

SISTIM DAN KEDALAMAN LAPISAN PENUDUNG SERTA RESERVOAR: RE-INTERPRETASI DATA TAHANAN JENIS DAERAH PANAS BUMI NON VULKANIK - WAESALIT, P.BURU- PROPINSI MALUKU

oleh

ALANDA IDRAL

Kelompok Program Penelitian Bawah Permukaan
PUSAT SUMBER DAYA GEOLOGI

Sari

Hasil Penelitian geofisika tahanan jenis (pemetaan dan pendugaan tahanan jenis) yang telah dilakukan di daerah panas bumi Waesalit menyimpulkan lapisan yang diperkirakan sebagai lapisan penudung berada pada kedalaman 150 - 300 m dengan ketebalan 300-400m dan dengan nilai tahanan jenis < 100 ohm-m; sedangkan lapisan yang diduga sebagai reservoir berada pada kedalaman > 600 m dengan nilai tahanan jenis > 100 ohm-m. Sistem panas bumi di daerah ini diperkirakan berkaitan dengan tubuh intrusi vulkanik yang tidak muncul ke permukaan.

Hasil reinterpretasi tahanan jenis yang dilakukan oleh penulis menyimpulkan zona tahanan jenis rendah (20 ohm-m) yang merupakan batuan penudung berada pada kedalaman > 700 m dan dengan ketebalan $125 - 200$ m; sedangkan puncak zona reservoir dengan tahanan jenis > 125 ohm-m berada pada kedalaman > 1000 m. Sistem panas bumi di daerah ini diduga merupakan suatu proses vulkano tektonik pada batuan malihan.

ABSTRACT

The result of resistivity methods (mapping and sounding resistivities) that has been conducted in Waesalit geothermal area concluded that the clay cap is considered at $150 - 300$ m depth, whilst the thickness is of $300 - 400$ m thickness with the resistivity values of < 100 ohm-m. Meanwhile, the reservoir is assumed at a depth of > 600 m with the resistivity value of > 100 ohm-m. The geothermal system in the area is considered to be associated with the concealed volcanic body.

The re-interpreted resistivity data summarized that the low resistivity zone (clay cap) with the value of 20 ohm-m considered at a depth of > 700 m with the thickness of $125 - 200$ m, while the reservoir zone is found at the depth of > 1000 m, and its resistivity value is > 125 ohm-m. The system of geothermal in the area is assumed to be associated with volcano-tectonic processes at metamorphic rocks.

PENDAHULUAN.

Daerah panas bumi Waesalit terletak di Kabupaten Buru, Provinsi Maluku, +/- 60 km baratdaya Namlea (gambar 1), dengan koordinat UTM. 9605000 mU 962000 mU dan 255000 mT 270000 mT. Kebanyakan manifestasi panas bumi berlokasi di daerah vulkanik, sedangkan manifestasi panas bumi di daerah Waesalit yang berupa mata air panas (m.a.p.), batuan ubahan, dan fumarol terdapat pada batuan non vulkanik (malihan).

Pusat Sumber Daya Geologi pada tahun 2007 telah melakukan penyelidikan terpadu geologi, geokimia dan geofisika (tahanan jenis, gravitasi dan geomagnetik) di daerah tsb. Berdasarkan hasil penafsiran tahanan jenis oleh Zarkasi dkk disimpulkan kedalaman lapisan penudung dan reservoir masing-masing terdapat pada kedalaman < 300 m dan > 600 m. Menurut hemat penulis kedalaman kedua lapisan tsb relatif dangkal untuk manifestasi panas bumi yang berada pada lingkungan non vulkanik. Sebagai contoh di Thailand, Jepang dan

Austria kedalaman untuk lapisan penuding dan resvoar jauh diatas yang diperkirakan oleh Zarkasi dkk, maka makalah ini mencoba mengkaji ulang kedalaman lapisan penuding dan reservoir serta sistim panas bumi berdasarkan data tahanan jenis yang ada.

RINGKASAN GEOLOGI DAN MANIFESTASI PANASBUMI.

Daerah Waesalit dan sekitarnya disusun oleh batuan metamorfik/malihan (sekis dan filit) yang berumur Permian Awal; batu lempung berumur Kuartar, endapan undak sungai (Kuartar) dan alluvium. (gambar 2).

Struktur geologi yang berkembang didaerah ini berupa sesar normal geser atau oblique (Waekedang, Waesalit), sesar mendatar (Waetina) dan sesar normal Debu. Sesar-sesar tsb umumnya berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara (Nurhadi, dkk 2007).

Kenampakan gejala panas bumi di daerah panas bumi Waesalit berupa mata air panas, fumarol dan tanah panas dengan hembusan uap, sinter silika serta batuan ubahan. Zona ubahan (phylic dan argilic) disusun oleh mineral lempung seperti kaolinit, illit, alunit.

Munculnya illite menunjukkan temperatur pembentukannya berada pada suhu yang cukup tinggi, antara 240°C - 300°C menunjukkan tipe hidrotermal pada zona phyllic. Sedangkan munculnya mineral alunit menunjukkan tipe hidrotermal pada zona advance argilic, mineral alunit biasanya berasosiasi dengan tipe air panas asam dengan sulfida tinggi.

Manifestasi tsb muncul di beberapa lokasi yang tersebar di sepanjang pinggir Sungai Waekedang atau biasa disebut Sungai Pemali. Selain itu di sekitar mata air panas Waesalit (di sekitar Sungai Pemali) terdapat endapan belerang yang berwarna ke-kuning-kuningan.

Analisa geokimia mata air panas (m.a.p.) di daerah ini (Sulaiman, B. dkk. 2007) menunjukkan mata air panas Waesalit yang bertemperatur tinggi antara T: 98.80 - 101.30 C, termasuk tipe bikarbonat, dengan sistim up flow, sedangkan T reservoir berkisar antara 227o - 247o C, dan termasuk tipe entalpi tinggi.

RINGKASAN HASIL PENYELIDIKAN TAHANAN JENIS

Peta Tahanan Jenis Semu

Zarkasi, dkk (2007) menyimpulkan daerah bertahanan jenis rendah dengan nilai < 100 ohm-m terdapat disekitar mata air panas Waesalit dan di bagian selatan tenggara Zona tahanan jenis rendah disekitar mata air panas berkaitan dengan batuan ubahan hidrotermal, sedangkan di selatan tenggara berhubungan dengan zona graben sesar Waesalit yang disusun oleh batuan sedimen. Daerah bertahanan jenis rendah ini membentuk pola melidah yang membuka kearah tenggara dan timurlaut, (gambar 3).

