

Investigasi Potensi Agregat Geoteknik Dengan Metode Geolistrik

(Investigation of Potential Geotechnical Aggregate With Using Geoelectrical Methods)

Muhammad Rusli¹

¹ KBK Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah

Abstract

Geotechnical Aggregate are rocks that can be used as material for a wide range of construction engineering purposes. The need for geotechnical aggregates increased along with the rapid development. Required sources of aggregate qualified engineering was good, close to the project site and has large reserves. This research will be carried out an investigation to get to the source of geotechnical aggregate surveying of Geology and Geophysics measurements. Geophysical measurement is working by using of Geoelectric methods with Schlumberger configuration. Geological survey result obtained is that the material consists of geotechnical aggregate are Q_{TV} , Q_{IV} and T_{MV} , composition form clastica volcanic rocks, breccias, lava, tuff andesite to basalt. Result of Geoelectric measurements showed that the potential for geotechnical aggregate form Alluvial rocks having resistivity values between 2-20 ohm meter, whereas the geotechnical aggregate form intrusive rocks is 30-80 ohm meter. Resource potential Probable amounted to 5,742,453 m³.

Keywords: Agregat geoteknik, Geolistrik, Schlumberger, Resource.

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan prasarana jalan yang baik merupakan sesuatu yang diharapkan oleh masyarakat dan merupakan faktor penunjang lancarnya perekonomian. Mengingat kondisi sarana jalan yang ada saat ini banyak kerusakan baik diakibatkan faktor alam, maupun faktor manusia dalam hal ini kendaraan sehingga perlu diadakan perbaikan dan peningkatan guna memenuhi kebutuhan lalu lintas yang makin tinggi. Di dalam proses perencanaan sebagai pedoman untuk pelaksanaan perlu diperhatikan faktor-faktor, seperti kenyamanan, keamanan, lingkungan serta faktor lain yang mendukung perencanaan lebih matang dan terencana. Metode geolistrik hambatan jenis merupakan metode geolistrik yang mempelajari sifat hambatan jenis dari lapisan batuan di dalam bumi (Telford dkk, 1990)

Prinsip dasar metode ini adalah menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui elektroda arus dan mengukur harga

potensial yang dihasilkan melalui elektroda potensial. Dengan menganalisis responnya berupa penampang citra resistivitas/hambatan jenis dari struktur per lapisan bawah permukaan, peneliti dapat menginterpretasi jenis tanah/batuan di daerah tersebut.

Tinjauan Pustaka

Agregat Geoteknik

Batuan dalam penggunaannya di pekerjaan teknik sipil, dapat dibedakan menjadi dua : (1) Geologis: batuan sebagai mineral, yang terbentuk melalui proses terbentuknya batuan. (2) Geoteknik: batuan sebagai mineral yang di atasnya, di dalamnya, atau dengannya dapat dibangun berbagai macam konstruksi sipil.

Agrerat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu agrerat yang berasal dari alam dan agrerat buatan (*artificial aggregates*), contoh agregat yang berasal dari alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan contoh agrerat buatan adalah agrerat yang berasal dari *stone crusher*. Hasil residu terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pecahan genteng, pecahan beton. *Fly ash* dari residu PLTU, *extended shale*, *expanded slag* dan lainnya.

* Korespondensi Penulis: (Muhammad Rusli) KBK Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Tadulako, Jl. Soekarno - Hatta km 9, Palu, Sulawesi Tengah. E-mail: Rusli8998@yahoo.com HP. 081326991007

adalah untuk menghasilkan agrerat dengan mutu tinggi dan dengan biaya rendah. Pengolahan agrerat alam meliputi penggalian (*excavating*), pengangkutan (*hauling*), pencucian, pemecahan (*erishing*) dan penentuan ukuran.

