

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BATUAN BAWAH PERMUKAAN
ZONA RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
DI DUSUN NGRANCAH DESA PENDOWOREJO
KECAMATAN GIRIMULYO KABUPATEN KULON PROGO**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk
Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :
Faizal Latif
NIM 15306141007

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BATUAN BAWAH PERMUKAAN
ZONA RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
DI DUSUN NGRANCAH DESA PENDOWOREJO
KECAMATAN GIRIMULYO KABUPATEN KULON PROGO**

Disusun oleh:

Faizal Latif
NIM 15306141007

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan
Ujian Akhir Tugas Skripsi bagi yang bersangkutan.

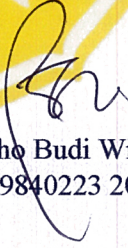
Yogyakarta, September 2019

Menyetujui,


Pembimbing I,

Pembimbing II,


Laila Katriani, S.Si., M.Si
NIP. 19850415 201212 2 001


Nugroho Budi Wibowo, M.Si
NIP. 19840223 200801 1 011

Mengetahui
Ketua Program Studi Fisika


Nur Kadarisman, M.Si
NIP. 19640205 199101 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi


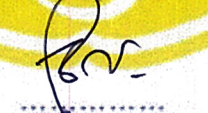
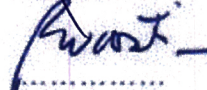
**IDENTIFIKASI STRUKTUR BATUAN BAWAH PERMUKAAN
ZONA RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
DI DUSUN NGRANCAH DESA PENDOWOREJO
KECAMATAN GIRIMULYO KABUPATEN KULON PROGO**

Disusun oleh:

Faizal Latif
NIM 15306141007


Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
Pada tanggal 9 Oktober 2019

DEWAN PENGUJI

Nama/Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Laila katriani S.Si., M.Si Ketua Penguji/Pembimbing I		16-10-2019
Nugroho Budi Wibowo, M. Si Sekretaris/Pembimbing II		16-10-2019
Bambang Ruwanto, M. Si Penguji Utama		16-10-2019

Yogyakarta, 17-10-2019
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,




Prof. Dr. Ariswan, M. Si
NIP. 19590914 198803 1 003

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faizal Latif
NIM : 15306141007
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul TAS : Identifikasi Struktur Batuan Bawah Permukaan Zon Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Di Dusun Ngrancah Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulo Progo

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, maka sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, ~~26 September~~ 2019

Yang menyatakan,



Faizal Latif
NIM . 15306141007

MOTTO

Don't judge a fish by it's ability to climb a tree, everyone is genius.
As Einstein said, everyone has different talents and has different flaws.

-Albert Einstein-

Berikan yang terbaik apapun yang kamu bisa.
Jangan mudah menyerah dan berputus asa.
Karena pada dasarnya hal terbesar yang kamu punya adalah kamu yakin pada
mindset mu bahwa kamu bisa.

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak saya (Tugino) dan ibu saya (Ngatini) yang tak pernah henti-hentinya mendukung dan memberikan *support*,serta do'a yang sangat tulus untuk mendoakan apa yang menjadi cita-citaku, serta sebagai penyemangat yang paling tulus.
2. Saudara kembar saya Vivi Fitriana yang saya cintai dan saya sayangi, terimakasih untuk segala do'a serta bantuan yang selalu ada dalam keadaan senang maupun susah.
3. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, sebagai wadah saya belajar dan tempat menimba ilmu selama 4 tahun ini.
4. Keluarga besar Program Studi Fisika angkatan 2015, khususnya keluarga Fisika B 2015 yang selalu saling *support* sekaligus pemacu semangat satu dengan yang lainnya, serta bantuan tenaga maupun pikiran yang tak bisa dihitng.
5. Seluruh Keluarga Mahasiswa Geofisika FMIPA 2015 yang telah berjuang bersama-sama sampai sejauh ini.
6. Saya sendiri Faizal Latif Mahasiswa Program Studi Fisika tahun 2015 yang selalu berusaha kuat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Identifikasi Struktur Batuan Bawah Permukaan Tanah Rekahan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Di Dusun Ngrancah Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulon Progo” untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains dalam program studi Fisika ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam proses penyusunan tugas akhir skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu penulis. Sehubungan dari itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ariswan M.Si. selaku Dekan FMIPA UNY yang telah mengesahkan skripsi ini.
2. Bapak Yusman Wiyatmo, M. Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika dan Bapak Nur Kadarisman, M. Si selaku Ketua Program Studi Fisika yang telah membantu dalam hal administrasi skripsi ini.
3. Ibu Laila Katriani S.Si., M.Si. dan Bapak Nugroho Budi Wibowo, M. Si selaku pembimbing I dan II atas segala arahan, saran, dan perhatiannya dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran

yang tak terhingga dalam mendampingi penulis menghaapi segala rintangan selama penelitian sampai tahap penulisan.

4. Bapak Denny Darmawan M.Sc selaku pembimbing. Terimakasih atas kesabaran yang tak terhingga dalam mendampingi menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.
5. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang telah mengizinkan dan membantu penulis untuk melakukan penelitian bersama BMKG.
6. Seluruh dosen, dan staff progam studi fisika FMIPA UNY yang telah banyak membantu selama kuliah dan penelitian berlangsung.
7. Tim III (Abi Triatmo, Gita Eka Pratiwi) yang sudah berjuang bersama-sama dari awal penelitian hingga sampai saat ini.
8. Tim pengambilan data lapangan teman-teman seperjuangan (Yosi, Naja, Endras, Abi, gian, Mukhibin, Faiz, Nanang, Alif, Ulfa, Saha, Nurul, Yasinta, khikmah, Hilma, Hernisa, Gita) yang telah rela dan mau membantu, sampai berpanas-panasan, capek untuk melakukan penelitian ini.
10. Mas Yoga Geofisika UNY 2013 yang senantiasa telah banyak membantu memberi pengarahsan sdalam tugas akhir skripsi ini sehingga skripsi ini bisa diselesaikan.
11. Serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir skripsi ini masih jauh dari sempurna, tak ada kata yang dapat penulis ucapkan selain terima kasih sebanyak-banyaknya. Penulis juga ingin kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan tugas akhir skripsi ini, dan semoga tugas akhir skripsi ini dapat berguna bagi ilmu pengetahuan kedepannya serta memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamualaikum Wr.Wb,

Yogyakarta,2019

Penulis,

Faizal Latif
NIM. 15306141007

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BATUAN BAWAH PERMUKAAN
ZONA RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
DI DUSUN NGRANCAH DESA PENDOWOREJO
KECAMATAN GIRIMULYO KABUPATEN KULON PROGO**

Faizal latif
15306141007

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di salah satu kawasan kabupaten Kulon Progo yang rentan terhadap bencana longsor. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan zona kerentanan longsor, dan mengetahui arah pergerakan tanah pada lereng bukit apabila terjadi gerakan tanah.