Daerah bertahanan jenis sedang (>75-200 ohm-m) tampak dibagian tengah daerah penyelidikan diapit oleh daerah bertahanan jenis rendah (diselatan) dan tinggi (di utara). Zona tahanan jenis sedang disekitar mata air panas Waesalit ditafsirkan merupakan batuan malihan yang terpengaruh aktifitas panas bumi dalam tingkat rendah.

Zona tahanan jenis tinggi (> 200 ohm-m) yang tampak di utara batat laut berkaitan dengan batuan malihan yang masih segar dan belum terubahkan.

Secara umum peta tahanan jenis AB/2:250 m s/d AB/2:1000 m memperlihatkan pola yang relatif sama yang ditandai dengan makin meluasnya daerah bertahanan jenis sedang dan rendah dengan bertambahnya kedalaman dan menyatunya daerah bertahanan jenis rendah yang disebabkan oleh ubahan dengan daerah yang ditempati oleh batuan sedimen di selatan tenggara (zona depresi).

Penampang Tahanan Jenis Semu

Analisa penampang tahanan jenis semu A-C-D-E-F-G yang dilakukan oleh Zarkasi dkk, (2007) memperlihatkan nilai tahanan jenis semu rendah berada ditenggara dan makin ke baratlaut nilai tahanan jenis semu cenderung membesar. Sedangkan pada penampang tahanan jenis semu B nilai tahanan jenis semu tinggi terdapat dipermukaan dan makin mengecil dengan bertambahnya kedalaman (gambar 4). Zarkasi juga menyebutkan nilai tahahan jenis tinggi disekitar lintasan C-4500 berhubungan dengan batuan intrusi.

Penampang Tahanan Jenis Sebenarnya

Pada penampang tahanan jenis sebenarnya

nilai tahanan jenis di bagi menjadi 3 kelompok (gambar 5) yaitu:

- a) kelompok resistiviti rendah < 75 - 100 Ω m,
- b) kelompok resistiviti sedang 75 - 200 Ω m
- c) kelompok resistiviti tinggi > 100 - > 200 Ω m.

Lapisan yang diduga sebagai lapisan penudung berada pada lapisan keempat dengan kedalaman puncak lapisan antara 150 s.d. 300 m dan tebal 300 s.d. 400 m. Lapisan ini disusun oleh kelompok resistiviti rendah <100 Ω m.

Lapisan yang diduga sebagai reservoir daerah panas bumi Wapsalit, berdasarkan penampang tahanan jenis sebenarnya, mempunyai nilai tahanan jenis >100 Ω m dan kedalaman puncak resevoir belum diketahui karena tidak terdeteksi., atau diperkirakan lebih dari 600 m, sedangkan lapisan reservoirnya diperkirakan batuan malihan (Zarkasi, dkk 2007).

RE-ANALISA DATA TAHANAN JENIS

Re-analisa data tahanan jenis dilakukan berdasarkan pengelompokan nilai dan pola anomali tahanan jenis, kemudian dihubungkan dengan batuan dan struktur geologi serta sistim panas bumi yang ada didaerah tsb. Re-analisa tsb meliputi data pemetaan tahanan jenis AB/2:250 m sampai dengan AB/2: 1000 m (gambar 3 menjadi gambar 6), data penampang tahanan jenis semu lintasan A-G (gambar 4 menjadi gambar 7) dan data pendugaan tahanan jenis lintasan melintang A-B-C-D-E (gambar 5 menjadi gambar 8).

Hasil Re-interpretasi Data Tahanan Jenis

Peta Tahanan Jenis Semu

Dari peta tahanan jenis semu (/os) diharapkan terdapat daerah bernilai tahanan jenis rendah atau daerah konduktif, (karena nilai tahanan jenis rendah merupakan indikator paling baik untuk keberadaan daerah prospek panasbumi dibawah permukaan), karena umumnya berasosiasi dengan upflow fluida panasbumi. (Anderson et al, 2000)

Keempat peta sama tahanan jenis semu AB/2 1000m, 750 m, 500 m dan 250 m juga memperlihatkan

pola tiga zona tahanan jenis semu yaitu tahanan jenis semu tinggi/resistif (> 110 ohm-m) di utara, zona tahanan jenis semu sedang/semi konduktif (80-110 ohm-m) dibagian tengah, dan zona tahanan jenis semu rendah/konduktif (< 60 ohm-m) di selatan. Batas kontak tsb sedikit disekitar m.a.p. Waesalit. Batas kontak tsb masing zona relatif konstan dengan arah yang sama baratdaya. Batas kontak tsb mengindikasikan struktur (sesar?) dengan arah yang sama dengan daerah tsb diatas.

Zona (/os) sedang (60--110 ohm-m) pada kedalaman antara 100 dan 1000 membentuk pola melidah mengarah ke barat laut (ke mata air panas Waesalit) dan bertopografi tinggi dan membuka ke timur. Daerah bertopografi rendah, hal ini mengindikasikan pola anomali tahanan jenis semu sedang di suatu sistem panasbumi, seperti diuraikan oleh Sulaiman, B (20007) dari hasil geokimia.

Zona tahanan jenis semu sedang meluas dengan bertambahnya kedalaman dengan membesarnya bentangan AB/2, (gambar 3 menjadi gambar 6). Sedangkan kondisi geologi untuk masing-masing tsb relatif sama seperti yang telah diuraikan oleh dkk. Sedangkan zona ubahan yang termanifestasi Waesalit disebabkan naiknya suhu melalui bidang-bidang lemah seperti foliasi malihan, sesar maupun rekahan

Penampang Tahanan Jenis Semu.

Gambar 7 memperlihatkan 6 dari 7 penampang tahanan jenis semu (/os) dan mempunyai karakter relatif hampir sama (kecuali lintasan B) dengan tahanan jenis relatif rendah (< 80 ohm-m) di bagian tenggara lintasan, sedangkan dibagian utara nilai tahanan jenisnya relatif tinggi- sedang, yaitu antara 80 400 ohm-m.

Kedua blok tersebut diperkirakan dibatasi oleh oblik Waesalit yang berfungsi sebagai batas antara batuan malihan dan batuan malihan.

Sedangkan penampang lintasan B yang merupakan panas Waesalit memperlihatkan nilai tahanan jenis > 80 ohm-m) tampak dipermukaan, selanjutnya bertambahnya kedalaman nilai tahanan jenis cenderung menurun (40-80 ohm-m).

itu penampang tahanan jenis semu juga memperlihatkan adanya struktur sesar yang terdapat di laut dan tenggara lintasan dengan arah timurlaut-daya dan hampir utara-selatan.

Penampang Tahanan Jenis Sebenarnya.