1. Jenis agrerat berdasarkan berat, Ada tiga jenis agrerat berdasarkan beratnya, yaitu agrerat normal, agrerat ringan, dan agrerat berat.
2. Jenis agrerat berdasarkan bentuk. Klasifikasi agrerat berdasarkan bentuknya (ASTM D-3398), yaitu agrerat bulat, agrerat bulat sebagian atau tidak teratur, agrerat bersudut, agrerat panjang, agrerat pipih, dan agrerat panjang dan pipih.
3. Jenis agrerat berdasarkan tekstur permukaan umumnya agrerat di bedakan menjadi kasar, agak kasar, licin dan agak licin. Berdasarkan pemeriksaan visual, tekstur agrerat dapat dibedakan menjadi sangat halus (*glassy*), halus, glanular, kasar, berkristal (*crystalline*), berpori, dan berlubang-lubang.
4. Jenis agrerat berdasarkan ukuran butir nominal dari ukurannya, agrerat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agrerat kasar dan agrerat halus (Ulasan PB 1998:9).
 - a) Agrerat halus ialah yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS 12,1976)
 - b) Agrerat kasar ialah agrerat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8mm (SII.0052, 1980) atau 4,75mm (ASTM C33,1982) atau 5,0 mm (BS 12,1976)
5. Jenis agrerat berdasarkan gradasi Gradasi agrerat ialah distribusi dari ukuran agrerat. Distribusi dari ukuran agrerat ini bervariasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu, gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*consinmous grade*) dan gradasi seragam (*uniform grade*).

Sifat Kelistrikan Batuan

Konduktivitas batuan di dekat permukaan bumi kebanyakan ditentukan oleh jumlah distribusi elektrolit pada batuan berpori. Di

bawah lapisan sedimen dan bagian bawahnya, tekanan begitu besarnya sehingga pori-pori tertutup dan hanya konduktivitas batuan keraslah yang membawa arus listrik. Konduktivitas batuan beku dan metamorf lebih rendah dari rata-rata formasi sedimen. hambatan jenis batuan berhubungan langsung dengan porositas dan tekstur batuan. Hubungan antara hambatan jenis dengan porositas batuan pertama kali diusulkan oleh *Archie*. Pada persamaan *Archie* I merupakan faktor hubungan hambatan jenis batuan ρ dengan porositas ϕ (dinyatakan sebagai fraksi per satuan volume batuan) yang terisi penuh oleh air pori :

$$\rho = a\rho_w\phi^{-m} \quad (1)$$

Dengan ρ adalah hambatan jenis batuan yang terukur, ρ_w hambatan jenis air pengisi pori yang diukur dari air formasi atau dihitung. a konstanta yang mencirikan jenis karakter batuan (tekstur, bentuk dan lain-lain), sedangkan m adalah konstanta yang mencirikan karakter sementasi. Beberapa harga resistivitas batuan yang umum seperti yang dicantumkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Harga hambatan spesifik listrik dari lapisan (Sosrodarsono, 1983)

Lapisan	Hambatan jenis (Ω m)
Air Permukaan	80 – 200
Air Tanah	30 – 100
Alluvium –Dilluvium	
Silt-Lempung	10 – 200
asir dan kerikil	1 – 1.000
Lempung	100
Neo-tersier	
Batu Lempung	10 – 1.000
Batu Pasir	50 – 500
Konglomerat	100 – 500
Kelompok andesit	100 – 2.000
Diorit	$10^4 – 10^5$
Granit	$100 – 10^6$

Hubungan antara hambatan jenis dalam Persamaan 1 direfleksikan dengan besar faktor formasi (F), yaitu

$$F = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{a}{\phi^{-m}} \quad (2)$$

Faktor formasi berefleksi sebagai porositas pada batuan sedimen maupun batuan beku. Pengukuran hambatan jenis ρ bawah permukaan dapat dilakukan langsung di lapangan, sedangkan hambatan jenis air pengisi pori ρ_w , selain dapat diukur langsung dan dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\rho_w = \frac{10000}{DHL} \quad (3)$$

Dengan *DHL* adalah daya hantar listrik yang dinyatakan dalam mikroSiemen (μS). Dari kedua besaran tersebut dapat dihitung nilai faktor formasi (*F*) dengan menggunakan persamaan 2. Beberapa kesimpulan nilai faktor formasi dari beberapa studi hidrologi yang diperoleh Boehmer (Taib dalam Musa, 2004), seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut :

Tabel 2. Klasifikasi pendugaan faktor formasi untuk batuan sedimen (Santoso, 2002)

F	Formasi	Aquiver/Aquiclude
≤ 1	Clay	Aquiclude
1-1,5	Peat, clayey	Aquiclude
2	Silt - Fine	Poor to medium
3	Medium sand	Medium to produktif aquiver
4	Coarse sand	Produktif aquiver
5	Gravel	Highly produktif aquiver

Tabel 3. Klasifikasi pendugaan faktor formasi untuk batuan vulkanik dan beku (Santoso, 2002)

