

Bidang Fokus/Unggulan): Manajemen Penanggulangan
Kebencanaan dan Lingkungan**

Fakultas: MIPA

**LAPORAN AKHIR
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT**



**PEMANFAATAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS DAN
SPEKTROSKOPI SINAR X UNTUK PEMETAAN POTENSI BATUAN GALIAN C
DI DAERAH MINAHASA UTARA, PROPINSI SULAWESI UTARA**

Tim Pengusul

Ketua	: Dr. Gerald Hendrik Tamuntuan, S.Si., M.Si.	NIP. 197105062000031001
Anggota I	: Drs. Adey Tanauma, M.Si.	NIP. 131466253
Anggota II	: Drs. Herling Tangkuman, M.Si.	NIP. 196210181988031002

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

OKTOBER 2019

Dibiayai oleh:
Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Sam Ratulangi
Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi
Nomor: SP DIPA - 042.01.2.400959/2019 tanggal 5 Desember 2018



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI**

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat : Kampus UNSRAT Manado

Telp : (0431) 827560, Fax. (0431) 827560

Email : lppm@unsrat.ac.id Laman : http://lppm.unsrat.ac.id

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
RTUU**

Judul Kegiatan Pemanfaatan Metode Geolistrik Resistivitas dan Spektroskopi Sinar X Untuk Pemetaan Potensi Batuan Galian C Di Daerah Minahasa Utara, Propinsi Sulawesi Utara

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : GERALD HENDRIK TAMUNTUAN
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
NIP/NIK : 197105062000031001
NIDN : 0006057102
Jab. Fungsional : Lektor Kepala
Unit Kerja : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Nomor HP :
Alamat Email : gtamuntuan@gmail.com
Usulan Biaya : 60.000.000
Biaya Maksimum : 51.000.000
Lama Penelitian : 6 bulan

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : ADEY TANAUMA
NIP : 196010131985031005
NIDN : 0013106006
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : HERLING DAUD TANGKUMAN
NIP : 196210181988031002
NIDN : 0018106207
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi



Prof. Dr. Benny Pongtoan, M.Sc.
NIP 196806041995121001

Manado, 16 Oktober 2019

Ketua Peneliti

GERALD HENDRIK TAMUNTUAN
NIP 197105062000031001

Menyetujui

Ketua LPPM Universitas Sam Ratulangi

Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS.
NIP 195910181986031002

RINGKASAN

Pesatnya pembangunan infrastruktur di wilayah Kabupaten Minahasa Utara Propinsi Sulawesi Utara seperti jalan tol, bendungan, serta perencanaan jalur kereta api membutuhkan material dasar seperti batu dan pasir dalam volume yang besar. Kebutuhan material batu sebagai bahan tambang/galian tipe C harus memenuhi kriteria tingkat kekerasan dan kepadatan tertentu. Kriteria ini umumnya dimiliki oleh batuan intrusi plutonik, yaitu batuan yang terbentuk dibawah permukaan tanah. Minahasa Utara merupakan daerah vulkanik yang seharusnya memiliki banyak zona intrusi. Secara geologis jenis batuan di daerah ini didominasi oleh batuan andesit yang baik untuk dimanfaatkan sebagai material dasar infrastruktur jalan maupun bangunan. Namun demikian, investigasi bawah permukaan bumi untuk pemetaan potensi batuan intrusi jenis andesit sebagai bahan tambang/galian tipe C di daerah ini hampir tidak ditemukan. Padahal selain memiliki prospek ekonomis, keberadaan peta potensi sumber daya batuan tersebut dapat mencegah terjadinya penambangan yang tidak terarah sehingga berdampak pada perombakan lingkungan yang bisa menimbulkan bencana.

Untuk itu telah dilakukan pemetaan potensi batuan galian C di wilayah Minahasa Utara dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas serta spektroskopi sinar x dalam hal ini *X-ray fluorescence* (XRF). Pengukuran geolistrik resistivitas menggunakan konfigurasi dipole-dipole telah dilakukan pada sepuluh lintasan dengan sembilan lintasan memiliki panjang daerah observasi masing-masing 480 m dan satu lintasan memiliki panjang daerah observasi 320 m. Pengolahan data dilakukan dengan cara inversi menggunakan software RES2DINV. Struktur maupun material bawah permukaan bumi selanjutnya diinterpretasi berdasarkan variasi nilai resistivitas. Zona dengan nilai resistivitas lebih dari 580 Ωm (zona berwarna merah hingga ungu pada citra resistivitas) diidentifikasi sebagai zona material batuan. Dari citra resistivitas dapat diperkirakan juga bahwa tebal tutupan tanah di atas zona batuan bervariasi antara kurang dari 5m hingga 40m, ketebalan batuan bervariasi dengan nilai tertinggi dapat mencapai lebih dari 100 m, sedangkan panjang batuan pada beberapa lokasi mencapai lebih dari 200 m. Hasil pengukuran *X-Ray Fluorescence* menunjukkan bahwa batuan di daerah tersebut berjenis andesit. Berdasarkan hal tersebut, maka beberapa lokasi di daerah observasi dapat dikategorikan sebagai daerah dengan potensi batuan galian C yang sangat baik.

Kata kunci: Geolistrik resistivitas, *X-ray fluorescence*, batuan galian C, Minahasa Utara

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas kemurahanNya sehingga penelitian kami sepanjang tahun 2019 boleh berjalan dengan baik. Penelitian ini telah menghasilkan informasi tentang potensi batuan galian C berjenis andesit di daerah Minahasa Utara dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole. Kami berterima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi (Unsrat) yang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Unsrat telah membiayai penelitian ini dengan skim Riset Terapan Unggulan Universitas Sam Ratulangi (RTUU) tahun 2019. Masukan yang konstruktif akan diterima dengan senang hati untuk penyempurnaan hasil-hasil yang kami peroleh. Akhir kata, kiranya hasil penelitian ini boleh melengkapi wawasan tentang potensi sumber daya alam di Sulawesi Utara, bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta berdampak positif untuk umat manusia.

Manado, Oktober 2019

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Prinsip Dalam Pengukuran Geolistrik Resistivitas	3
2.2. <i>State of The Art</i> Penelitian	5
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	8
3.1. Tujuan Penelitian	8
3.2. Manfaat Penelitian	8
BAB 4 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	12
4.1. Hasil	12
4.2. Luaran	16
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	17
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Parameter-parameter yang digunakan dalam pendefinisian resistivitas	3
Gambar 2	Injeksi arus pada seluruh ruang (<i>whole-space</i>) dengan resistivitas seragam	4
Gambar 3	Pengukuran tegangan antara P dan Q ketika suatu sumber titik arus listrik diinjeksikan kedalam medium homogen setengah ruang (<i>half space</i>)	4
Gambar 4	Ilustrasi dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada pengukuran geolistrik	5
Gambar 5	Peta jalan penelitian hingga tahun 2025	7
Gambar 6	Peta lokasi penelitian dan desain awal lintasan pengukuran geolistrik	9
Gambar 7	Teknik pengukuran untuk mendapatkan profil 2D	10
Gambar 8	Diagram alir penelitian	11
Gambar 9	Peta potensi batuan daerah Lansot – Treman Kabupaten Minahasa Utara	12
Gambar 10	Citra bawah permukaan hasil pengukuran geolistrik	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Tugas

L1

BAB 1. PENDAHULUAN

Propinsi Sulawesi Utara dalam beberapa tahun terakhir sedang giat-giatnya melaksanakan pembangunan infrastruktur dalam skala yang relatif besar. Beberapa proyek tersebut berada di wilayah Kabupaten Minahasa Utara dan sekitarnya, seperti pembangunan *ring road* dan *interchange* Manado, pembangunan jalan tol Manado – Bitung, serta perencanaan pembangunan waduk dan jalan kereta api. Tiga proyek yang disebutkan terakhir sebagian besar melewati Kabupaten Minahasa Utara. Adapun pembangunan infrastruktur tersebut pada umumnya memerlukan bahan atau material galian C seperti batu dan pasir yang tentunya dapat menjadi potensi sumber penghasilan bagi masyarakat serta peningkatan perekonomian Kabupaten Minahasa Utara.