Gambar 8 memperlihatkan penampang (o) sebenarnya (A.3100 E.5500). penampang tsb, menunjukkan secara vertikal dan lateral adanya :

- lapisan-lapisan yang bernilai tahanan jenis tinggi atau daerah resistif,
- lapisan-lapisan yang bernilai tahanan agak tinggi atau daerah semi resistif
- lapisan bernilai tahanan jenis sedang /semi konduktif
- lapisan bernilai tahanan jenis rendah atau daerah konduktif

Lapisan dengan nilai (ρ) (100->500 ohm-m) disusun oleh batuan permukaan/ malihan (sekis dan filit) yang segar dan lapuk.. Lapisan ini terdapat mulai dari permukaan sampai pada kedalaman 200 m atau lebih di muka tanah setempat. Lapisan yang bernilai tahanan jenis agak tinggi atau semi resistif (100-200 ohm-m) terdapat pada kedalaman 100 - > 500 m dari muka tanah setempat, lapisan ini diperkirakan merupakan batuan malihan. Lapisan dengan tahanan jenis sedang atau semi konduktif dengan nilai tahanan jenis 50 - 90 ohm-m diperkirakan merupakan batuan terubah sedikit serta lapuk dan disusun oleh batuan malihan. Lapisan yang bernilai tahanan jenis rendah antara 20 - 30 ohm-m merupakan lapisan terubah yang bersifat konduktif, lapisan yang diperkirakan sebagai lapisan penutup (lay cap) dengan nilai tahanan jenis 20 ohm terdapat pada kedalaman > 700 m. Di bawah lapisan ini (pada kedalaman > 1000 m) terdapat lagi lapisan semi resistif dengan nilai 125 ohm-m, dan diperkirakan merupakan batuan terobosan yang bertindak sebagai lapisan reservoir, dikarenakan adanya aktivitas fluida panas bumi pada reservoir tersebut bahkan dalam bentuk gas-gas sehingga daerah ini relatif resistif. Keberadaan batuan terobosan tsb juga didukung oleh data anomali gayaberat sisa yang memperlihatkan adanya batuan dengan densitas tinggi di sekitar daerah tersebut (Edi Sumardi dkk 2007).

Disamping itu penampang tahanan jenis ini juga

memperlihatkan adanya 2 struktur sesar yang berarah timurlaut-baratdaya,

PEMBAHASAN.

Terjadinya sistim panasbumi pada suatu daerah disebabkan oleh beberapa proses seperti proses vulkanisme, tektonik dan volkano-tektonik, sedangkan pembentukan panas bumi di Indonesia umumnya berhubungan dengan daerah vulkanik (orogenesis muda yang berumur kuartar atau resen) dan non vulkanik (tektonik atau vulkanotektonik).

P.Buru (daerah Wesalit) merupakan pulau terbarat dari Busur Banda Luar bagian utara yang tidak bergunung api. Busur ini berupa rangkaian pulau yang terbentang mengelilingi Laut Banda, mulai dari P. Buru melalui P. Seram, Kep. Tanimbar, P. Timor sampai P. Sumba.

Dengan kondisi P.Buru yang bukan merupakan jalur gunung api maka sistim panas bumi Waesalit diperkirakan berkaitan dengan aktifitas tektonik dan vulkanik (intrusi) bawah permukaan?. Kondisi tsb diatas didukung oleh re-interpretasi data tahanan jenis, yakni dengan adanya nilai tahanan jenis semu relatif tinggi yang berbentuk lensa di timur m.a.p. Waesalit atau disekitar titik amat C-3500 dan C-4500, (gambar 7) serta adanya endapan belerang disekitar mata air panas Waesalit. Adanya kedua indikasi tsb diperkirakan berkaitan dengan batuan terobosan dan atau aktifitas vulkanik bawah permukaan yang tidak tersingkap. Dengan adanya aktifitas tektonik dan aktifitas gunung api bawah permukaan? tsb menyebabkan terjadinya sesar-sesar dan kekar-kekar didaerah Waesalit. Struktur sesar akibat proses tsb, terutama sesar yang mengagap mata air panas (m.a.p.) Waesalit (sesar Waikedang dan kompleks sesar Waemetar yang berarah hampir barat-timur dan timurlaut-baratdaya) inilah yang diperkirakan mengontrol kenampakan m.a.p. tsb kepermukaan. Adanya sesar yang saling berpotongan, kekar-kekar dan foliasi batuan metamorfik yang berarah tidak beraturan yang membuka saat stress berkurang sehingga memudahkan naik/keluarnya fluida panas kepermukaan sehingga terjadi tanah panas dan ubahan terhadap batuan malihan yang dilaluinya. Selain proses tsb, kondisi tsb diatas juga membentuk daerah permeabilitas yang potensial untuk dapat terbentuknya sistem panasbumi di daerah Waesalit.

Daerah prospek panasbumi Waesalit dibatasi oleh kontur daerah semi konduktif dengan dengan nilai tahanan jenis semu sedang, 60-110 ohm-m, (menurut Zarkasi,dkk nilai $\rho_s < 100$ ohm-m) dan berasosiasi dengan manifestasi permukaan berupa mata air panas, tanah panas, fumarol dan silika sinter serta daerah ubahan berupa pilik dan argilik. Sedangkan daerah dengan tahanan jenis semu rendah di selatan tenggara diperkirakan berkaitan dengan struktur graben yang ditempati oleh batuan sedimen yang ada disekitar daerah tsb.

Daerah prospek (daerah semi konduktif) tampak makin membesar seiring bertambahnya kedalaman atau membesarnya bentangan AB/2. Zona tahanan jenis semu sedang yang terdeteksi berada diantara sesar Waekedang dan sesar Waesalit dan berada dekat permukaan sampai kedalaman sekitar 500 meter dari permukaan (AB/2:1000m). Berdasarkan hal tsb diatas serta dikombinasikan dengan luasnya daerah ubahan, maka luas daerah prospek panas bumi Waesalit diperkirakan 5 km². (menurut Zarkasi dkk: 4 km²) Berbeda dengan daerah vulkanik dimana daerah prospek yang biasanya mempunyai nilai tahanan jenis semu < 10 ohm-m, maka pada daerah Waesalit (daerah non vulkanik) daerah prospek mempunyai nilai tahanan jenis semu relatif tinggi (60-110 ohm-m, hal ini mungkin ada kaitannya dengan dominannya mineral kwarsit (yang relatif keras/resistan)) pada batuan metamorfik di daerah tsb (filit, skis dan kwarsit).

Penampang tahanan jenis sebenarnya, (gambar-7) memperlihatkan lapisan penudung terdapat pada kedalaman > 700 m. (menurut Zarkasi,dkk-150-300 m). Interpretasi tersebut berdasarkan pada lapisan konduktif dengan nilai tahanan jenis 20 ohm m dibawah titik duga D-4150, (sedangkan penafsiran Zarkasi dkk ρ_s lapisan penudung < 100 ohm-m). Batuan yang berfungsi sebagai batuan penudung diperkirakan batuan terobosan yang terubahkan kuat, sedangkan tipe alterasi pada batuan penudung diperkirakan sama dengan tipe ubahan yang terjadi dipermukaan, yakni bertipe pilik dan argilik.