Formasi	Permeable/ Impermeable	F	Permeable / Impermeable
Tuffa gunung api	Impermeable	$1 < F < 4$	Permeable
Basalt rekahan	Permeable	$5 < F < 15$	Solid
Breksi	Permeable	$3 < F < 7$ > 10	Permeable Impermeable(Solid)
Batu gamping coral	Permeable	$3 < F < 10$	Solid
Tuffa gunung api	Impermeable	$1 < F < 4$	Permeable
Basalt rekahan	Permeable	$5 < F < 15$	Solid

Hambatan jenis batuan berkurang dengan bertambahnya kandungan air. Pada batuan jenuh sempurna, kandungan air sama dengan porositas dan ketakjenuhan pada batuan tak jenuh sebagian akan mempengaruhi tahanan jenis batuan tersebut. Jenis batuan yang dapat bertindak sebagai lapisan pembawa air (*aquifer*) mempunyai harga hambatan jenis yang sangat bervariasi yang ditentukan oleh beberapa faktor, seperti : jenis material, ukuran, densitas, porositas dan bentuk pori-pori batuan, kandungan air, kualitas air dan suhu. Dengan demikian ada ketidakpastian harga hambatan jenis untuk setiap macam batuan (Telfrod dkk, 1990).

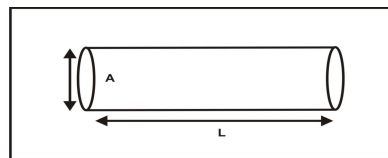
Penurunan potensial yang terukur di permukaan bumi akibat injeksi sumber arus mengikuti asumsi bahwa bumi tersusun oleh lapisan-lapisan dalam medium homogen isotropis (Telfrod dkk, 1990). Apabila bumi di aliri arus searah *I* (diberi medan listrik *E*), maka besar elemen arus *I* yang melalui elemen luas permukaan *A* dengan kerapatan arus listrik *J* adalah :

$$I = J.A \quad (4)$$

Hubungan rapat arus *J* dan medan listrik *E* yang ditimbulkan bila dihubungkan dengan hukum ohm, dapat dirumuskan sebagai berikut yaitu :

$$J = \sigma E \quad (5)$$

Untuk silinder konduktor dengan panjang *L* dengan luas penampang *A* :



Gambar 1. Penampang silinder konduktor

Medan listrik *E* yang ditimbulkan oleh beda tegangan *V* dirumuskan : $E = \frac{V}{L}$, tahanan yang muncul dirumuskan dengan :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (6)$$

Dari persamaan (6), diperoleh persamaan resistivitas yaitu :

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{A}{L} \quad (7)$$

Jadi besar resistivitas akan berbanding langsung dengan beda tegangan ΔV , luas penampang A , dan berbanding terbalik dengan panjang L . Dengan demikian dapat ditulis relasi $I = \sigma A \frac{\Delta V}{L}$, dengan $\sigma = \frac{1}{\rho}$

adalah daya hantar jenis bahan yang bersangkutan. Jika dihubungkan dengan hambatan jenis bahan, maka persamaan tersebut menjadi :

$$I = A \frac{\Delta V}{\rho L} \quad (8)$$

Arus listrik yang menembus permukaan bola berongga yang luasnya A , tebalnya dr , dan beda tegangan dV antara bagian luar dan dalam adalah :

$$I = - \frac{A}{\rho} \frac{dV}{dr} \quad (9)$$

Jika sumber arus berada di permukaan bumi, maka permukaan yang dilalui arus I adalah permukaan setengah bola. Karena luas setengah bola $A = 2\pi r^2$, maka arus I menjadi :

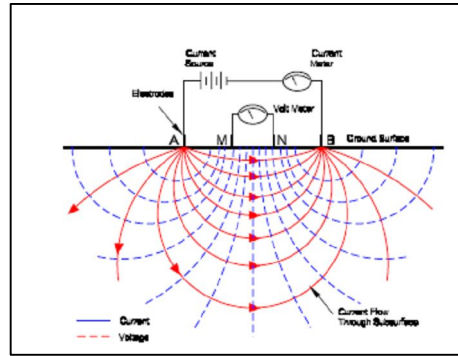
$$I = - \frac{2\pi r^2}{\rho} \frac{dV}{dr} \quad \text{atau} \quad dV = - \frac{\rho I}{2\pi r^2} dr \quad (10)$$

$$\int dV = \int_0^r \frac{\rho I}{2\pi r^2} dr \quad \text{sehingga} \quad V = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (11)$$

Dari Persamaan 11 menjadi :

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I}$$

Penggunaan metode geolistrik hambatan jenis secara umum, yaitu dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, dan mengukur beda potensial melalui dua elektroda potensial. Pada penerapan praktis, arus yang berlawanan polaritasnya diinjeksikan pada dua elektroda (A dan B) dan mengukur respon potensial. Pada penerapan di lapangan, pengukuran dengan metode geolistrik hambatan jenis menggunakan 2 elektroda arus (A dan B) dan 2 elektroda potensial (M dan N).



