Muda Papandayan (Qyp) disertai oleh kompresi akibat subduksi lempeng samudera dari arah selatan yang mengakibatkan reaktifasi dari sesar naik yang tua Sesar Walat, Sesar Cikalong, Sesar Saguling, Sesar Cirata dan Sesar Baribis tetapi ditutupi oleh sedimen yang lebih muda (Martodjojo, 2003) (Gambar 6.c).

Pada daerah Papandayan, Ciarinem dan Cilayu terdapat manifestasi berupa mata air panas dan batuan alterasi yang berpotensi untuk daerah panas bumi (Indarto, 2015). Daerah prospek Papandayan adalah prospek yang berada pada daerah gunung api (Hochstein, 2015) sedangkan daerah prospek Ciarinem dan Cilayu berada pada daerah yang dikarenakan oleh keberadaan sesar (Purnomo, 2014).

KESIMPULAN

Lintasan magnetotelurik Papandayan – Cijayana menghasilkan penampang tahanan jenis yang terdiri dari tahanan jenis rendah yang diinterpretasikan sebagai batuan sedimen lunak atau batuan alterasi, lapisan dengan tahanan jenis sedang yang diinterpretasikan sebagai batuan sedimen yang telah terkompaksikan atau batuan metamorf dan lapisan dengan tahanan jenis tinggi yang diinterpretasikan dengan batuan beku atau metamorfik Evolusi tektonik Garut Selatan terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap pertama kompresi karena subduksi dari arah selatan berumur Tersier, tahap kedua yaitu sedimentasi karena berkurangnya kompresi dari selatan pada akhir Tersier dan tahap ketiga kompresinya aktif kembali yang mengakibatkan sesar naiknya reaktifasi kembali disamping munculnya gunungapi Papandayan dan Cikuray pada zaman Kuartar.

Daerah prospek panas bumi Papandayan adalah prospek yang berada pada daerah gunung api sedangkan daerah prospek panas bumi Ciarinem

dan Cilayu berada pada daerah yang dikarenakan oleh keberadaan sesar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dengan menggunakan anggaran DIPA TA 2015 yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian. Demikian juga kepada bapak Sri Indarto yang telah mengizinkan data magnetotelurik daerah Garut Selatan ini untuk dipublikasikan. Tidak lupa diucapkan banyak terimakasih kepada saudara Yayat Sudrajat yang telah membantu dalam proses data lapangan, Sunardi, Sutarman, Nyanjang dan semua pihak di lapangan yang telah membantu kelancaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzwar, M., Akbar N., dan Bachri S., 1992. Geologi lembar Garut dan Pamengpeuk, Jawa, Lembar 1208-6 dan 1208-3, Sekala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Departemen Pertambangan dan Energi.
- Clements, B., and Hall R., 2007. Cretaceous to Late Miocene Stratigraphic and Tectonic Evolution of West Java, Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Thirty-First Annual Convention and Exhibition, May 2007.
- Daud, Y., 2010. Diktat Kuliah : Metode Magnetotelluric (MT). Laboratorium Geofisika, FMIPA Universitas Indonesia.
- Dardji, N., Villemni, T. and Rampnoux, J. P., 1994. Paleostresses and strike-slip movement; The Cimandiri Fault Zone, West Java, Indonesia. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 9(1-2):3–11.
- Febriani, F., 2015. Seismicity around the Cimandiri Fault Zone, West Java, Indonesia, Proceedings of International Symposium on Frontier of Applied Physics (ISFAP) Bandung, 2015.
- Grandis H., 2010. Magnetotellurik. Penerbit ITB.
- Hall, R., Clements, B., Smyth, H. R., and Cottam, M. A., 2007. A new interpretation of Java's structure, Proceedings Indonesian

- Petroleum Association 31st Annual Convention, May 2007.
- Haryanto, I., 2014. Evolusi Tektonik Pulau Jawa Bagian Barat Selama Kurun Waktu Kenozoikum, Disertasi Doktor, Pasca Sarjana UNPAD (Tidak dipublikasikan).
- Hochstein, M. P., and Sudarman, S., 2015. Indonesian Volcanic Geothermal Systems, Proceedings World Geothermal Congress, Melbourne, Australia, April 2015, 19-25.
- Indarto, S., Permana, H., Gaffar, E. Z., Sudarsono, Bakti, H., Andrie Al Kausar, A., Yuliyanti, A., Nurohman, H. dan Jakah. 2015. Mineral Alterasi hidrotermal Pada Batuan Vulkanik dan Alternatif Penggunaannya, Studi Kasus: Cekungan Kaldera Garut-Bandung dan Sekitarnya, Jawa Barat. Laporan Teknis Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LIPI, tidak terbit.
- Kadir, T. V. S., 2011. Metode Magnetotellurik (MT) Untuk Eksplorasi Panas Bumi Daerah Lili, Sulawesi Barat dengan Data Pendukung Metode Gravitasi, Universitas Indonesia, Kekhususan Geofisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Depok, (Skripsi).
- Loke, M. H., 2015. Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys. www.geotomosoft.com.
- Martodjojo, S., 2003. Evolusi Cekungan Bogor. 238 hal. Penerbit ITB.
- Nishimura, S., K. H. Thio and F. Hehuwat, 1980. Fission-track ages of tephra and tuffs from Bayat and Karansambung, Central Jawa. Physical Geology of Indonesian Island Arcs, Kyoto University, Kyoto, 81-87.
- Pannekoek, A. J., 1946. Geomorfologische waarnemingen op het Djampang-Plateau in West Java. Tijdschrift Kon. Nederlands Aardrijkskundig Gen. 63(3), 340-367.
- Permana, H., 2015. Struktur dan Tektonik Lereng Selatan Kaldera Purba Garut-Bandung, Jawa Barat, Prosiding Seminar Geoteknologi.
- Pulunggono dan Martodjojo, S., 1994. Perubahan Tektonik Paleogene – Neogene Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa, Percetakan NAFIRI, Yogya.
- Purnomo, J., dan Purwoko, 1994. Kerangka Tektonik dan Stratigrafi Pulau Jawa Secara Regional dan Kaitannya Dengan Potensi Hidrokarbon, Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuartar, Teknik Geologi UGM, Yogyakarta.
- Purnomo, B. J., and Pichler T., 2014. Geothermal systems on the island of Java, Indonesia, Journal of Volcanology and Geothermal Research 285, 47–59.
- Rusbiyanto, A., 2011. Reduksi Noise Pada Pemrosesan Data Magnetotellurik (MT) dengan Menggunakan Remote Reference. Skripsi pada Universitas Indonesia.
- Simson, F., Bahr, K., 2005. Practical Magnetotelluric, Cambridge University Press, 254pp.
- Van Bemmelen, R. W., 1949. The Geology of Indonesia, vol.1A. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. Martinus nijhof, The Hague, 732pp.