Batuan galian C yang digunakan dalam pembangunan infrastruktur memiliki ketentuan terkait tingkat kekerasan dan kepadatannya. Kriteria ini biasanya dimiliki oleh batuan plutonik yaitu batuan yang terbentuk dibawah tanah sebagai akibat dari proses intrusi magma. Letak Sulawesi Utara yang berada didaerah pertemuan tiga lempeng tektonik mayor dunia menyebabkan daerah ini sebagai kawasan tektonik dan vulkanik aktif (Watkinson & Hall, 2017; Siahaan et al, 2005). Dinamika lempeng di kawasan ini telah banyak menyebabkan patahan yang disatu sisi menjadi celah tempat terbentuknya batuan intrusi plutonik. Secara geologis jenis batuan di daerah ini didominasi oleh batuan andesit (Kadariusman et al, 2004). Batuan ini merupakan salah satu jenis batuan yang baik untuk dimanfaatkan sebagai material dasar infrastruktur jalan maupun bangunan (Hardiyono, 2013; Mendoza-Chaves et al, 2012). Hal-hal di atas menunjukkan bahwa daerah Sulawesi Utara sangat potensial dengan sumber daya alam batuan untuk keperluan pembangunan infrastruktur. Namun demikian, hingga saat ini hampir tidak ditemukan kajian ataupun investigasi bawah permukaan bumi untuk pemetaan potensi batuan intrusi jenis andesit sebagai bahan tambang/galian tipe C. Padahal selain memiliki prospek ekonomis, keberadaan peta potensi sumber daya batuan tersebut dapat mencegah terjadinya penambangan yang tidak terarah sehingga berdampak pada perombakan lingkungan yang bisa menimbulkan bencana.

Kajian tentang keberadaan dan jenis batuan intrusi di bawah permukaan bumi dapat dilakukan dengan metode-metode geofisika dan fisika. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang sangat handal terutama dalam

menginvestigasi keberadaan fluida bawah permukaan (Koyong dkk, 2017; Pasamba dkk, 2017) serta batuan intrusi (Koyong dkk, 2017; Ndidiamaka et al, 2014). Pada metode ini, batuan dikenali melalui karakteristik resistivitas atau tahanan jenisnya berdasarkan respons potensial listrik akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi (Tamuntuan dkk, 2015). Loke dan Barker (1996) telah mengembangkan algoritma pemrosesan data geolistrik sehingga dapat menampilkan pemetaan atau citra resistivitas bawah permukaan bumi secara dua dan tiga dimensi. Hal ini membuat luasan secara vertikal ataupun volume batuan serta ketebalan tanah penutup di atas batuan tersebut dapat diestimasi lebih akurat sehingga berdampak pada efisiensi biaya eksploitasi.

Jenis batuan selanjutnya dapat dikenali berdasarkan konsentrasi unsur dan oksida yang dikandungnya. Klasifikasi jenis batuan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, namun demikian klasifikasi jenis batuan yang paling umum digunakan adalah berdasarkan tingkat perbandingan antar unsur serta oksida-oksida utama SiO_2 , Na_2O , dan K_2O seperti yang dikemukakan oleh Le Bas & Streckelsen (1991). Observasi unsur dan oksida dalam batuan dapat dilakukan secara fisis dengan menggunakan metode spektroskopi Sinar X yaitu Fluoresensi Sinar X atau X-Ray Fluorescence (XRF). Semua hal di atas mengindikasikan bahwa untuk memperoleh informasi tentang potensi dan karakteristik batuan galian C di Minahasa Utara maka sangat perlu dilakukan investigasi geolistrik resistivitas dan fluoresensi sinar X pada beberapa lokasi.

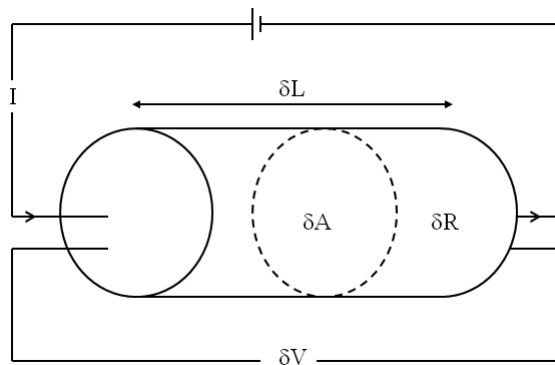
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip dalam Pengukuran Geolistrik Resistivitas

Resistivitas atau hambatan jenis merupakan sifat fisis yang menyatakan derajat kemudahan atau kesulitan suatu material dalam menghantar arus listrik. Besaran dan kuantitas dari sifat ini merupakan salah satu hal yang penting dalam rangka karakterisasi batuan dan mineral. Berdasarkan Gambar 1, jika suatu silinder konduktif yang memiliki resistensi δR , panjang δL dan luas penampang melintang δA maka menurut Telford et al (1990) resistivitas ρ secara sederhana dapat dirumuskan sebagai:

$$\rho = \frac{\delta R \delta A}{\delta L} \quad (1)$$

Persamaan di atas cenderung merujuk pada aliran listrik dalam batuan yang terkonduksi secara elektronik, suatu kondisi dimana aliran listrik dialirkan oleh elektron-elektron bebas yang terdapat dalam batuan.



Gambar 1. Parameter-parameter yang digunakan dalam pendefinisian resistivitas.

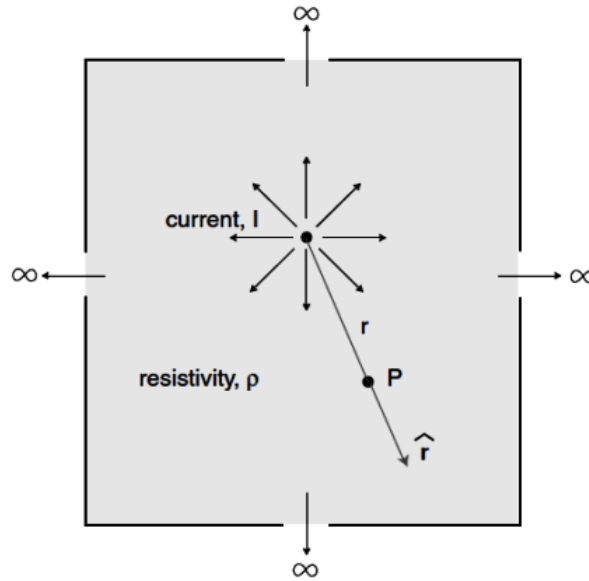
Tinjau suatu arus listrik I yang diinjeksikan pada ruang dengan resistivitas seragam seperti terlihat pada Gambar 2. Misalkan elektroda ditempatkan pada titik tak berhingga. Maka potensial listrik V pada titik P selanjutnya ditentukan dengan persamaan:

$$V = \int_r^\infty \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = \int_r^\infty \frac{I\rho}{4\pi r^2} dr = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad (2)$$