Gambar 2. Bentuk susunan elektroda pada survey geolistrik hambatan jenis

Berdasarkan Persamaan 12, diperoleh :

$$V(M) = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad (13)$$

$$V(N) = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad (14)$$

Sehingga beda potensial antara M dan N adalah:

$$\Delta V = V(M) - V(N)$$

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right\} \quad (15)$$

Dari Persamaan 15 faktor geometris K , dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$K = \frac{2\pi}{(1/AM - 1/BM - 1/AN + 1/BN)} \quad (16)$$

Dimana hambatan jenisnya :

$$\rho = \frac{2\pi}{(1/AM - 1/BM - 1/AN + 1/BN)} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (17)$$

Teknik Pengambilan Data Geolistrik

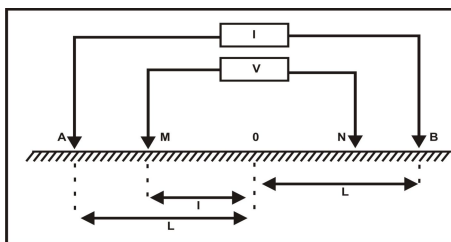
Prinsip metoda geolistrik adalah pengukuran respon terhadap arus listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi. Respon berupa potensial dapat mencerminkan distribusi sifat fisis (tahanan jenis) bawah permukaan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua pasang elektroda yang masing-masing berfungsi sebagai elektroda arus (A, B) dan elektroda potensial (M, N).

Metode pengukuran ini menggunakan beberapa macam konfigurasi/posisi elektroda, diantara konfigurasi *Wenner Mapping* dan *konfigurasi Schlumberger*. Pada

konfigurasi *Wenner Mapping*, jarak antara elektroda adalah sama ($r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r$). Hambatan jenis medium (ρ) dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\rho = 2\pi r \frac{\Delta V}{I} \quad (18)$$

Metoda geolistrik hambatan jenis didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Tetapi pada kenyataannya, bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan hambatan jenis yang berbeda-beda. Dengan demikian tahanan jenis yang terukur merupakan campuran dari berbagai hambatan jenis lapisan-lapisan batuan baik secara lateral maupun vertical, yang disebut hambatan jenis semu (*apparent resistivity*), ρ_a . Hambatan jenis semu merupakan hambatan jenis dari suatu medium fiktif homogen isotropis yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Untuk mendapatkan nilai dari tahanan jenis sebenarnya, maka dilakukan teknik inversi dengan menggunakan *software IPWin* dan *Progress*. Model 2D yang dihasilkan dari *software* akan dikorelasikan dengan data geologi setempat. Konfigurasi *Schlumberger*. Pada konfigurasi ini elektroda arus dan elektroda potensial di letakkan seperti Gambar 3, di bawah ini :



Gambar 3. Konfigurasi elektroda *schlumberger* (Santoso, 2002)

Metode ini digunakan untuk penyelidikan perubahan resistivitas bawah permukaan arah vertikal. Pada titik ukur yang tetap, jarak elektroda arus dan tegangan diubah/divariasi. Metode yang umum digunakan antara lain *Vertical Electrical Sounding* (VES). Teknik pengukurannya adalah pengaturan elektroda dilakukan dengan jarak spasi elektroda diubah-ubah secara graduil untuk titik yang diamati, sedangkan elektroda potensial (M dan N)

dibuat tetap. Dalam hal ini semakin besar jarak elektroda maka arus yang di injeksikan semakin dalam hingga semua lokasi pengukuran terlingkupi. Dimana hambatan jenisnya diberikan oleh Persamaan :