Penelitian ini dilakukan dengan metode resistivitas konfigurasi Wenner di dusun Ngrancah Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulon Progo. Peralatan utama yang digunakan dalam pengambilan data adalah *Resistivitymeter* (Oyo McOHM type 2115 A). Lintasan yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 5 lintasan dengan lokasi penelitian berada pada koordinat 7°45'11,66" LS sampai 7°45'0,97" LS dan 110°11'26,10" BT sampai 110°11'16,93" BT. Metode yang digunakan adalah resistivitas berdasarkan Hukum Ohm, dengan menginjeksikan arus melalui dua elektroda arus maka dapat diukur beda potensial yang muncul dari elektroda potensial.

Hasil analisis dan interpretasi dari pemodelan 2 dimensi dan 3 dimensi menunjukkan bahwa struktur bawah permukaan pada Dusun Ngrancah terdiri dari batuan lempung dan batuan pasir, pada atas permukaan lebih didominasi oleh batuan lempung. Untuk nilai resistivitas batuan lempung bernilai 2,8 sampai 21,15 Ωm , sedangkan untuk batuan pasir bernilai 21,15 sampai 63,1 Ωm . Arah gerakan tanah bergerak 10^0 dari arah utara menuju barat laut dan keluar dari lereng sejajar kontur.

Kata kunci : Geolistrik, Longsor, Pendoworejo

**IDENTIFICATION ROCK STRUCTURE OF AREAS PRONE TO
LANDSLIDES USING GEOLISTRIC METHODS IN NGRANCAH
SUBVILLAGE, PENDOWOREJO VILLAGE, GIRIMULYO DISTRICT,
KULON PROGO REGENCY**

Faizal latif
15306141007

ABSTRACT

This research was conducted in one of the Kulon Progo district areas which is vulnerable to landslides. The research aimed to identify the underlying structure of landslide vulnerable zone in Ngrancah village, and to determine the direction of land movement on the hillside in case of ground movement.

This research was conducted using resistivity method with the Wenner configuration in the Ngrancah subvillage Pendoworejo Village, Girimulyo Subdistrict, Kulon Progo Regency. The main equipment used in data collection was resistivity meter (Oyo McOHM 2115 A). 5 trajectories used in this research with the location of the research were at coordinates of 7°45'11.66 "latitude to 7°45'0.97" S and 110 ° 11'26.10 "E to 110 ° 11'16.93 "E. The method used is the resistivity method which is based on Ohm's Law. By injecting a current through two current electrodes it can be measured the potential difference that arises from the potential electrode.

The results of the analysis and interpretation of the 2-dimensional and 3-dimensional modeling show that the subsurface structure in Ngrancah Subvillage consists of clay rock and sandstone, which is dominated by clay rocks on the surface. The resistivity value of clay rock is 2.8 to 21.15 Ω m, while for sandstone it is 21.15 to 63.1 Ω m. The direction of movement of the ground moves 10^0 from north to northwest and out of the slope parallel to the contour

Keywords: Geoelectric method, landslide, Pendoworejo.

Daftar isi

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II DASAR TEORI.....	9
A. Tanah Longsor.....	9
1. Jenis – jenis Gerakan Tanah Longsor.....	10
2. Penyebab Terjadinya Gerakan Tanah Longsor	13
3. Zona Kerentanan Gerakan Tanah Longsoran.....	16
B. Sifat Kelistrikan Batuan.....	17
C. Metode Geolistrik	21
D. Konfigurasi Wenner	29
E. Pemodelan metode geolistrik	31
F. Geologi Daerah Kulon Progo.....	32
G. Kecamatan Girimulyo	35

BAB III METODE PENELITIAN	38
A. Waktu dan tempat penelitian.....	38
B. Instrumen Penelitian.....	38
C. Prosedur Penelitian.....	40
D. Diagram Alir Penelitian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
A. Hasil data Resistivitas 2D menggunakan Res2Dinv	46
B. Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
A. Kesimpulan	69
B. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan	18
Tabel 2. Langkah-langkah penulisan di Notepad.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta wilayah potensi longsor Kabupaten Kulon Progo.....	3
Gambar 2. (a) Rekahan yang terjadi di lereng bukit, (b) Rekahan yang terjadi di pemukiman warga.....	4
Gambar 3. longsoran Translasi.....	10
Gambar 4. Longsoran Rotasi.....	11
Gambar 5. Pergerakan Blok.....	11
Gambar 6. Runtuhan Batu.....	12
Gambar 7. Rayapan Tanah.....	12
Gambar 8. Aliran Bahan Rombakan.....	13
Gambar 9. Cara kerja Metode Geolistrik	22
Gambar 10. Silinder dengan panjang L , luas penampang A	23
Gambar 11. Kawat Dialiri Sumber arus tunggal di permukaan medium homogen isotropis	24
Gambar 12. Sumber Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis ...	26
Gambar 13. Skema dua elektroda arus dan potensial terletak di permukaan tanah homogen isotrop dengan tahanan jenis ρ	27
Gambar 14. Konfigurasi Wenner	29
Gambar 15. Susunan Elektroda Konfigurasi <i>Wenner</i>	30
Gambar 16. Area penelitian di Desa Pendoworejo	36
Gambar 17. Instrumentasi Penelitian	39
Gambar 18. Susunan elektroda pada metode geolistrik konfigurasi Wenner	41
Gambar 19. Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 20. Lokasi Lintasan Pengukuran Geolistrik Daerah Penelitian	46
Gambar 21. Pengolahan data 2D (a) <i>pseudosection</i> resistivitas semu, (b) kalkulasi resistivitas semu, (c) hasil inversi resistivitas	47
Gambar 22. Penampang 2D lintasan 1A	50
Gambar 23. Penampang 2D lintasan 2A	53
Gambar 24. Penampang 2D lintasan 2B	55
Gambar 25. Penampang 2D lintasan 2C	57