Berdasarkan penampang tahanan jenis (A-E), puncak lapisan reservoir berada pada kedalaman > 1000 m di bawah titik amat D-4150, dengan nilai (ρ_s) 125 ohm-m, sedangkan menurut Zarkasi,dkk puncak reservoir tidak diketahui atau diperkirakan > 600m.

Penampang tersebut juga memperlihatkan zona reservoir berada pada daerah semi konduktif pada peta tahanan jenis semu permukaan, hal ini mengindikasikan adanya lapisan penudung dan reservoir di bawah permukaan.

Untuk daerah manifestasi panas bumi pada jalur non vulkanik kedalam reservoir biasanya sangat dalam mencapai berkisar antara > 1000 m 3000 m, misalnya seperti di Thailand dan Jepang manifestasi panasbuminya berhubungan dengan batuan pluton/non vulkanik (Manop, 2000 dan Shiro,2000).

Batuan yang berfungsi sebagai reservoir diperkirakan berupa batuan terobosan yang mempunyai permeabilitas sekunder dan primer yang baik (batuan malihan menurut Zarkasi,dkk). Permeabilitas sekunder terbentuk akibat aktifitas tektonik yang membentuk kekar-kekar, rekahan dan pensesaran, sehingga memungkinkan fluida untuk bersarang pada formasi batuan tsb, sedangkan permeabilitas primer terbentuk sejak awal terbentuknya batuan. Tipe alterasi pada batuan reservoir belum dapat ditentukan karena belum ada data pemboran, akan tetapi bila dikorelasikan dengan tipe ubahan yang ada dipermukaan maka diperkirakan tipenya tidak jauh berbeda yakni bertipe argilik dan pilik. Ketebalan batuan reservoir juga tidak dapat diketahui secara pasti karena hasil pemodelan tahanan jenis hanya mendeteksi pucak reservoirnya saja.

Manifestasi panas bumi Waesalit terbentuk pada lingkungan batuan malihan yang berumur sangat tua (Permian). Batuan malihan tsb tidak mungkin berfungsi sebagai sumber panas, sehingga pasti ada batuan lain yang bertindak sebagai sumber panas. Berdasarkan data geofisika (ρ_s berat, geomagnet dan geolistrik) ada indikasi batuan lain (terobosan?) yang mempunyai densitas, kerentanan magnet dan resistivitas tinggi disekitar manifestasi air panas Waesalit. Adanya batuan terobosan yang berupa cairan magma tsb juga didukung data geologi (adanya endapan sulfur dan geokimia (terciumnya bau belerang yang menyengat), mengindikasikan adanya tubuh vulkanik yang tidak tersingkap didaerah tsb diatas. Berdasarkan hal tsb diatas diperkirakan sumberpanas dari sistim panas bumi Waesalit adalah batuan terobosan berupa magma atau tubuh vulkanik yang belum muncul kepermukaan

SIMPULAN DAN SARAN.

Simpulan.

Berdasarkan re-interpretasi data tahanan jenis daerah prospek panas bumi berada disekitar mata air panas Waesalit dengan luas 5 km² dengan potensi 39 Mwe.

Daerah prospek tsb dikontrol oleh sistem sesar berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

Kedalaman lapisan penudung diperkirakan > 700 m, sedangkan kedalaman puncak reservoir > 1000 m

Mata air panas Waesalit bertipe upflow dan pembentukan sistem panasbumi diperkirakan akibat proses vulkanotektonik pada batuan malihan.

Bebeda dengan sistim panas bumi didaerah vulkanik dimana daerah prospek umumnya dibatasi oleh kontur tahanan jenis rendah (< 10 ohm-m), maka pada daerah non vulkanik (P.Buru) daerah prospek dibatasi oleh kontur tahanan jenis (60 - 110 ohm-m)

Saran

Daerah prospek panas bumi Waesalit menarik dan layak untuk ditindak lanjuti mengingat :

- potensi sumber daya energinya yang cukup besar,

- lingkungan keterdapatannya berada pada batuan non vulkanik, (malihan); berbeda dengan lingkungan panas bumi yang umum dan telah dikembangkan di Indonesia (lingkungan vulkanik)

● Ambiguiti dalam menentukan kedalaman lapisan penudung dan reservoir serta statusnya masih berupa eksplorasi awal, maka disarankan untuk dilakukan penyelidikan lanjutan dengan menggunakan metoda Magnetotelurik guna mengetahui kedalaman lapisan penudung dan resevoir yang lebih akurat, dan bila hasilnya cukup baik dilanjutkan dengan pemboran landaian suhu guna mengetahui gradient panas daerah prospek panas bumi Waesalit.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pada rekan-rekan atas masukan dan sarannya, terutama kepada Dr. Dwipa, S., dan Raharjo H., untuk editing, saran dan masukannya, serta kepada PMG atas diterbitkannya makalah ini.

ACUAN

Anderson, F., Crosby, D. and Ussher, G., 2000, Bulls-Eye Simple Resistivity Imaging to Reliably Locate the Geothermal Reservoir, Proceeding World Geothermal Congress 2000, May 28 - June 10, 2000, Kyushu-Tohoku, p. 901-914.

Badan Standardisasi Nasional, 1998, Klasifikasi Potensi Energi Panasbumi di Indonesia, Standar Nasional Indonesia, SNI 13-5012-1998, ICS 73.0202, Dit. Jend. Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Indonesia, 14 halaman.

Badan Standardisasi Nasional, 1999, Metode Estimasi Potensi Energi Panasbumi, Standar Nasional Indonesia, SNI 13-6171-1999, ICS 73.020, Dit. Jend. Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Indonesia, 11 halaman

Bemmelen, R.W. van, 1949, The Geology of Indonesia, Vol IA, Netherlands, The Haque.

Dobrin, M.B., and Savit, C.H., 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, 4th Edition, International Student Edition, McGraw-Hill International Book Company, New York.

Edi Sumardi; Yuano Rezki; A. Idral 2007. Penyelidikan Gayaberat dan Geomagnetik di Daerah Wapsalit, Kab. Buru, Prop. Maluku; Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007; PMG.

Manop Raksaskulwong, 2000: Current Issues of the Hot Spring Distribution Map in Thailand Proceedings World Geothermal Congress 2000 Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000

Nurhadi., dkk, 2007, Peta Geologi Daerah Prospek Panasbumi Waesalit, Kab. Buru-Maluku PMG Bandung, tidak dipublikasikan.