$$\rho = \frac{\pi(L^2 - l^2) \Delta V}{2I} = K \frac{\Delta V}{I} \quad (19)$$

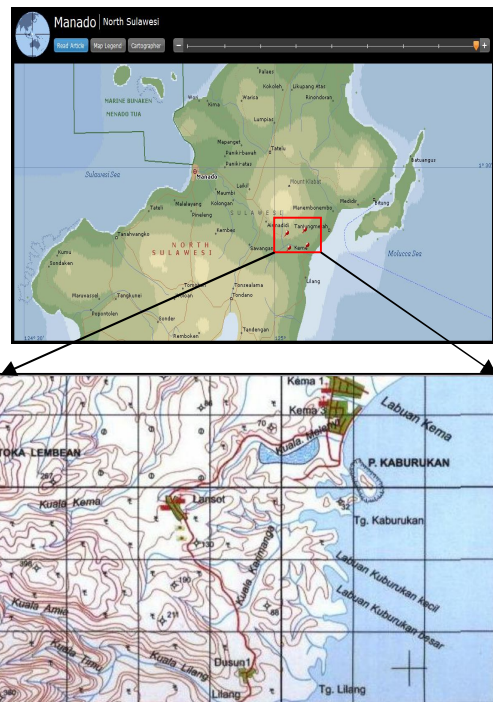
Dengan K adalah faktor geometri

$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \quad (20)$$

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Langsot Kecamatan Kema Provinsi Sulawesi Utara dengan posisi geografis Lintang $1,36^\circ\text{N} - 1,407^\circ\text{N}$ dan Bujur $125,025^\circ\text{E} - 125,065^\circ\text{E}$. Adapun peta lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Peta lokasi penelitian

Peralatan

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini :

1. Satu set alat ukur geolistrik tahanan jenis, yang terdiri dari :
 - a. Satu unit instrumen resistivity meter
 - b. 4 buah gulungan kabel penghubung

- c. 2 buah kabel *multichanel*
 - d. Sumber arus DC 2 x 12 volt/7 A
 - e. 1 buah *switch multi chanel*
 - f. 21 patok elektroda besi
2. GPS (*Global Positioning System*), berfungsi untuk menentukan koordinat posisi titik-titik ukur dan ketinggian tempat di atas permukaan bumi.
 3. Konduktivimeter untuk mengukur Daya Hantar Listrik (DHL) air.
 4. Kompas, untuk menentukan arah bentangan dan lintasan pengukuran geolistrik.
 5. Rollmeter (meteran), berfungsi untuk mengukur panjang lintasan yang akan di ukur.
 6. Palu, berfungsi untuk memukul patok elektroda potensial dan elektroda arus ke dalam tanah.

Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data meliputi:

1. Survei Pendahuluan
2. Data Sekunder, berupa Peta geologi dan Peta rupa bumi

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung faktor geometri (K) dari hasil pengukuran dengan menggunakan Persamaan 20.
2. Menghitung hambatan jenis dari hasil pengukuran dengan menggunakan Persamaan 19.
3. Berdasarkan Persamaan 19, diperoleh hasil pengukuran hambatan jenis kemudian diinversikan dengan program IP2WIN dan PROGRESS. Hasil dari program tersebut, diperoleh berbagai variasi nilai hambatan jenis dan kedalaman/ketebalan lapisan tiap titik duga. Dengan cara ini, maka keadaan lapisan-lapisan batuan di bawah permukaan dapat ditafsirkan. Dengan menyusun hasil pengukuran dari berbagai titik duga, maka dikorelasikan dalam bentuk penampang hambatan jenis sesuai keadaan lapisan bawah permukaan hasil titik duga.
4. Untuk memperoleh hasil sebaran agregat geoteknik dalam bentuk 3D maka digunakan *Software Rockware*.



Gambar 5. Skema pengukuran geolistrik

3. Hasil Penelitian

Survey Geologi

Adapun potensi agregat geoteknik didaerah penelitian dapat dijumpai pada formasi/satuan batuan sebagai berikut:

1. Tufa Tondano;

Terdiri atas batuan klastika kasar gunungapi terutama berkomposisi Andesit, tersusun dari komponen menyudut hingga menyudut tanggung, tercirikan oleh banyak pecahan batuapung, batuapung lapili, breksi, ignimbrit sangat padat, berstruktur aliran. Batuan membentuk punggungan yang menggelombang rendah. Aliran lava berkomposisi andesit trakhit, terdapat di daerah Gunung Tanuwantik (Qtvl). Tuf bersifat trakhit yang sangat lapuk, berwarna putih hingga kelabu kekuningan, terdapat di dekat Popontelan dan Sungai Seinegkeian. Di daerah pantai antar Paslaten dan Sondake, satuan ini juga membentuk punggungan menggelombang rendah. Endapan pirokalstika ini diperkirakan berasal dari dan terjadi sebagai hasil letusan hebat pada waktu pembentukan kaldera Tondano.