Gambar 26. Penampang 2D lintasan 2D	59
Gambar 27. Visualisasi Lintasan Area Rawan Longsor	61
Gambar 28. <i>Solid Model</i> 3D Gabungan Kelima Lintasan	62
Gambar 29. <i>Slice Solid Model</i> 3D Gabungan Kelima lintasan	64
Gambar 30. Hasil pengolahan 3D pada Persebaran Resistivitas Tinggi	65
Gambar 31. Dokumentasi Penelitian	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian	75
Lampiran 2. Pembuktian Rumus Faktor Geometri Konfigurasi Wenner	81
Lampiran 3. Hasil Pengolahan Data di <i>Microsoft Excel</i>	83
Lampiran 4. Langkah-langkah pembuatan model 2D dan 3D	91
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Gerakan tanah (longsor) adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan tanah yang bergerak ke arah bawah dan keluar dari lereng. Adapun Indonesia yang berada pada daerah iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi memiliki kerentanan longsor yang cukup besar. Meningkatnya intensitas hujan mengakibatkan kerentanan longsor khususnya di daerah dengan topografi berbukit meningkat. Penyebab tanah longsor di antaranya lereng terjal, tanah yang kurang padat dan tebal, batuan yang kurang kuat, tata lahan, getaran gempa, adanya beban tambahan, penggundulan hutan, bekas longsor lama, dan terutama curah hujan yang tinggi (Nandi, 2007). Ancaman tanah longsor terjadi pada saat musim hujan. Ketika musim kemarau, tanah yang basah akibat musim hujan perlahan mengering dan tanah mengalami rekahan pada permukaan di suatu kawasan tertentu, sehingga ketika musim hujan datang dan intensitas air hujan semakin meningkat maka air masuk ke rekahan dan meresap ke dalam tanah sehingga terakumulasi di dasar lereng yang menimbulkan gerakan tanah pada zona rawan.

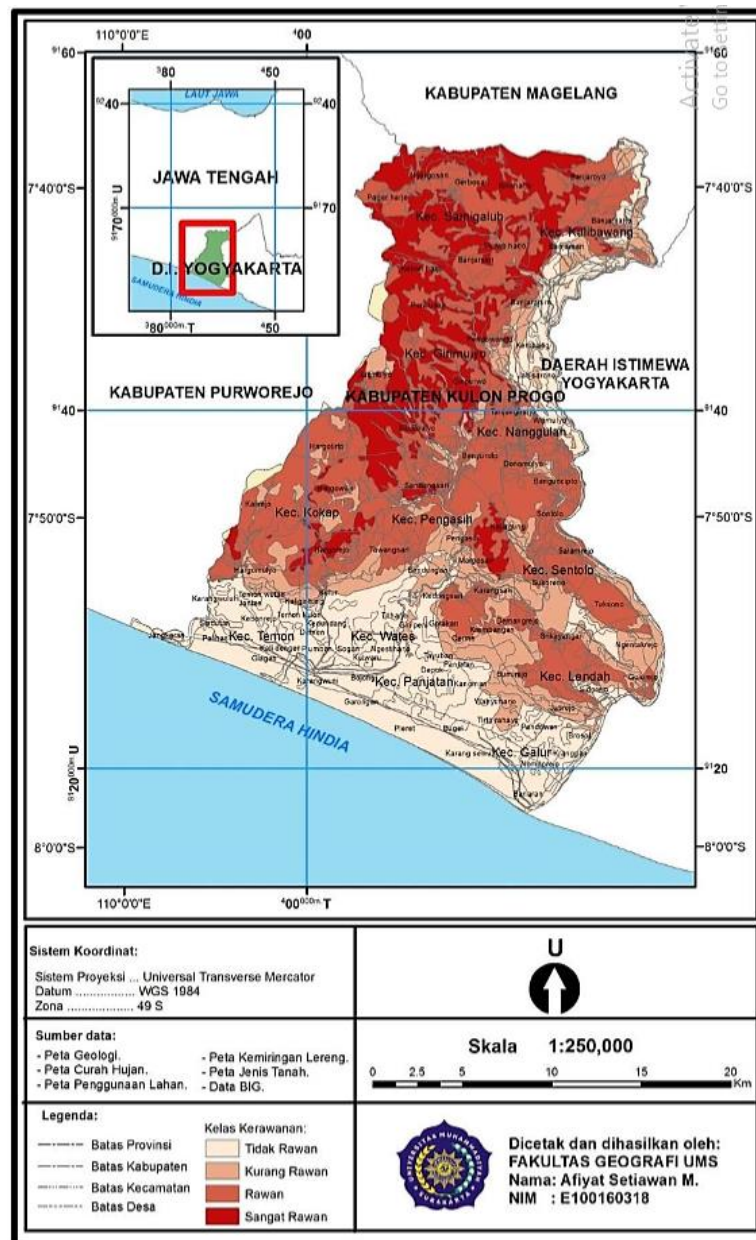
Menurut angka kejadian bencana yang terjadi di Indonesia selama 2 bulan awal di tahun 2018, sudah terjadi setidaknya 513 bencana, dimana tanah longsor merupakan bencana yang paling banyak memakan korban meninggal (Imanuel, 2018). Dengan demikian tidak heran jika bencana tanah longsor merupakan bencana yang sangat besar dan harus diantisipasi sejak dini.

Tanah longsor berdampak buruk bagi kehidupan warga khususnya yang berada di daerah rawan longsor seperti Kulon Progo. Sudah banyak kerugian material yang ditimbulkan akibat bencana tanah longsor ini. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DI Yogyakarta, berdasarkan rekapitulasi data kejadian bencana pada 25-30 November 2017, kerugian akibat bencana yang ditimbulkan sepanjang 2017 berkisar 10 milyar untuk seluruh Kabupaten Kulon Progo. Adapun untuk per kecamatan, kerugian yang dialami tiap kecamatannya berbeda-beda, yaitu Galur Rp 52 juta akibat dua kejadian bencana, Girimulyo terdapat 19 titik longsor dan satu kejadian angin kencang dengan total kerugian Rp 339 juta, Kalibawang terdapat 9 kejadian dengan kerugian Rp126 juta, dan Kokap terdapat 24 titik kejadian dengan total kerugian Rp134 juta (Lutfiyanti, 2017).

Topografi Kabupaten Kulon Progo yang terdiri dari dataran rendah dan pegunungan membuat wilayah ini mempunyai tingkat kerawanan longsor yang cukup tinggi. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa Kabupaten Kulon Progo memiliki kerentanan tanah longsor yang hampir merata di semua wilayah, sehingga tiap tahunnya Kabupaten Kulon Progo menjadi langganan bencana tanah longsor (Sujarwo, 2016).

Kecamatan Girimulyo merupakan salah satu kecamatan di Kulon Progo yang secara topografi merupakan kecamatan yang paling banyak memiliki lereng-lereng yang curam yang berpotensi longsor. Berdasarkan kejadian bencana tahun 2017, kawasan longsor yang mengakibatkan kerugian material paling besar dibandingkan kecamatan lainnya di Kulon Progo adalah Kecamatan Girimulyo. Adanya musim penghujan di setiap tahunnya membuat warga khawatir karena

potensi longsor yang semakin besar, dimana air hujan yang meresap ke dalam tanah akan terakumulasi ke lapisan kedap air dan menyebabkan pelapukan pada struktur tanah.



Gambar 1. Peta wilayah potensi longsor Kabupaten Kulon Progo (Setiawan, 2017)

Untuk mengetahui adanya struktur tanah yang mengalami pelapukan, maka dapat digunakan salah satu metode geofisika yaitu metode geolistrik resistivitas.