MAKALAH ILMIAH

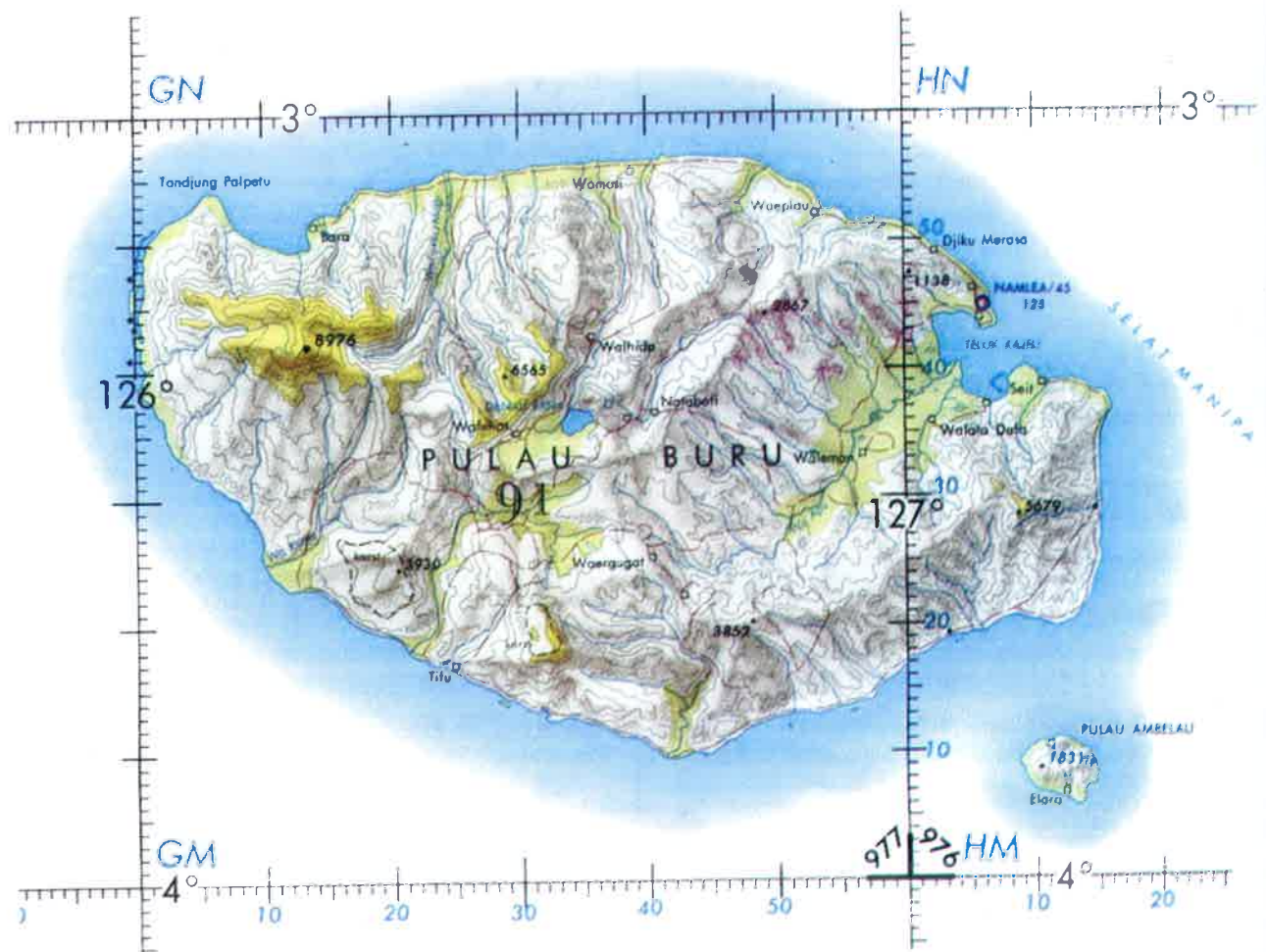
Shiro Tamanyu, 2000: Quaternary Granitic Pluton Inferred from Subsurface Temp. Distribution at the Sengan (Hachimantai) Geothermal Area Japan: Proceedings World Geothermal Congress 2000 Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000

Sulaeman, B., 2007, Data Geokimia Daerah Prospek Panasbumi Waesalit, Kab. Buru-Maluku, PMG- Bandung, tidak dipublikasikan

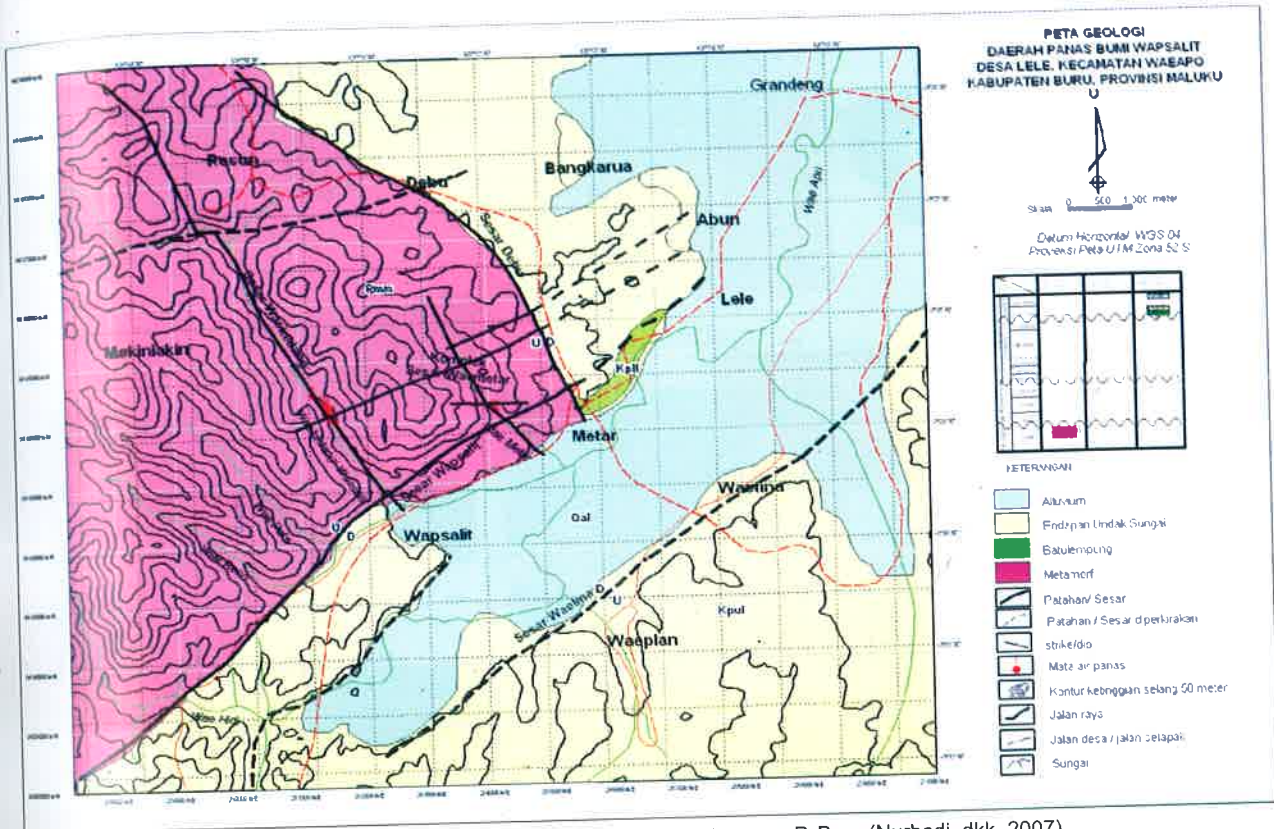
Supramono (1974) "Inventarisasi kenampakan gejala panas bumi di daerah Maluku Utara (P. Makian, P. Tidore, P. Halmahera), daerah Gorontalo dan Kepulauan Sangihe Talaut (Sulawesi Utara)