2. Batuan Gunungapi

Terdiri dari breksi, lava dan tuf. Aliran lava pada umumnya berkomposisi andesit sampai basal. Breksi berbutir sangat kasar, berkomposisi andesit, sebagian bersifat konglomerat, mengandung sisipan tuf, batupasir, batulempung dan lensa batugamping. Fosil Foraminifera kecil ditemukan dalam lempung napalan. Di daerah Molobok – Nuangan, sepanjang

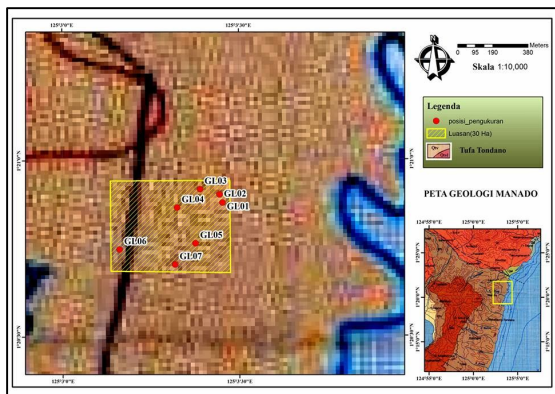
pantai tenggara diantara batuan gunungapi ada yang terkarsikan dan mengandung barik-barik kuarsa halus berwarna coklat kemerahan. Mineralisasi termasuk emas dan perak terdapat dalam urat kuarsa.

3. Aluvium;

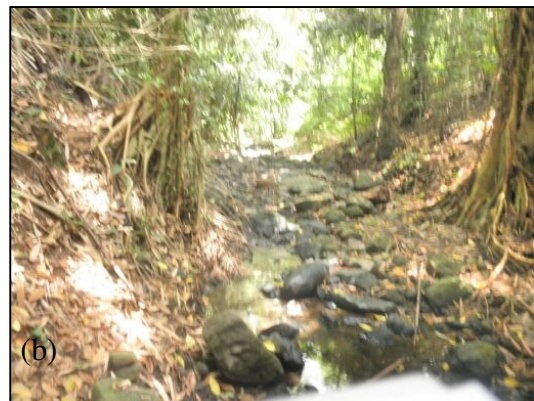
Terdiri dari batuan Bongkah, Kerakal, kerikil, pasir dan lumpur.

4. Batuan Gunungapi Muda;

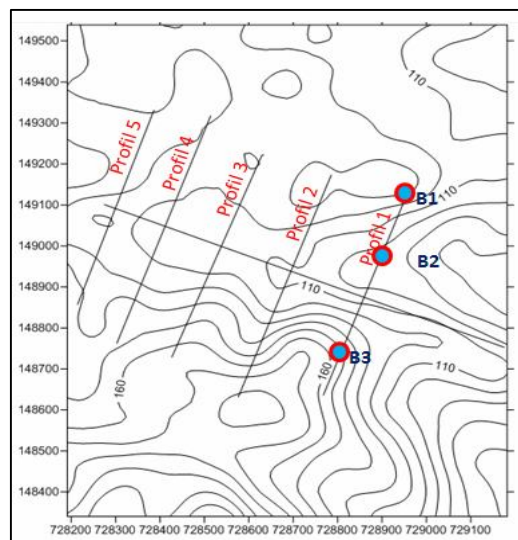
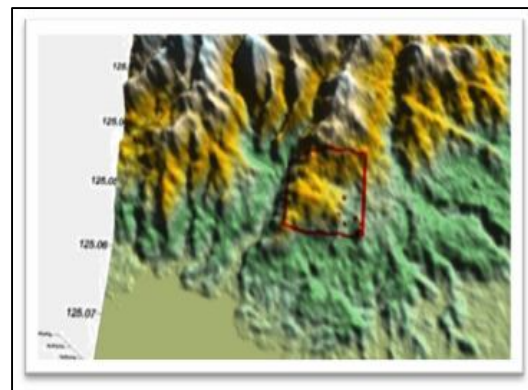
Terdiri atas: Lava, bom, lapili dan abu, membentuk gunungapi strato muda antara lain, Gunung Soputan, Gunung Mahawu, Gunung Lokok, Gunung Klabat, Gunung Tongkoko, lava yang dikeluarkan oleh Gunung Soputan dan Gunung Lokon terutama berkomposisi basal, sedangkan Gunung Mahawu dan Gunung Tongkoko berkomposisi andesit, Di Tataaran dan kiawa terdapat aliran lava obsidian, yang mungkin masing-masing berasal dari Gunung Tompusu dan Gunung Lengkoan.