Metode geolistrik resistivitas digunakan karena metode tersebut sangat peka terhadap anomali kelistrikan termasuk air sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan adanya lokasi titik jenuh yang dapat menyebabkan potensi longsor dan data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana (Yulina, 2015).

Berdasarkan pemaparan di atas maka perlu dilakukan identifikasi struktur batuan daerah rekahan di Kecamatan Girimulyo, tepatnya di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, yang memiliki dua rekahan yang timbul di permukaan, dimana rekahan pertama terdapat di pemukiman warga dan rekahan kedua terdapat di lereng bukit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner. Penentuan struktur batuan daerah rawan longsor dapat diketahui melalui nilai resistivitas batuan. Material longsor dicirikan dengan resistivitas rendah karena batuan dengan resistivitas rendah adalah batuan yang cenderung menyimpan air sedangkan bidang longsor merupakan material yang memiliki resistivitas tinggi (Janna, 2017).



(a) (b)
Gambar 2. (a) Rekahan yang terjadi di lereng bukit, (b) Rekahan yang terjadi di pemukiman warga

Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan tanah longsor sudah banyak dilakukan di Kabupaten Kulon Progo. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Sujarwo (2016) di Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo dengan menggunakan metode resistivitas konfigurasi *dipole-dipole*. Penelitiannya berhasil menunjukkan komposisi struktur bawah permukaan. Penelitian terkait metode geolistrik di antaranya penelitian oleh Janna (2017) di Kecamatan Camba, Kabupaten Maros dengan menggunakan metode geolistrik Wenner yang berhasil menunjukkan komposisi struktur batuan daerah rawan longsor. Penelitian oleh Rahman (2013) di daerah Songgoriti, Kecamatan Batu, Kota Batu dengan menggunakan metode geolistrik Wenner berhasil menunjukkan komposisi struktur bawah permukaan. Penelitian oleh Muhammad (2017) di Desa Pena, Kecamatan Alla, Kabupaten Enrekang dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger berhasil menunjukkan struktur lapisan tanah yang mengandung air sampai jenuh air. Penelitian oleh Sulaiman (2016) di area rawan longsor Desa Selopamioro, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner menunjukkan adanya bidang gelincir pada batuan lempung yang kedap air. Penelitian oleh Tihuraa (2018) di Desa Gayamharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner berhasil menunjukkan struktur bawah permukaan.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, belum ada penelitian identifikasi struktur tanah menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan

Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo. Peneliti ingin mengetahui struktur bawah permukaan area rekahan berdasarkan sebaran nilai resistivitasnya yang di dapatkan dari pengukuran di lapangan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan dapat diidentifikasi masalah-masalah berikut:

1. Tingginya kerentanan longsor di DIY khususnya Kabupaten Kulon Progo.
2. Kerugian yang ditimbulkan akibat bencana tanah longsor sangat besar.
3. Belum adanya penelitian menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan tanah di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini berada pada koordinat $7^{\circ}45'11,66''$ LS sampai $7^{\circ}45'0,97''$ LS dan $110^{\circ}11'26,10''$ BT sampai $110^{\circ}11'16,93''$ BT.
2. Penelitian ini menggunakan 5 lintasan, dimana 4 lintasan sejajar kontur perbukitan dengan panjang masing-masing lintasan 120 meter arah barat timur, sedangkan 1 lintasan dengan panjang 260 meter memotong di antara 4 lintasan tersebut.
3. Konfigurasi geolistrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi Wenner.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana keadaan struktur batuan pada area rawan longsor di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo berdasarkan metode geolistrik konfigurasi Wenner?
2. Bagaimana arah pergerakan tanah pada area rawan longsor di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui struktur batuan pada area rawan longsor Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo berdasarkan metode geolistrik konfigurasi Wenner.
2. Mengetahui arah pergerakan tanah pada area rawan longsor di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai lokasi rawan gerakan tanah dengan mengetahui struktur batuanya, sehingga masyarakat dapat melakukan antisipasi secara dini ketika muncul gejala pergerakan tanah.

3. Memberikan acuan untuk perencanaan, kebijakan, penataan daerah yang akan dilakukan oleh pemerintah.
4. Sebagai bahan acuan dan juga bahan referensi bagi mahasiswa dan semua pihak yang membutuhkan kajian tentang pergerakan tanah dengan metode geolistrik.

BAB II

DASAR TEORI

A. Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut. Air yang meresap ke dalam tanah melalui rekahan akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Secara umum terjadinya longsor pada suatu lereng diakibatkan oleh ketidakseimbangan antara badan dan tahanan kuat geser dari material penyusun lereng tersebut. Tanah longsor merupakan proses alamiah biasa yang merupakan salah satu proses geologi yang terjadi akibat interaksi beberapa kondisi, antara lain: geomorfologi, struktur geologi, hidrogeologi, dan tata guna lahan. Kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mewujudkan kondisi lereng yang cenderung bergerak. Akan tetapi, dengan maksudnya unsur manusia dengan segala aktivitasnya maka nilainya dapat berubah menjadi bencana. Masyarakat pada umumnya menerapkan istilah longsor untuk seluruh jenis gerakan tanah, baik yang melalui bidang gelincir ataupun tidak (Janna, 2017).

Meskipun penyebab utama kejadian gerakan tanah ini adalah gravitasi (gaya tarik bumi) yang mempengaruhi suatu lereng, namun ada pula faktor-faktor lainnya yang turut berpengaruh, yakni: erosi, lemahnya batuan dan tanah, gempa bumi dan

gunung api, getaran dan beban tambahan, tata guna lahan, bekas longsor lama, daerah pembuangan sampah, dan terutama hujan (Syamsudin, 2009).

Kerentanan lereng terhadap gerakan tanah didefinisikan sebagai kecenderungan lereng dalam suatu wilayah atau zona untuk mengalami gerakan, tanpa mempertimbangkan risikonya terhadap kerugian jiwa atau ekonomi. Apabila aspek risiko terhadap manusia diperhitungkan, maka lebih tepat diterapkan istilah *kerawanan* (Yoga, 2015).

1. Jenis-jenis Gerakan Tanah Longsor

Menurut Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral ada 6 jenis pergerakan tanah longsor, yaitu longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Klasifikasi tersebut diuraikan sebagai berikut.

a. Longsor Translasi

Longsor translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai. Longsor translasi dapat dilihat pada Gambar 3.