S. Tjokrosapoetro, T. Budhitriska, E. Rusmana (1993). "Geologi Regional Lembar Buru, Maluku, skala 1: 250.000, P3G

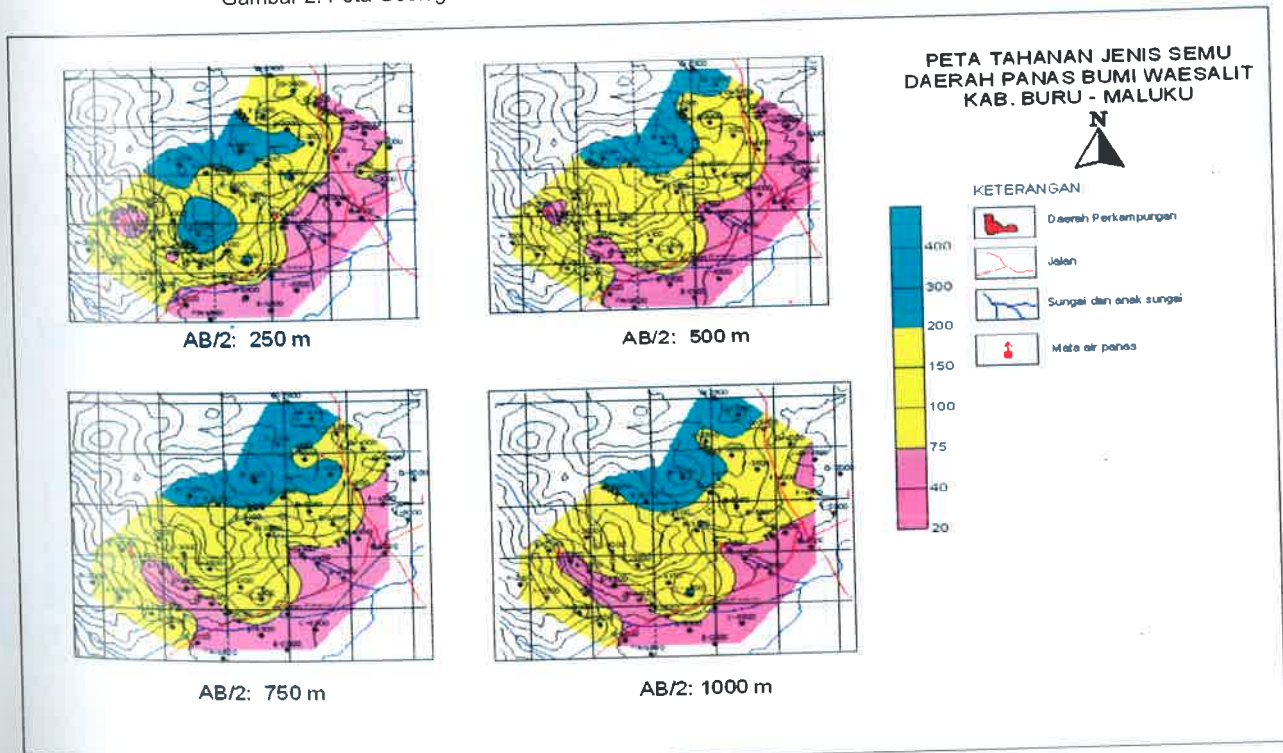
Zarkasi, Edi S; dan Asep, S., 2007, Penyelidikan Geolistrik dan Head - On Didaerah Panas Bumi Wapsalit, Kab. Buru, Prop. Maluku. Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007; PMG