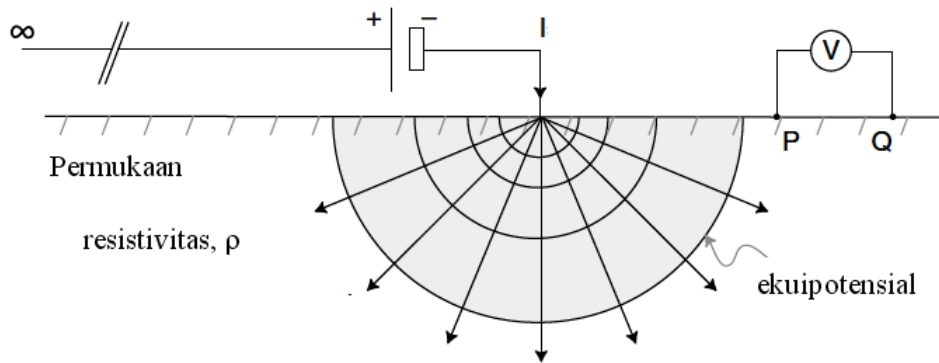
Jika ada satu sumber arus diinjeksikan pada permukaan medium homogen isotropi yang membentuk setengah ruang (Gambar 3), maka nilai tegangan V pada titik P menjadi:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r_p} \quad (3)$$

Dimana r_p adalah jarak antara sumber arus dengan elektroda potensial P.



Gambar 2. Injeksi arus pada seluruh ruang (*whole-space*) dengan resistivitas seragam.



Gambar 3. Pengukuran tegangan antara P dan Q ketika suatu sumber titik arus listrik diinjeksikan kedalam medium homogen setengah ruang (*half space*).

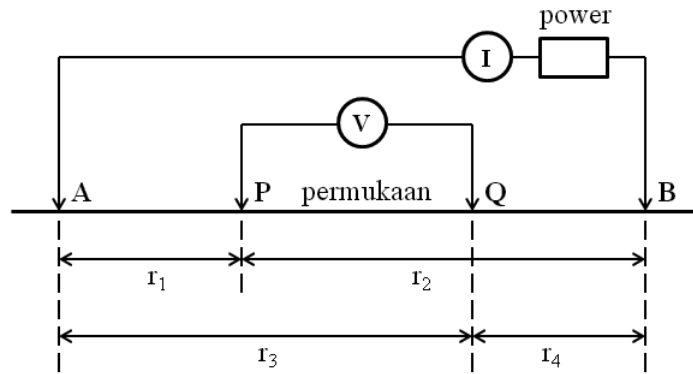
Berdasarkan persamaan (3), maka beda tegangan antara titik P dan Q dapat dituliskan sebagai:

$$V_{PQ} = V_P - V_Q = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\frac{1}{r_P} - \frac{1}{r_Q} \right] \quad (4)$$

Dengan r_Q adalah jarak sumber arus dengan elektroda potensial Q.

Untuk kasus dua sumber arus dipermukaan pada permukaan medium yang homogen, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4, nilai V_{PQ} menjadi:

$$V_{PQ} = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (5)$$



Gambar 4. Ilustrasi dua elektroda arus dan dua elektroda potensial pada pengukuran geolistrik.

Dengan asumsi bahwa bumi adalah medium yang bersifat homogen dan isotropis maka resistivitas dapat ditentukan sebagai:

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} = K \frac{V}{I} \quad (6)$$

dengan K adalah faktor geometri.

Pada kenyataannya distribusi resistivitas didalam bumi bersifat heterogen sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh berbagai harga resistivitas. Berdasarkan hal tersebut persamaan (6) dapat dituliskan kembali sebagai:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (7)$$

Dengan ρ_a adalah resistivitas semu (*apparent resistivity*) yang bergantung pada spasi elektroda arus maupun elektroda potensial.

2.2. State of The Art Penelitian

Kajian tentang geolistrik untuk pertama kalinya dilakukan oleh Schlumberger bersaudara. Pada tahun 1970-an, pengukuran dan pengolahan data geolistrik dimulai secara satu dimensi. Seiring dengan perkembangan penelitian serta metode numerik maka saat ini pengukuran dan pengolahan data sudah dapat menampilkan hasil-hasil secara tiga dimensi. Penelitian terkait geolistrik telah mulai digeluti oleh peneliti utama sejak tahun 2000 dengan melakukan kajian sifat konduktivitas/resistivitas struktur perlapisan bumi secara satu dimensi. Penelitian dilanjutkan pada tahun-tahun berikutnya untuk mengoptimisasi hasil pengolahan data sehingga bisa memberikan interpretasi yang lebih akurat. Kajian lebih mendalam tentang geolistrik dengan memanfaatkan teknik-teknik terbaru dalam pengolahan data berbasis dua dimensi pada lima tahun terakhir mulai dilakukan oleh Ketua

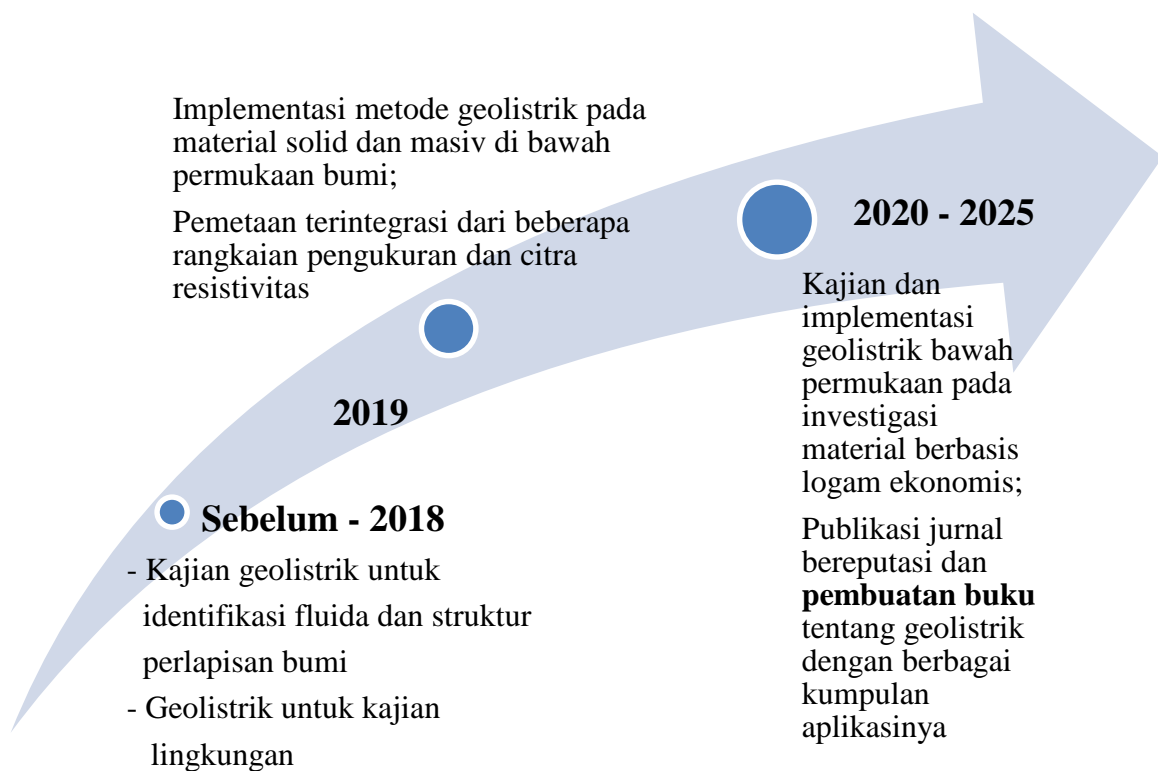
Peneliti. Target untuk mengkaji berbagai fenomena alam berdasarkan sifat/karakteristik kelistrikan bumi telah dimulai Ketua Peneliti dengan:

- a. Kajian geolistrik pada kasus rembesan limbah cair (tahun 2015)
- b. Identifikasi struktur patahan bumi lokal (tahun 2015)
- c. Investigasi intrusi air laut (tahun 2017)
- d. Investigasi sumber air panas dan *hot cap rock* (tahun 2017)
- e. Investigasi bidang gelincir untuk mitigasi longsor (tahun 2018)
- f. Investigasi batuan beku plutonik untuk pemetaan potensi material galian C dalam rangka proses eksploitasi/pemanfaatan sumber daya alam yang efektif dan menghindarkan perusakan lingkungan berlebihan atau bencana akibat proses eksploitasi (titik-titik keberadaan SDA sudah lebih pasti) **(penelitian tahun ini / 2019)**

Sejauh ini penelitian terkait geolistrik dilakukan oleh peneliti untuk menunjang salah satu bidang unggulan pada RIP Unsrat yaitu Manajemen Penanggulangan Kebencanaan dan Lingkungan.

Hasil-hasil dari penelitian di atas dapat dilihat dalam publikasi ilmiah dari Ketua Peneliti dengan cara *men-search* di google scholar.

Anggota peneliti dalam hal ini juga sudah sangat familiar dan memiliki kompetensi terhadap metode-metode yang akan digunakan. Beberapa kajian memanfaatkan metode geolistrik dan spektroskopi sinar X telah dilakukan oleh Ketua dan anggota tim peneliti serta telah dipublikasikan baik dalam bentuk seminar nasional maupun naskah pada jurnal ilmiah. Ketua dan anggota tim peneliti juga memiliki dasar ilmu fisika serta kimia kebumihan dan lingkungan yang kuat. Kompetensi dari tim peneliti diperlihatkan dengan keterlibatannya dalam beberapa penelitian yang telah dikerjakan dan publikasi hasil penelitian pada jurnal ilmiah baik internasional maupun nasional (lihat lampiran). Adapun peta jalan (*road map*) dari rencana penelitian jangka panjang yang dirancang serta posisi dari penelitian yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta jalan penelitian hingga tahun 2025.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi batuan intrusi plutonik berjenis andesit dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas dan metode spektroskopi sinar X serta membuat pemetaan potensi batuan galian C yang berkualitas yang ada di daerah Minahasa Utara.

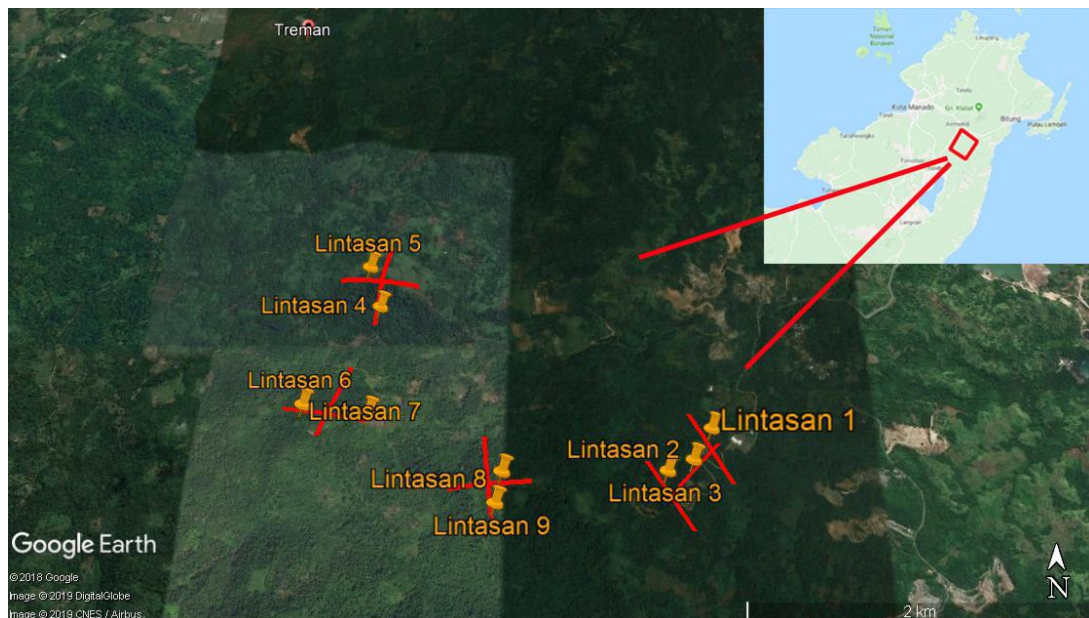
3.2. Manfaat Penelitian

Sulawesi Utara secara umum dan daerah Minahasa Utara khususnya merupakan salah satu wilayah dengan sumber daya alam yang sangat potensial. Keberadaan beberapa lokasi yang terindikasi sumber batuan plutonik bersifat ekonomis sangat urgen dikaji untuk mengetahui potensinya secara kuantitas dan kualitas. Data dan pengolahannya berupa citra resistivitas kontinu yang mencakup area tertentu terkait potensi batuan galian C di Minahasa Utara hingga saat ini belum pernah dilakukan sehingga penelitian ini akan sangat bermanfaat untuk menghasilkan peta potensi batuan galian C di Kabupaten Minahasa Utara secara khusus di daerah Lansot dan Treman.

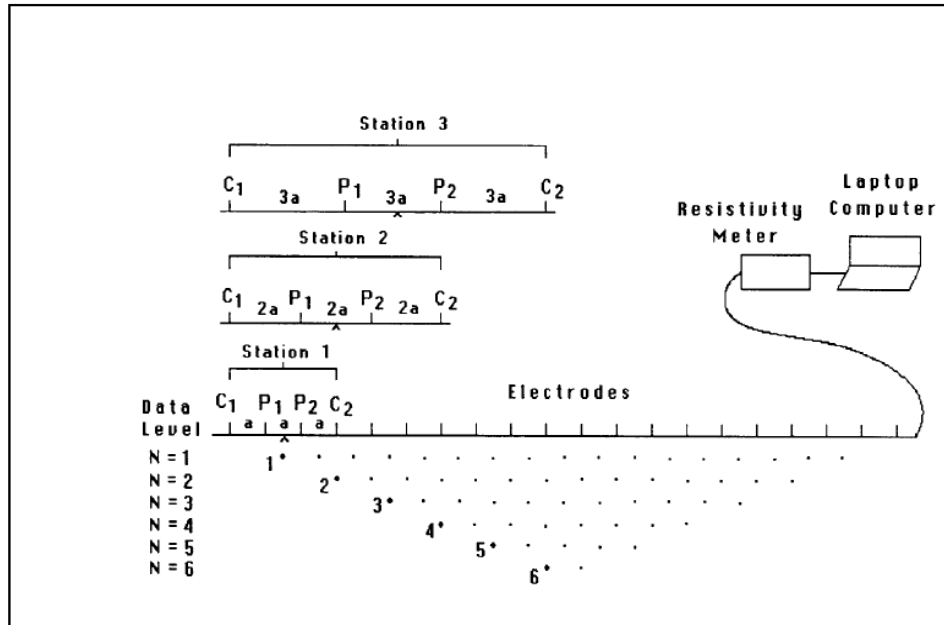
BAB 4. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Minahasa Utara secara khusus pada perbukitan di sebelah barat Desa Lansot kecamatan Kema hingga sebelah selatan Desa Treman Kecamatan Kauditan. Tahapan kegiatan penelitian meliputi survey pendahuluan, pemetaan profil tanah sepanjang bentang pengukuran, pengambilan data geolistrik dan sampel batuan, pengukuran XRF sampel batuan di laboratorium, pengolahan data geolistrik dan interpretasi, serta pembuatan peta potensi batuan galian C. Survey pendahuluan dilakukan untuk menentukan lokasi yang tepat bagi penempatan bentangan pengukuran geolistrik berdasarkan profil geologi yang ada di lokasi. Pemetaan profil tanah digunakan sebagai koreksi topografi dari hasil pengukuran geolistrik.