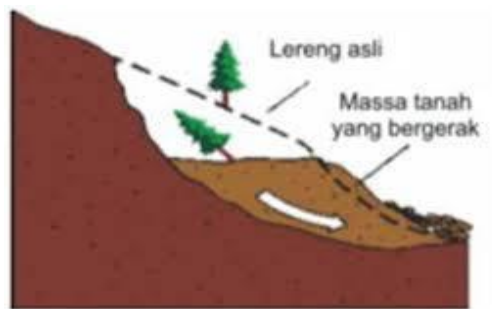


Gambar 3. longsor Translasi (ESDM, 2007)

Kedalaman bidang gelincir pada jenis longsor translasi relatif dangkal. Material yang bergerak secara translasi dapat berupa blok (*rock block slide*).

b. Longsoran Rotasi

Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Longsoran rotasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Longsoran Rotasi (ESDM, 2007)

c. Longsoran Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu. Pergerakan blok dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pergerakan Blok (ESDM, 2007)

d. Longsoran Runtuhan Batu

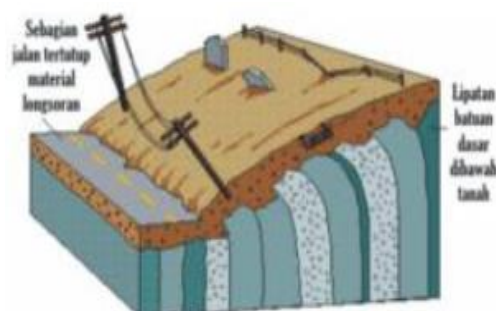
Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan parah. Runtuhan batu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Runtuhan Batu (ESDM, 2007)

e. Longsoran Rayapan Tanah

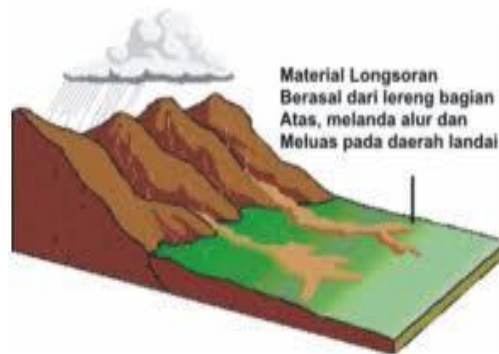
Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Daya lekat antar butir tanah (kohesi) merupakan faktor internal yang menjadi penyebab longsor. Semakin besar nilai kohesi maka kekuatan geser batuan akan semakin besar juga. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini biasa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Rayapan Tanah (ESDM, 2007)

f. Longsoran Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai puluhan bahkan ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak. Aliran bahan rombakan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Aliran Bahan Rombakan (ESDM, 2007)

2. Penyebab Terjadinya Gerakan Tanah Longsor

Gejala umum tanah longsor ditandai munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba dan tebing rapuh serta kerikil mulai berjatuhan. Faktor penyebab lainnya adalah sebagai berikut:

a. Hujan

Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal ini mengakibatkan munculnya pori-pori

tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah ke permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali.

Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu yang singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral.

b. Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180° apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsornya datar.

c. Tanah yang Kurang Padat dan Terjal

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dari sudut lereng lebih dari 22° . Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

d. Batuan yang Kurang Kuat

Batuan endapan gunung api dan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan

mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

e. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkan adalah tanah, badan jalan, lantai dan dinding rumah menjadi retak.

f. Longsoran Lama

Longsoran lama umumnya terjadi selama dan setelah terjadi pengendapan material gunung api pada lereng yang relatif terjal atau pada saat atau sesudah terjadi patahan kulit bumi. Bekas longsoran lama memiliki ciri: adanya tebing terjal yang panjang melengkung membentuk tapal kuda, umumnya dijumpai mata air, pepohonannya yang relatif tebal karena tanahnya gembur dan subur, daerah badan longsor bagian atas umumnya relatif landai, dijumpai longsoran kecil terutama pada tebing lembah, dijumpai tebing-tebing relatif terjal yang merupakan bekas longsoran kecil pada longsoran lama, dijumpai alur lembah dan pada tebingnya dijumpai retakan dan longsoran kecil, longsoran ini cukup luas.

g. Daerah Pembuangan Sampah

Penggunaan lapisan tanah yang rendah untuk pembuangan sampah dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan tanah longsor apalagi ditambah dengan guyuran hujan, seperti yang terjadi di TPAS Leuwigajah di Cimahi. Bencana ini menyebabkan 120 orang lebih meninggal.

3. Zona Kerentanan Gerakan Tanah Longsoran

Zona kerentanan gerakan tanah berdasarkan keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1452 k/10/MEM/2000 adalah sebagai berikut.

a. Zona kerentanan gerakan tanah tinggi

Zona kerentanan gerakan tanah tinggi merupakan daerah yang secara umum mempunyai kerentanan tinggi untuk terjadi gerakan tanah. Gerakan tanah berukuran besar sampai sangat kecil telah sering terjadi dan akan cenderung sering terjadi.

b. Zona kerentanan gerakan tanah menengah

Zona kerentanan gerakan tanah menengah merupakan daerah yang secara umum mempunyai kerentanan menengah untuk terjadi gerakan tanah. Gerakan tanah besar maupun kecil dapat terjadi terutama di daerah yang berbatasan dengan lembah, sungai, gawir, tebing pemotong jalan, dan pada lereng yang mengalami gangguan. Gerakan tanah masih mungkin dapat aktif kembali terutama oleh curah hujan yang tinggi.

c. Zona kerentanan gerakan tanah rendah

Zona kerentanan gerakan tanah rendah merupakan daerah yang secara umum terjadi gerakan tanah. Pada zona ini gerakan tanah umumnya jarang terjadi kecuali jika mengalami gangguan pada lerengnya.

d. Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah

Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah merupakan daerah yang mempunyai kerentanan sangat rendah untuk terjadi gerakan tanah. Pada zona ini sangat jarang atau hampir tidak pernah terjadi gerakan tanah. Tidak ditemukan

adanya gejala-gejala gerakan tanah lama atau baru kecuali pada daerah sekitar tebing sungai.

B. Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah sifat khas dari suatu batuan bila dialiri arus listrik di dalamnya, yaitu yang menyatakan derajat kemampuan batuan menghantarkan arus listrik. Batuan di alam ini dianggap sebagai medium listrik seperti kawat penghantar listrik, sehingga mempunyai resistivitas (tahanan jenis). Hal ini berarti bahwa untuk batuan tertentu, harga resistivitas juga bernilai tertentu. Akibatnya suatu batuan dengan mineral penyusun sama tetapi perbandingannya berbeda, maka resistivitasnya akan berbeda pula. Nilai resistivitas hanya bergantung pada jenis mineral penyusun dan tidak bergantung pada faktor geometri (Patria, 2015).

Sifat dari resistivitas batuan di alam dibedakan menjadi 3 macam, seperti sebagai berikut.

1. Medium Konduktif

Medium yang mudah menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitasnya sangat kecil, berkisar 10^{-8} sampai $1 \Omega\text{m}$. Contoh: logam, *graphite*, *sulfide*.