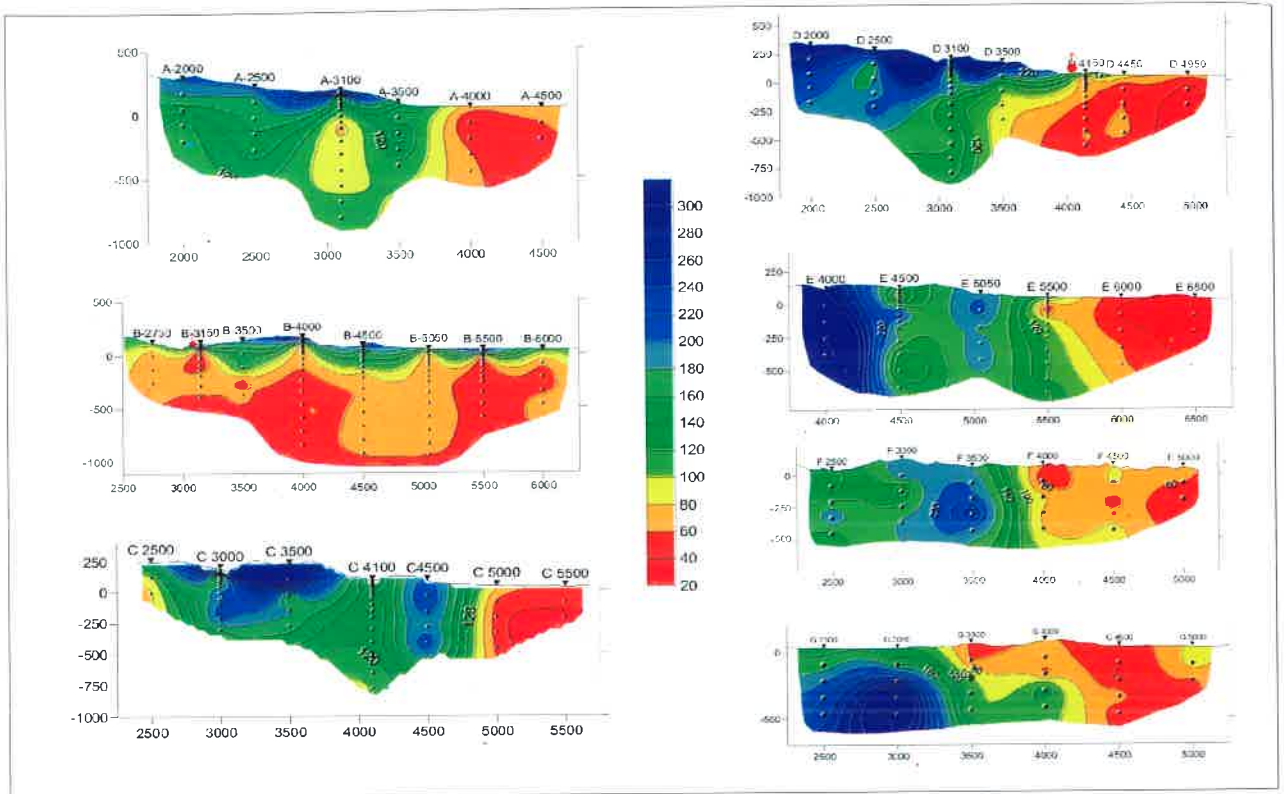
Gambar 1 Peta Lokasi Daerah Waesalit



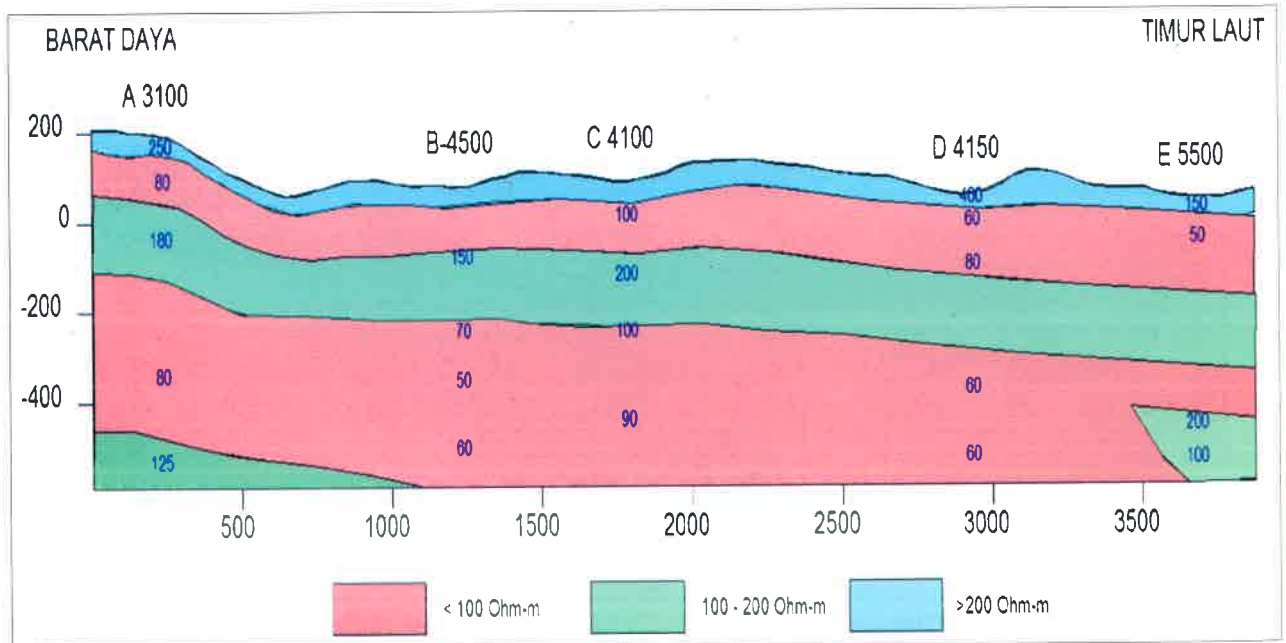
Gambar 2. Peta Geologi Daerah Waesalit dan sekitarnya - P. Buru (Nurhadi, dkk, 2007)



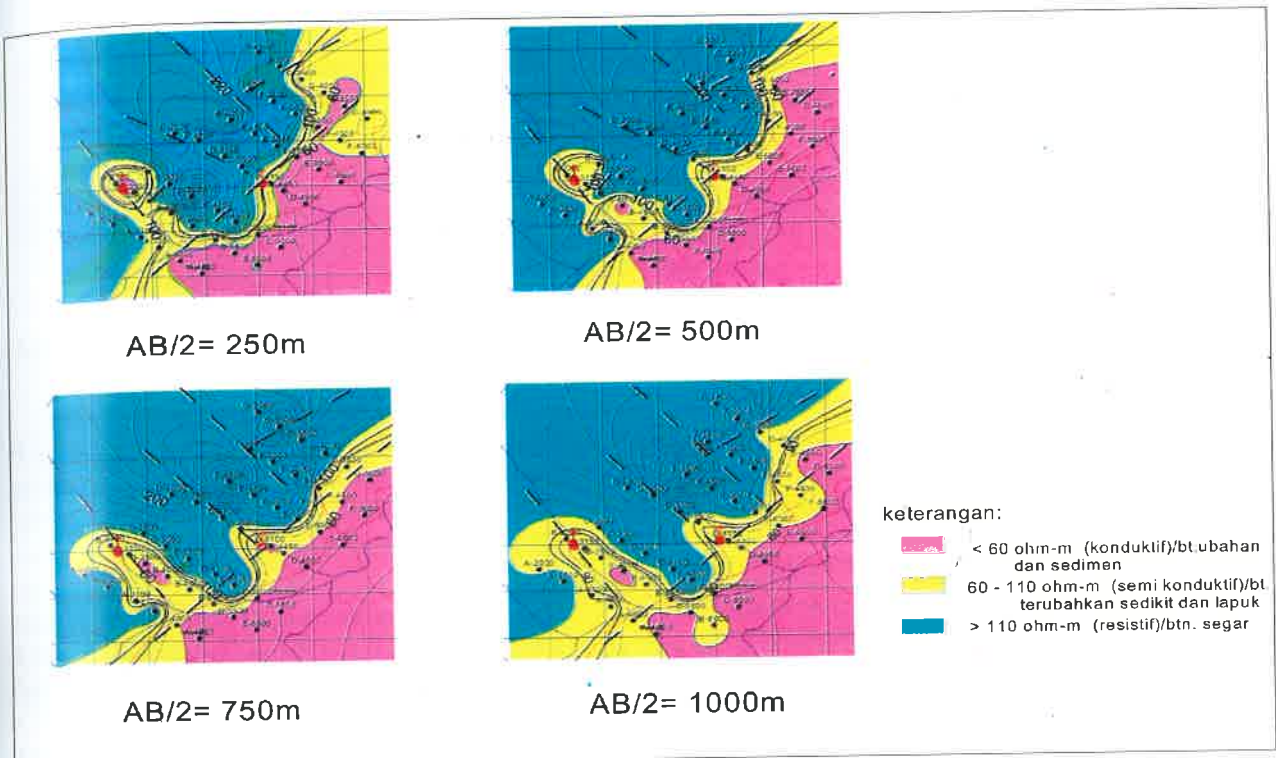
Gambar 3. Peta tahanan jenis semu AB/2:250; 500; 750; 1000 m (Zarkasi, dkk2007)