Pengukuran geolistrik resistivitas menggunakan konfigurasi dipol-dipol dengan sepuluh lintasan pada lokasi berbeda. Panjang setiap lintasan adalah 450 m. Lokasi penelitian dan posisi lintasan pengukuran geolistrik secara detail berdasarkan *terrain based map* menggunakan Google Earth dapat dilihat pada Gambar 6. Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan menggunakan gabungan teknik *resistivity sounding* dan *resistivity mapping* untuk mendapatkan profil 2D. Ilustrasi konfigurasi elektroda (*stacking chart*) untuk pengukuran resistivitas secara 2D diperlihatkan seperti pada Gambar 7.



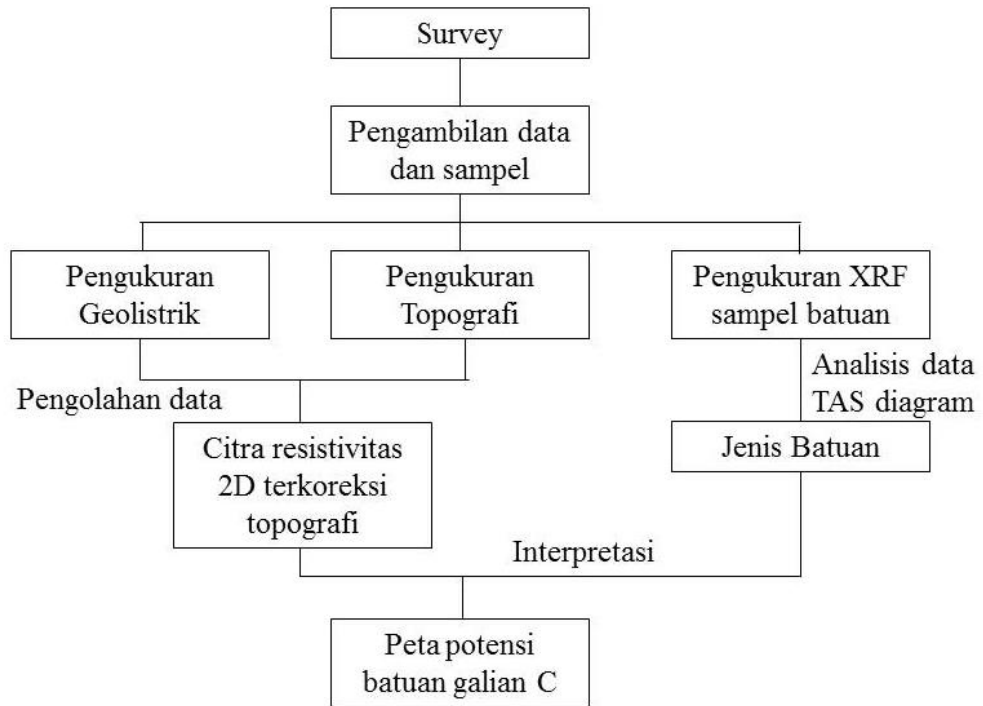
Gambar 6. Peta lokasi penelitian dan desain awal lintasan pengukuran geolistrik.



Gambar 7. Teknik pengukuran untuk mendapatkan profil 2D
(Sumber: Loke dan Barker, 1996).

Pengolahan data geolistrik resistivitas 2D diawali dengan menghitung faktor geometri (K) berdasarkan konfigurasi serta jarak antar elektroda yang digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tahanan jenis semu (ρ_a) dari data kuat arus (I) dan beda potensial (V). Profil sebaran resistivitas 2D selanjutnya diperoleh setelah melalui proses inversi 2D pada semua titik data.

Penentuan jenis batuan dilakukan dengan analisis spektroskopi sinar X dalam hal ini XRF. Sampel yang dianalisis berjumlah 18 sampel batuan yaitu masing-masing dua sampel pada sembilan lintasan pengukuran geolistrik. Sebelum dianalisis dengan XRF, sampel dipreparasi dengan cara dihaluskan. Adapun diagram alir penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir penelitian

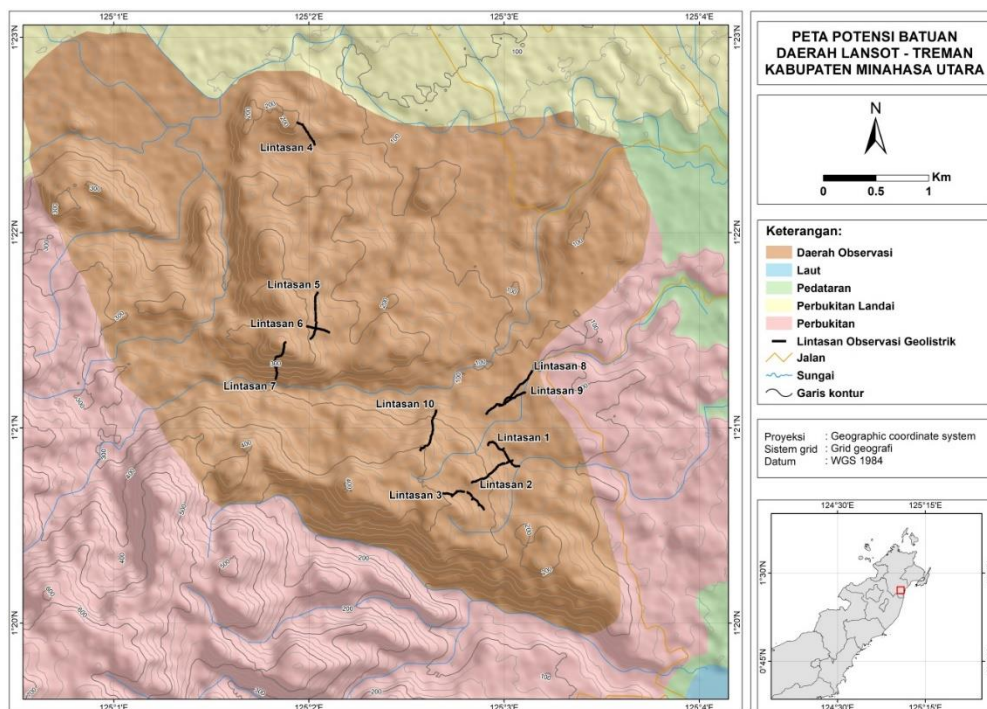
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil

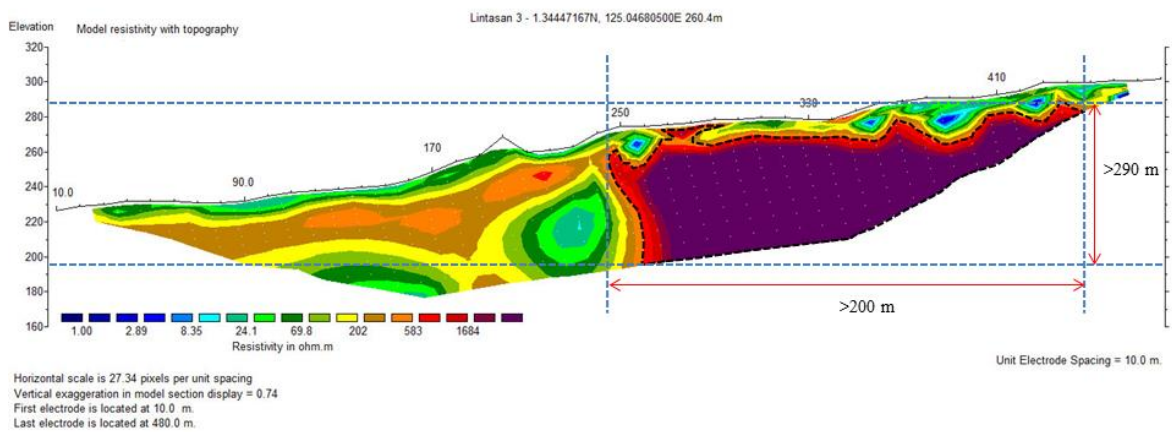
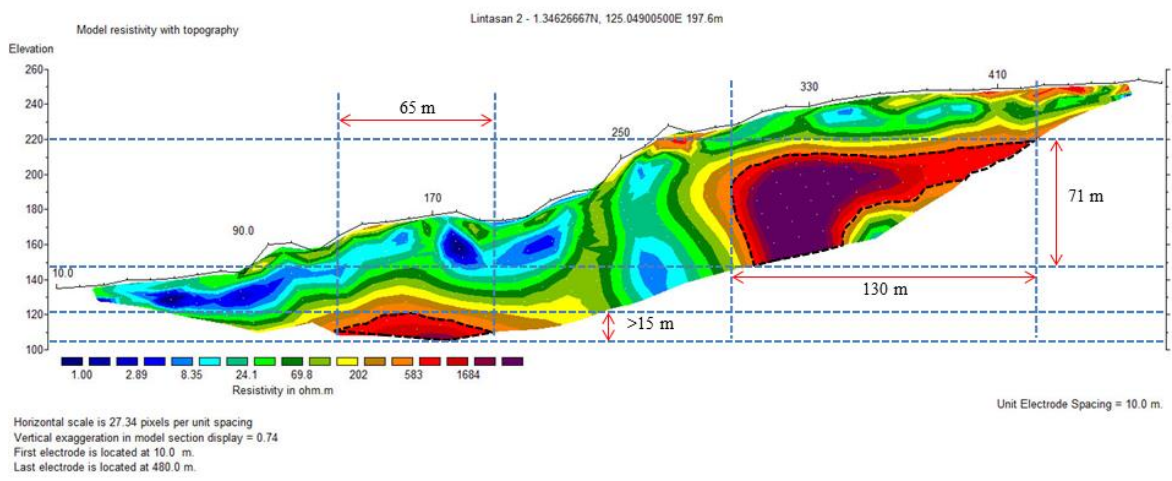
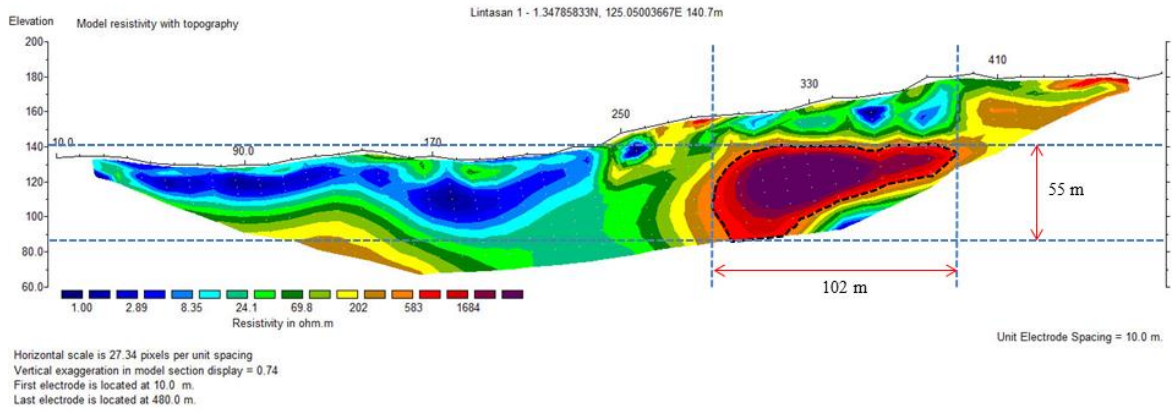
Hasil-hasil yang telah diperoleh:

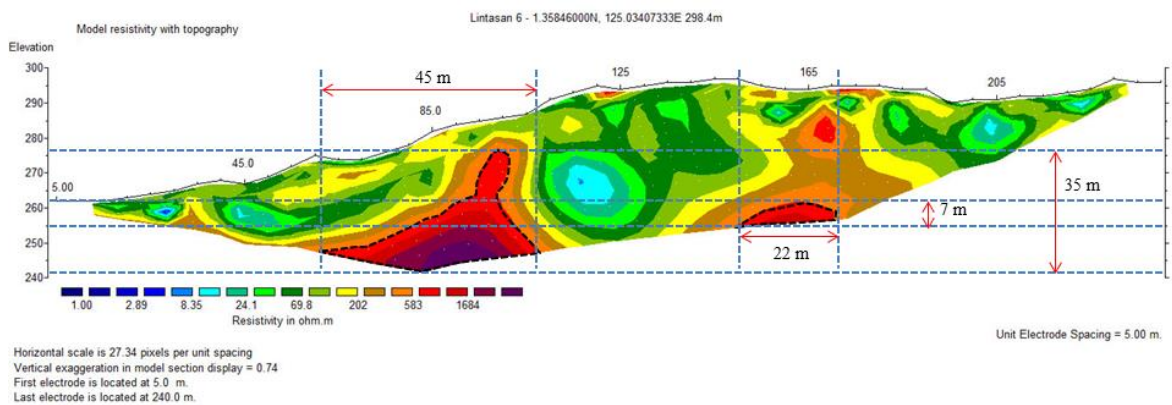
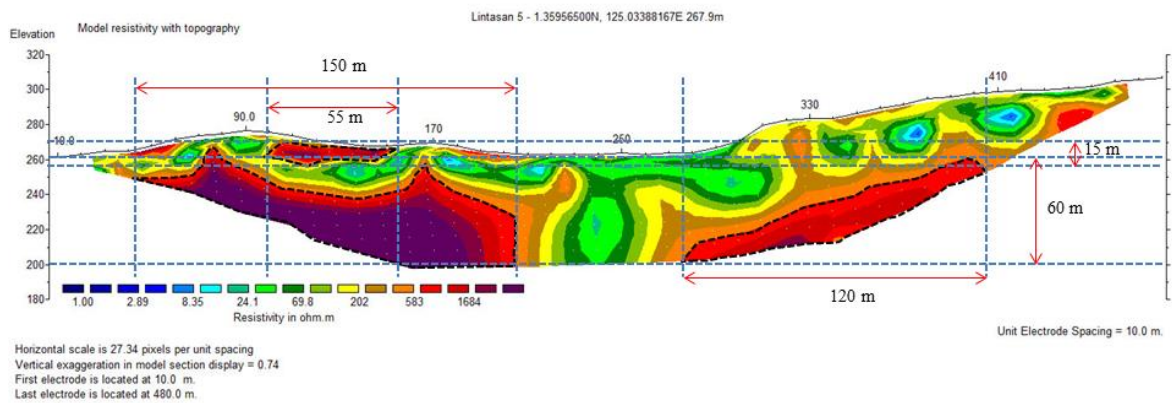
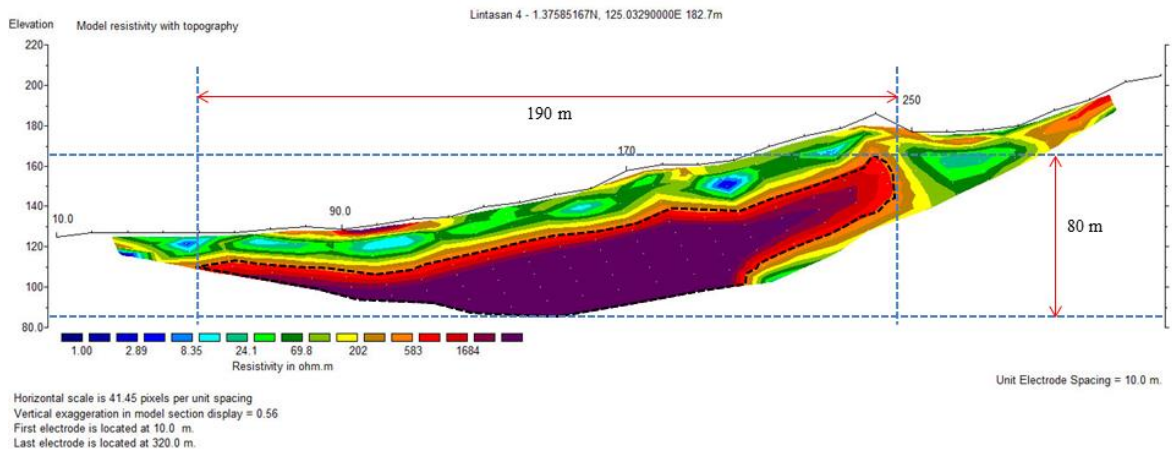
- Data dan analisis pengukuran geolistrik resistivitas pada sepuluh lintasan di daerah Lansot dan Treman Kabupaten Minahasa Utara
- Pembuatan peta informasi geografis lintasan pengukuran dan potensi batuan
- Pengukuran dan analisis data XRF menunjukkan batuan di daerah penelitian berjenis andesit

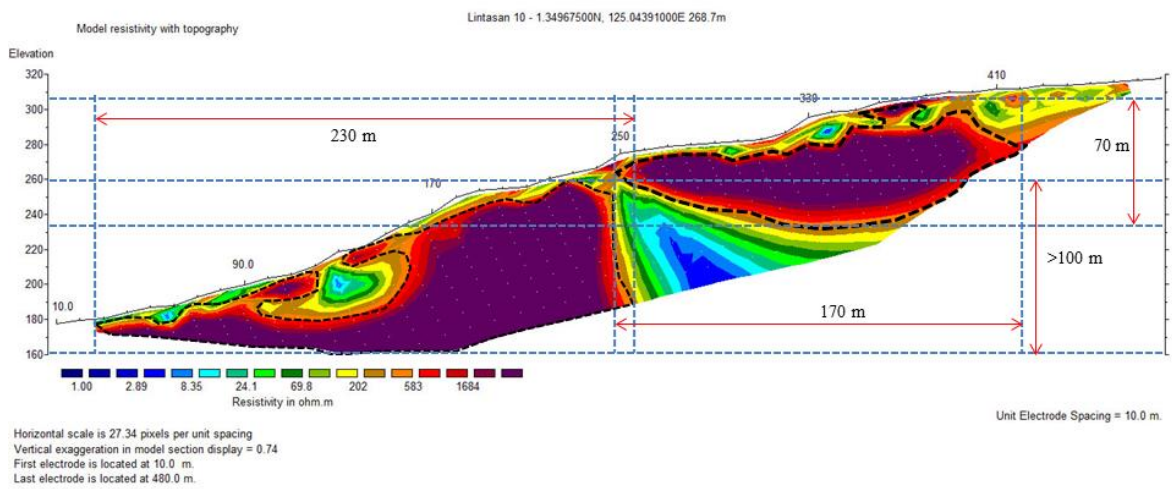
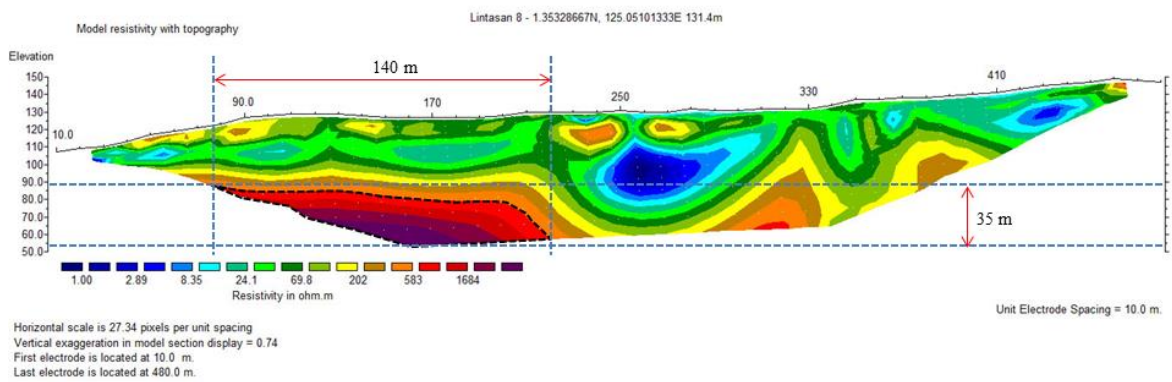
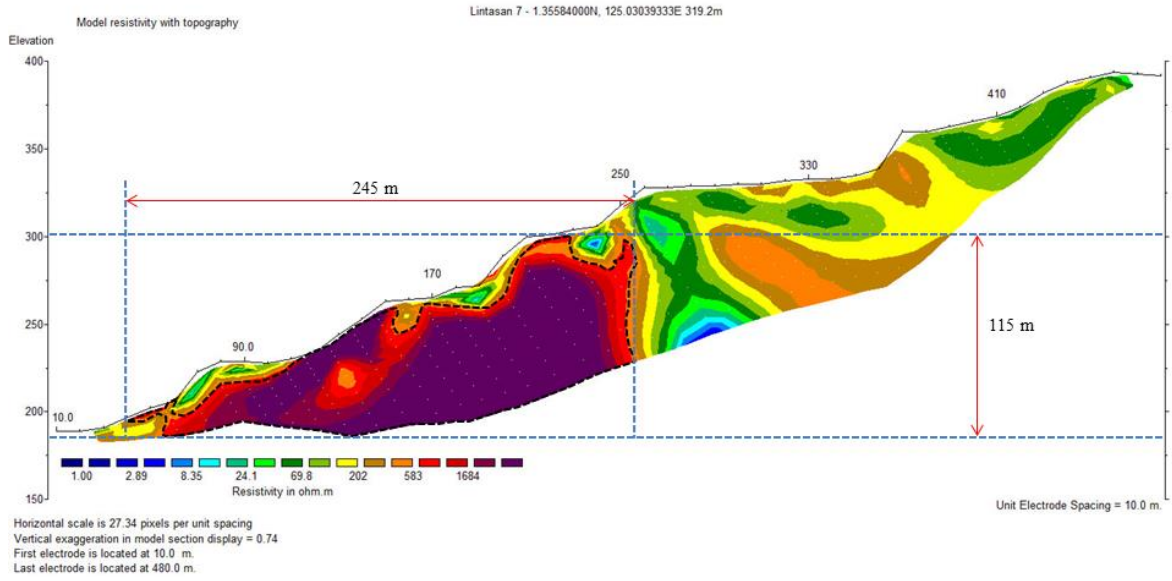
Gambar 9 dan 10 menunjukkan peta dan hasil-hasil pengukuran geolistrik. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai resistivitas bervariasi mulai dari 3 Ωm hingga lebih dari 2 k Ωm . Zona material batuan diidentifikasi dengan nilai resistivitas lebih dari 580 Ωm , yaitu zona berwarna merah hingga ungu pada setiap citra resistivitas. Dari Gambar 10 dapat diperkirakan juga bahwa tebal tutupan tanah di atas zona batuan bervariasi antara kurang dari 5m hingga 40m, ketebalan batuan bervariasi dengan nilai tertinggi dapat mencapai lebih dari 100 m, sedangkan panjang batuan pada beberapa lokasi mencapai lebih dari 200 m. Hasil pengukuran *X-Ray Fluorescence* menunjukkan bahwa batuan di daerah tersebut berjenis andesit.