2. Medium Semikonduktif

Medium yang cukup mudah untuk menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitasnya 1 sampai $10^7 \Omega\text{m}$. Contoh: batuan porus yang mengandung air.

3. Medium Resistif

Medium yang sukar untuk menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitasnya sangat tinggi, lebih besar dari $10^7 \Omega\text{m}$. Batuan ini terdiri dari mineral silikat, *phosphate*, karbonat.

Setiap medium (lapisan batuan) mempunyai sifat kelistrikan berbeda-beda, tergantung dari 8 faktor, yaitu kandungan mineral logam, kandungan mineral non logam, kandungan elektrolit padat, kandungan air garam, perbedaan tekstur batuan, perbedaan porositas batuan, perbedaan permeabilitas batuan, dan perbedaan temperatur (Saputro, 2010). Nilai resistivitas batuan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan (Telford, 1990)

Material	Resistivity (Ohm-meter)
Pirit (<i>Pyrite</i>)	0.01-100
Kwarsa (<i>Quartz</i>)	500-800000
Kalsit (<i>Calcite</i>)	1×10^{12} - 1×10^{13}
Garam Batu (<i>Rock Salt</i>)	$30-1 \times 10^{13}$
Granit (<i>Granite</i>)	200-10000
Andesit (<i>Andesite</i>)	1.7×10^2 - 45×10^4
Basal (<i>Basalt</i>)	200-100.000
Gamping (<i>Limestones</i>)	500-10000
Batu Pasir (<i>Sandstone</i>)	200-8000
Batu Tulis (<i>Shales</i>)	20-2000
Pasir (<i>Sand</i>)	1-1000
Lempung (<i>Clay</i>)	1-100
Air Tanah (<i>Ground Water</i>)	0.5-300
Air Asin (<i>Sea Water</i>)	0.2-0.21
Magnetit (<i>Magnetite</i>)	0.01-1000
Kerikil Kering (<i>Dry gravel</i>)	600-10000
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10-800
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100-600
Pasir Lempungan (<i>Consolidated shales</i>)	$20-2 \times 10^3$

Aliran arus listrik di dalam batuan dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

a. Konduksi secara elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang disebut resistivitas (tahanan jenis). Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut.

b. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat porous dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Akibatnya batuan batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik di bawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

c. Konduksi secara dielektrik

Konduksi pada batuan bersifat dielektrik terhadap aliran listrik. Artinya batuan tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik di luar, sehingga terjadi polarisasi.

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai sifat kelistrikan batuan adalah sebagai berikut.

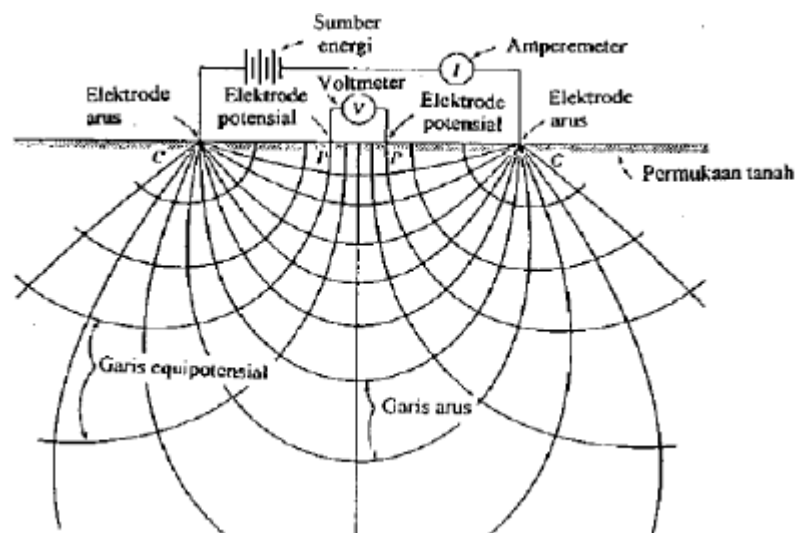
- 1) Ukuran butir penyusun batuan, semakin kecil besar butir maka kelolosan arus akan semakin baik, sehingga mereduksi nilai tahanan jenis.
- 2) Komposisi mineral dari batuan, semakin meningkat kandungan mineral *clay* akan mengakibatkan menurunnya nilai resistivitas.
- 3) Kandungan air, air tanah atau air permukaan, merupakan media yang mereduksi nilai tahanan jenis.
- 4) Kelarutan garam dalam air di dalam batuan mengakibatkan meningkatnya kandungan ion dalam air sehingga berfungsi sebagai konduktor.
- 5) Kepadatan, semakin padat batuan akan meningkatkan nilai resistivitas.
- 6) Porositas, yaitu perbandingan antara volume rongga (pori) terhadap volume batuan itu sendiri. Porositas dinyatakan dalam persen (%) volume. Volume pori-pori batuan yang besar akan memberikan kandungan cairan yang lebih banyak sehingga harga resistivitasnya akan semakin kecil (Janna, 2017).

C. Metode Geolistrik

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat resistivitas tanah untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas memiliki beberapa kelebihan yaitu bersifat tidak merusak lingkungan, pengoperasian mudah dan cepat, biayanya murah, dan dapat mengidentifikasi kedalaman sampai beberapa meter sehingga banyak dipakai dalam survei lingkungan seperti di antaranya untuk menentukan stabilitas lereng, survei daerah rawan dan investigasi pergerakan massa (*mass movement*) (Supeno, 2008). Prinsip kerja metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda yang lain ditunjukkan pada Gambar 9, sehingga diperoleh nilai resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan. Resistivitas batuan yang didapat secara langsung merupakan tahanan jenis semu yang memerlukan suatu pengolahan data lebih lanjut untuk mendapatkan tahanan jenis yang sebenarnya.

Berdasarkan teknik pengukuran geolistrik, dikenal dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas *mapping* dan *sounding (drilling)*. Metode geolistrik resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horizontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektroda yang tetap untuk semua titik *sounding* (titik amat) di permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal. Pada metode ini, pengukuran titik *sounding*

dilakukan dengan jalan mengubah-ubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi. Pada pengukuran di lapangan, pembesaran jarak elektroda dapat dilakukan jika menggunakan alat geolistrik yang memadai. Dalam hal ini alat tersebut harus dapat menghasilkan arus yang besar atau arus yang cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil di dalam bumi (Hurun, 2016).