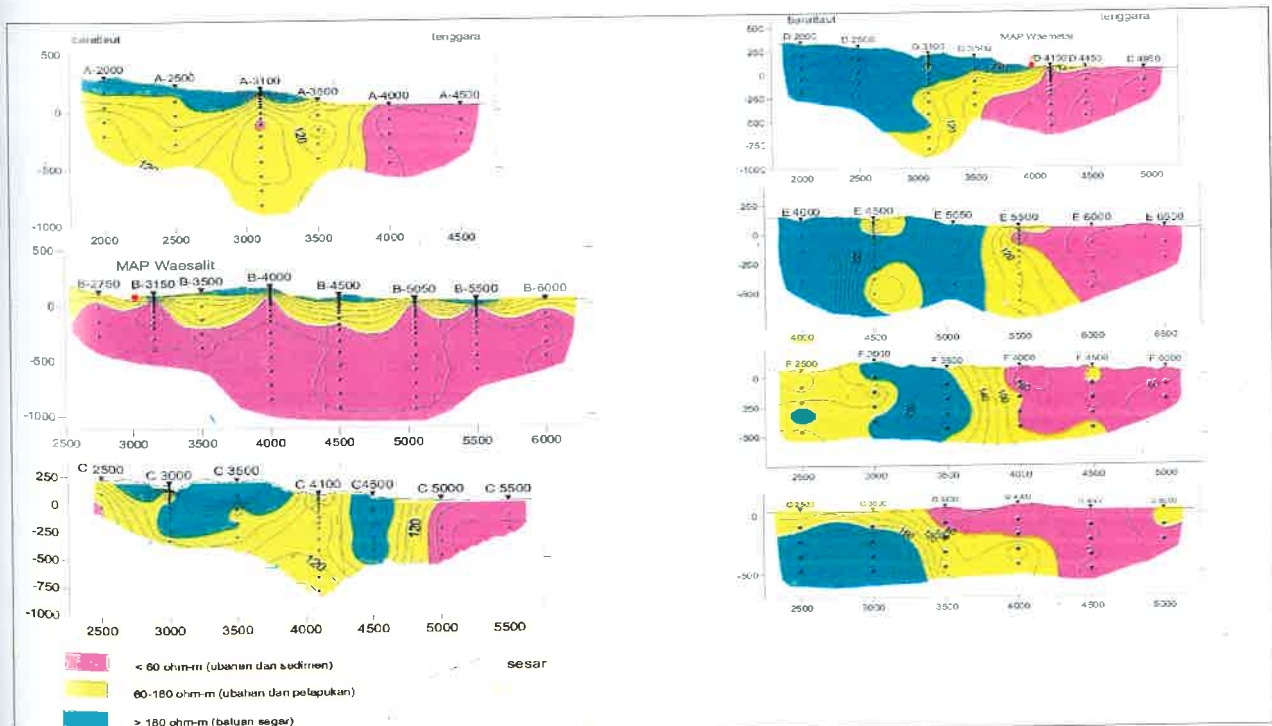
Gambar 4 : Penampang tahanan jenis semu (Zarkasi, dkk 2007)



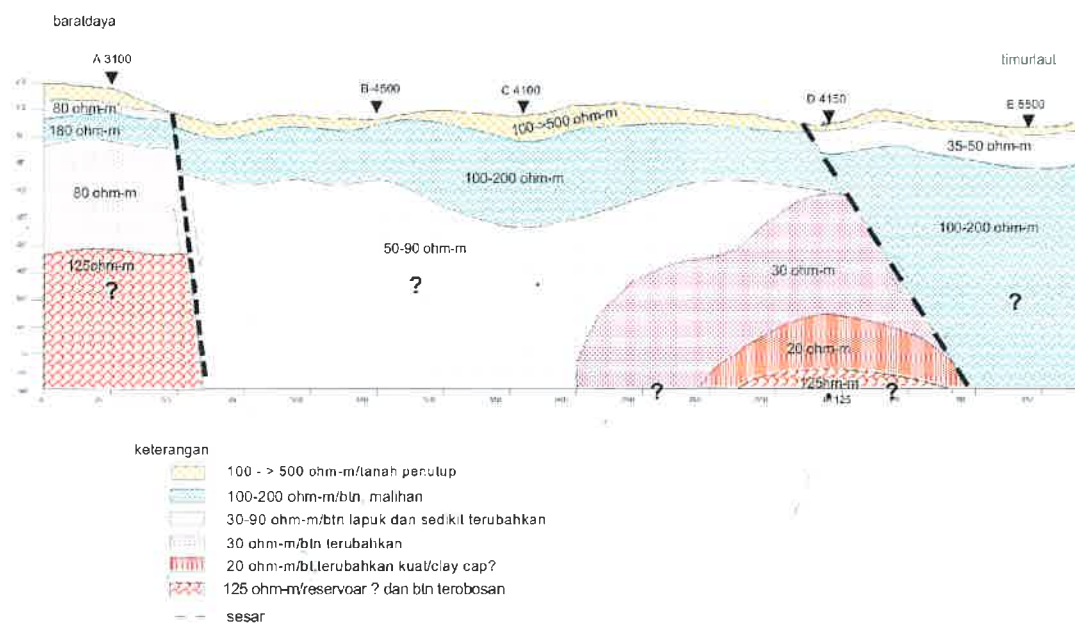
Gambar 4 : Penampang tahanan jenis sebenarnya (Zarkasi, dkk 2007)



Gambar 6 : Peta re-interpretasi tahanan jenis semu (modifikasi dari Zarkasi 2007)



Gambar7 : Penampang re-interpretasi tahanan jenis semu (modifikasi dari Zarkasi dd. 2007)



Gambar 8 : Penampang re-interpretasi tahanan jenis sebenarnya