Gambar 9. Peta potensi batuan daerah Lansot – Treman Kabupaten Minahasa Utara







Gambar 10. Citra bawah permukaan hasil pengukuran geolistrik

5.2. Luaran yang dicapai

Luaran yang dicapai adalah HKI Hak Cipta Atlas Peta Potensi Batuan di Daerah Lansot – Treman Kabupaten Minahasa Utara dengan nomor pendaftaran EC00201971240. Sertifikat Hak Cipta dapat dilihat pada lampiran.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa daerah bagian barat Desa Lansot Kecamatan Kema hingga bagian selatan Desa Treman Kecamatan Kauditan Kabupaten Minahasa Utara merupakan daerah dengan potensi batuan galian C berjenis andesit. Hal terlihat dari temuan zona-zona dengan nilai resistivitas tinggi, yaitu lebih dari 580 Ω m, yang diidentifikasi sebagai zona material batuan. Ketebalan dan panjang batuan pada setiap zona terlihat bervariasi, yaitu ketebalan dapat mencapai lebih dari 100 m, sedangkan panjang batuan pada beberapa lokasi mencapai lebih dari 200 m. Tutupan tanah bervariasi antara kurang dari 5m hingga 40m.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyono, A. 2013. Karakteristik Batuan Beku Andesit dan Breksi Vulkanik, dan Kemungkinan Penggunaannya Sebagai Bahan Bangunan Ukir Sari, Kecamatan Bojonegara Kabupaten Serang, Propinsi Banten. *Bulletin of Scientific Contribution* 11(2), 89 – 95.
- Kadarusman, A., Miyashita, S., Maruyama, S., Parkinson, C.D., Ishikawa, A. 2004. Petrology, Geochemistry, and Paleogeographic Reconstruction of The East Sulawesi Ophiolite, Indonesia. *Tectonophysics* 392, 55 – 83.
- Koyong, M., **Tamuntuan, G.**, Ferdy. 2017. Pemanfaatan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Investigasi Sumber Air Panas di Kelurahan Paniki Bawah, Minahasa Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT online* 6(2), 77 – 80.
- Le Bas, M.J., Streckelsen, A.L. 1991. The IUGS Systematics of Igneous Rocks. *Journal of the Geological Society* 148, 825 – 853.
- Loke, M.H., Barker, R.D. 1996. Rapid Least Squares Inversion of the Apparent Resistivity Pseudosections Using a Quasi-Newton Method. *Geophysical Prospecting* 44, 131 – 152.
- Mendoza-Chaves, G., Martinez-Martinez, L.H., Delgado-Hernandes, D.J., De Leo Escobeda, D, Alonzo-Guzman, M., Martinez Molina, W, Arreygua –Rocha, E., Chaves-Garcia, H.L, Arteaga-Arcos, J.C. 2012. Mechanical Properties of Rocks Used for The Construction of Vehicular Bridge Supported by Pier Masonry. *Advanced Materials lain*, 1881 – 1889
- Pasamba, O.S., **Tamuntuan, G.**, Tanauma, A. 2017. Identifikasi Intrusi Air Laut dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Daerah Malayang, Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unsrat Online* 6(2), 72 – 76.
- Siahaan, E.H., Soemarinda, S., Fauzi, A., Silitonga, T., Azimudin, T., Raharjo, I.B. 2005. Tectonism and Volcanism Study in the Minahasa Compartment of the North Arm of Sulawesi Related to Lahendong Geothermal Field, Indonesia. *Proceeding World Geothermal Congress*, 1 – 5.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics* 2nd Edition. Cambridge University Press, USA.
- Tamuntuan, G.**, As'ari, Datunsolang, F. 2015. Investigasi Rembesan Limbah Cair Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas: Studi Kasus TPA Sumompo, Manado. *Prosiding Seminar Nasional Fisika – Universitas Negeri Jakarta*, 83 – 86.
- Watkinson, I. M., Hall, R. 2017. Fault System of The Eastern Indonesian Triple Junction: Evaluation of Quaternary Activity and Implications for Seismic Hazards, *in*

Cummins, P.R., and Meilano, I. (eds). Geohazards in Indonesia: Earth Science for Disasters Risk Reduction. Geological Society, London, 441p.

Ndidiamaka, N., Kalu, I.K., Ikechukwu, I.S., Olusegun, S.A., Okechukwu, N.J. 2014. Geoelectrical Characterization of Rock Formations Underlying Idonyi River, Amaeke-Abam, Southeastern Nigeria. American Journal of Physics and Applications 2(1), 35 – 45.

----- . 2016. Rencana Induk Penelitian UNSRAT 2016 – 2020. LPPM Universitas Sam Ratulangi, 73 p.

LAMPIRAN



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201971240, 15 September 2019

Pencipta

Nama : **Gerald Hendrik Tamuntuan, Adey Tanauma, , dkk**

Alamat : Sario Kotabaru Lingk. I, Kecamatan Sario, Manado, Sulawesi Utara, 95113

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Sentra Kekayaan Intelektual Universitas Sam Ratulangi**

Alamat : Gd. LPPM Lt.1, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Sulawesi Utara, 95115

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Atlas**

Judul Ciptaan : **Peta Potensi Batuan Daerah Lansot - Treman Kabupaten Minahasa Utara**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 14 September 2019, di Manado

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000154957

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Gerald Hendrik Tamuntuan	Sario Kotabaru Lingk. I, Kecamatan Sario
2	Adey Tanauma	Winangun Satu Lingk. V RT. 005, Kecamatan Malalayang
3	Herling Daud Tangkuman	Jl. Mangga I No. 14 Paniki Dua, Kecamatan Mapanget