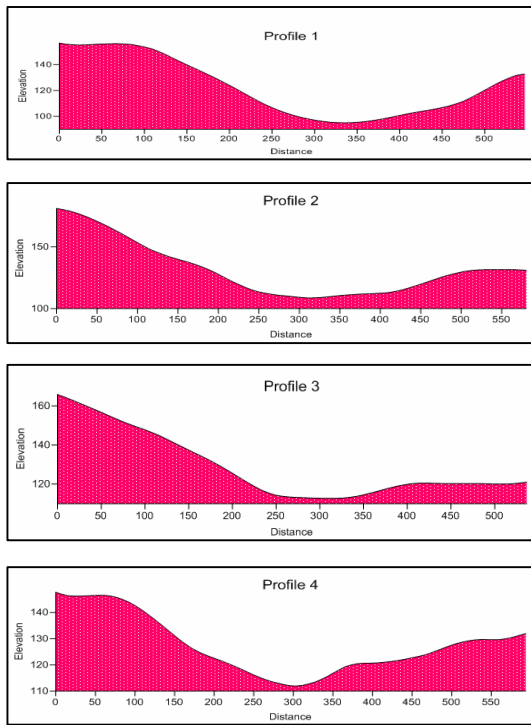
Gambar 5. Peta geologi Desa Langsot



Gambar 6. Singkapan batuan: (a) puncak bukit, (b) sungai yang dijadikan sebagai sumber agregat



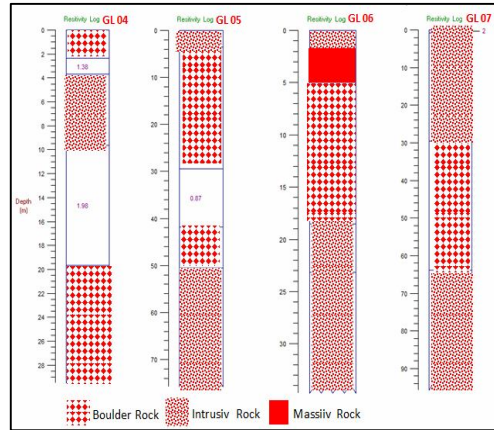
Gambar 7. Kondisi Topografi Desa Langsot 3D dan 2D



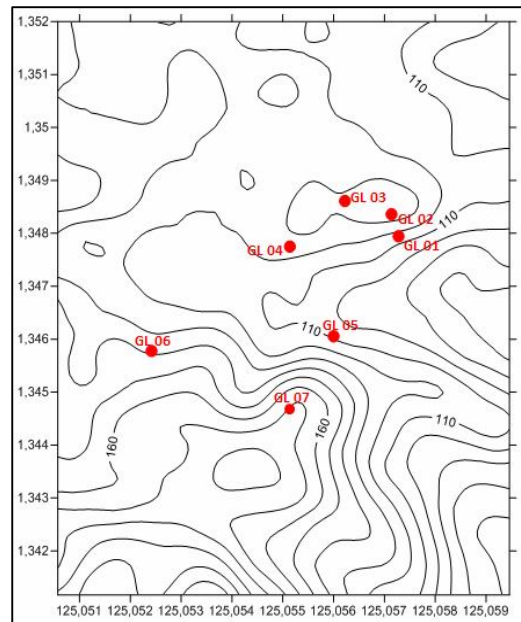
Gambar 8. Profil melintang lokasi penelitian

Pengukuran Geolistrik

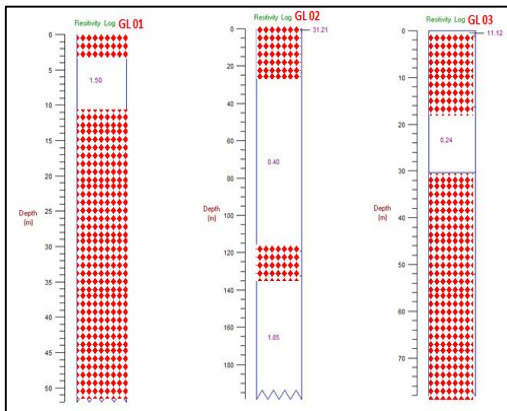
Pengukuran geolistrik dilakukan pada 7 titik point dengan nama stasiun GL1, GL2, GL3, GL4, GL5, GL6, dan GL7. Nilai resistivitas hasil pengukuran berada pada range 0,24 ohm meter hingga 405 ohm meter. Potensi agregat geoteknik berupa batuan Alluvial mempunyai nilai resistivitas antara 2 – 20 ohm meter, sedangkan agregat geoteknik berupa batuan intrusi adalah 30 – 80 ohm meter. Lokasi dan hasil pengukuran Geolistrik dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Log resistivitas hasil pengukuran Geolistrik

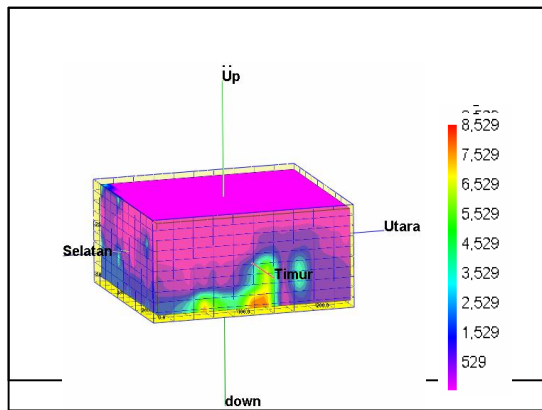


Gambar 10. Peta titik point pengukuran Geolistrik



Besarnya Volume Agregat Geoteknik

Dalam penghitungan volume agregat *quarry* (batuan) dibatasi pada luasan area yang teramati, yaitu area yang dibatasi oleh titik P1 (125,0583;1,349236), P2 (125,0565;1,342404), P3 (125,0508; 1,34498) dan P4 (125,0509;1,34931) seperti yang diperlihatkan pada area yang diarsir pada peta. Luas total area tersebut adalah 478.967,8476 m². Volume kandungan batuan pada lokasi penelitian yaitu: (1) Area 1: 2.123.061 m³, (2) Area 2: 2.064.255 m³, (3) Area 3: 1.555.137 m³. Total volume kandungan batuan: 5.742.453 m³.



Gambar 11. Model 3D potensi agregat geoteknik di Desa Langsot

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan pembahasan sebagai berikut:

1. Material batuan secara geologi terdiri atas Q_{tv} , Q_{tvI} dan T_{mv} , yang terdiri atas batuan klastika gunungapi, breksi, lava, tuf berkomposisi andesit sampai basal.
2. Morfologi daerah survey merupakan area bergelombang dengan ketinggian mencapai 250 m (dpl). Permukaan tanah lapisan penutup relatif tebal. Pada area sebelah utara sedikit terdapat singkapan pada bagian permukaan. Terdapat sungai kecil yang mengalir membelah lokasi ini. Kecenderungan potensi material batuan mengarah ke area sebelah selatan.
3. Indikasi Volume Potensi material batuan pada daerah telitian sebesar $5.742.453 \text{ m}^3$

Daftar Pustaka

- Bakosurtanal, 1991, Peta Rupabumi Indonesia Lembar Bitun (skala 1 : 50.000), Cibinong – Bogor.
- Santoso, Djoko., 2002, Pengantar Teknik Geofisika, ITB, Bandung.
- Griffiths D.H. and Barker R.D. 1993, *Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology*, *Journal of Applied Geophysics*, 29, 211-226.
- Loke, M. H., 1999, *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A practical to 2-D and 3-D Surveys*, Penang, Malaysia.
- Musa, Dahlan Th., 2004, Pemetaan Sebaran *Aquifer* di bagian Timur Cekungan Air Tanah (CAT) Gorontalo Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis, Tesis ITB, Bandung.
- Reynolds, J. M., 1997, *An Introduction to Applied And Evironmental Geophysics*, John Willey and Sons.
- Taib, M. I. T., 2000, Diktat Kuliah : Eksplorasi Geolistrik, Departeman Teknik Geofisika ITB, Bandung.
- Telford, W. M. Sheriff, R. E., & Geldart, L. P., 1990, *Applied Geophysics, 2nd Edition*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Zhdanov, M.S and G.V. Keller, 1993, *The Geoelectrical Method in Geophysical Exploration*, Elsevier, Amsterdam.