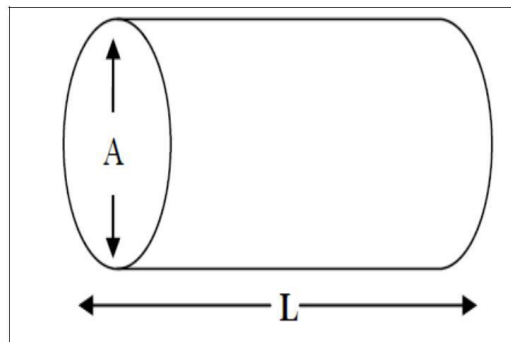
Gambar 9. Cara kerja Metode Geolistrik (Todd, 1980)

Konsep dasar dari Metode Geolistrik resistivitas adalah Hukum Ohm yang dicetuskan oleh George Simon Ohm. Pada tahun 1826 George Simon Ohm melakukan eksperimen menentukan hubungan antara tegangan V pada penghantar dan arus I yang melalui penghantar dalam batas-batas karakteristik parameter penghantar. Parameter itu disebut resistansi R , yang didefinisikan sebagai hasil bagi tegangan V dan arus I , sehingga dituliskan:

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = I R \quad (1)$$

Jika ditinjau suatu silinder dengan panjang L (m), luas penampang A (m²), dan resistivitas ρ (Ωm), seperti ditunjukkan pada Gambar 10, maka resistansi R dapat dirumuskan sebagai :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$



Gambar 10. Silinder dengan Panjang L , Luas Penampang A (Dilanti, 2017)

Dengan mengingat $R = \Delta V / I$, sehingga resistivitas (Ωm) adalah

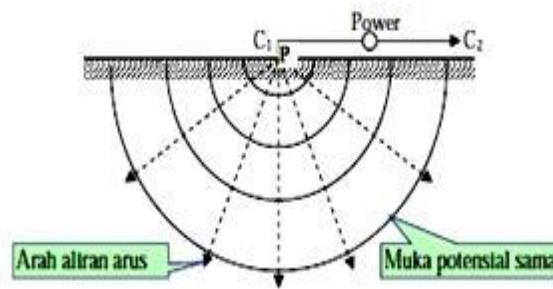
$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{A}{L} \quad (3)$$

dengan ρ adalah resistivitas (Ωm), ΔV adalah beda potensial (volt), I adalah arus listrik (ampere), A adalah luas penampang resistor (m²) dan L adalah panjang medium (meter).

Persamaan (3) digunakan untuk medium yang homogen sehingga akan terukur nilai tahanan jenis yang sesungguhnya (*True Resistivity*) sedangkan untuk medium yang tidak homogen akan terukur nilai tahanan jenis semu (*Apparent Resistivity*). Pada pengukuran di lapangan, nilai tahanan jenis semu tergantung pada tahanan jenis lapisan-lapisan batuan yang terukur dan metode pengukuran (konfigurasi elektroda) yang digunakan. Batuan penyusun di dalam bumi yang

berfungsi sebagai resistor dapat diukur nilai resistivitasnya secara sederhana dengan mengasumsikan bahwa mediumnya merupakan medium yang homogen isotropis (Santoso, 2002).

Kawat yang dialiri arus kemudian diasumsikan menjadi *half-space* atau permukaan medium homogen isotropis seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Kawat Dialiri Sumber Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis (Erfiyanti, 2013)

persamaan (3) dapat diubah bentuk menjadi persamaan (4) (Flathe 1967):

$$\frac{V}{L} = \frac{I}{A} \rho \quad (4)$$

dimana σ adalah konduktivitas (mho/m) berbanding terbalik dengan resistivitas ρ (Ωm).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \frac{I}{A} \frac{L}{V} = \frac{J}{E} \quad (5)$$

Pada bagian sisi kiri muncul medan listrik E (volt/meter), sedangkan pada bagian kanan muncul rapat arus J (ampere/m²), sehingga dalam bentuk yang lain Persamaan (4) dapat dituliskan sebagai:

$$E = j \rho \quad (6)$$

Jika medan listrik merupakan gradien potensial (V) maka

$$\mathbf{E} = -\nabla V \quad (7)$$

$$\mathbf{j} = -\sigma \nabla V \quad (8)$$

Pendekatan yang paling sederhana untuk mempelajari secara teoritis tentang aliran listrik di dalam bumi berlapis adalah menganggap bumi sebagai medium yang homogen dan isotropis. Berikut cara-cara yang digunakan untuk mempelajari aliran listrik di dalam bumi berlapis.

1. Potensial pada bumi homogen isotropis

Potensial pada bumi homogen isotropis menganggap bahwa tahanan jenis tidak bergantung pada sumbu koordinat dan ρ merupakan fungsi skalar jarak titik pengamatan. Arus tunggal I menyebabkan timbulnya distribusi potensial. Hukum-hukum fisika dasar yang dapat digunakan adalah hukum kekekalan muatan dan Hukum Ohm (Syamsuddin, 2007). Arus yang mengalir dalam bumi homogen isotropis didasarkan pada hukum kekekalan muatan yang dituliskan sebagai berikut.

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = -\frac{dq}{dt} \quad (9)$$

dimana \mathbf{J} = rapat arus (A/m^2) dan q = rapat muatan (C/m^3). Persamaan (9) disebut juga sebagai persamaan kontinuitas. Bila arus stasioner maka Persamaan (9) menjadi:

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \quad (10)$$

Akibatnya:

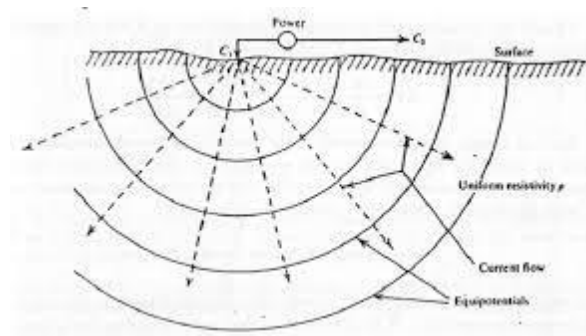
$$\nabla \cdot \mathbf{J} = -\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \quad (11)$$

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (12)$$

Jika konduktivitas listrik medium (σ) konstan, maka suku pertama pada bagian kiri persamaan (12) bernilai nol sehingga didapat persamaan *Laplace*:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (13)$$

2. Potensial Elektroda Arus Tunggal pada Permukaan Medium Isotropis



Gambar 12. Sumber Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis (Hena, 2017)

Pada model bumi yang memiliki bentuk setengah bola homogen isotropis, memiliki konduktivitas udara sama dengan nol. Berdasarkan Gambar 11 arus (I) yang dialirkan melalui sebuah elektroda pada titik P di permukaan akan tersebar ke semua arah dengan besar yang sama. Dalam koordinat bola persamaan *Laplace* dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (14)$$

Aliran arus listrik simetris terhadap θ pada arus tunggal, maka didapatkan:

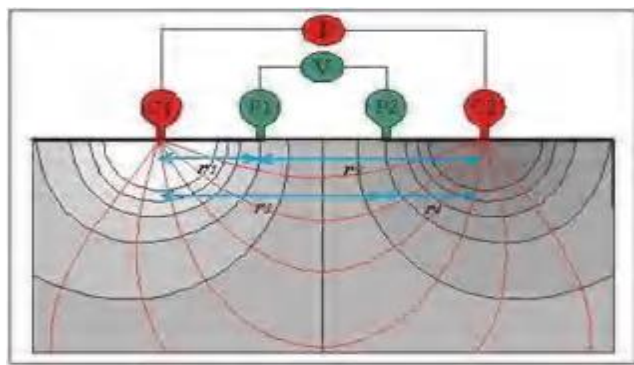
$$\frac{d^2V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \quad (15)$$

Penelitian yang kita lakukan berada di permukaan tanah maka resistivitas udara dianggap bernilai tak hingga, sehingga permukaan yang dilalui arus (I) berbentuk setengah bola yang mempunyai luas $= 2\pi r^2$. Dengan demikian potensial di setiap titik yang berhubungan dengan sumber arus pada permukaan bumi yang homogen isotropis adalah:

$$V = \frac{1}{r} \frac{\rho I}{2\pi} \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (16)$$

3. Potensial Dua Elektroda Arus pada Permukaan Homogen Isotropis

Dalam explorasi dengan menggunakan metode tahanan jenis pada umumnya menggunakan empat buah elektroda, dua buah elektroda arus C_1C_2 dan dua buah elektroda potensial P_1P_2 . Seperti Gambar 13 arus listrik diinjeksikan melalui kedua elektroda arus warna merah sedangkan pengukuran tegangan yang terjadi diukur melalui elektroda potensial warna hijau.



Gambar 13. Skema Dua Elektroda Arus dan Potensial Terletak di Permukaan Tanah Homogen Isotropis dengan Tahanan Jenis

Berdasarkan Gambar 13 didapatkan sebagai berikut:

r_1 = Jarak dari titik P_1 ke sumber arus positif C_1

r_2 = Jarak dari titik P_1 ke sumber arus positif C_2

r_3 = Jarak dari titik P_2 ke sumber arus positif C_1

r_4 = Jarak dari titik P_2 ke sumber arus positif C_2

Potensial yang terjadi pada P_1 akibat adanya C_1 adalah:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1}; \text{ dimana } A_1 = -\frac{l\rho}{2\pi} \quad (17)$$

Potensial yang terjadi pada P_2 akibat adanya C_2 adalah:

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2}; \text{ dimana } A_2 = +\frac{l\rho}{2\pi} = A_1 \quad (18)$$

Besaran koreksi terhadap perbedaan letak titik pengamatan dinamakan faktor geometri (k) yaitu faktor yang mempunyai nilai yang hanya tergantung dari konfigurasi atau geometri dari penempatan elektroda-elektroda arus dan tegangan. Faktor geometri dari beda potensial yang terjadi antara elektroda potensial P_1 dan P_2 yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda arus C_1 dan C_2 adalah

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} = \frac{l\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (19)$$

Hubungan antara beda potensial, tahanan jenis seperti pada Persamaan (19) dapat ditulis sebagai:

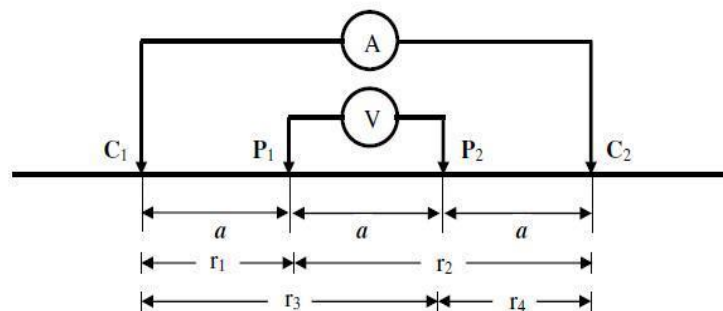
$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{l} \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} = k \frac{\Delta V}{l} \quad (20)$$

$$k = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \quad (21)$$

Nilai resistivitas pada persamaan (20) di atas merupakan nilai resistivitas semu yang didapat dari hasil pengukuran di lapangan. Harga resistivitas ini merupakan nilai rata-rata resistivitas formasi yang dilalui arus listrik. Nilai resistivitas sebenarnya dapat diperoleh menggunakan perangkat lunak berupa *software*. *Software* yang digunakan adalah RES2DINV.

D. Konfigurasi Wenner

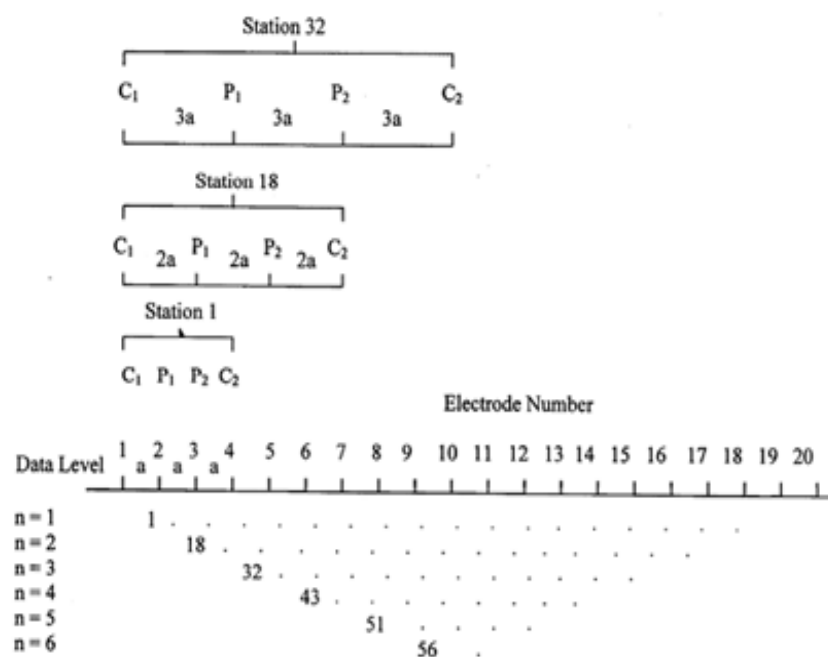
Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_4 = a$ dan $r_2 = r_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik *sounding*-nya adalah $2/a$, maka jarak masing-masing elektroda arus dengan titik *sounding*-nya adalah $2/3a$. Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah $2/a$. Dalam akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik *sounding* (Wijaya, 2015). Konfigurasi Wenner dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Konfigurasi Wenner

Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama ($C_1P_1 = P_2C_2 = a$ dan jarak $C_1P_2 = P_1C_2 = 2a$) seperti yang terlihat pada Gambar 13.

Susunan elektroda arus dan potensial konfigurasi Wenner seperti yang tertera pada Gambar 15.



Gambar 15. Susunan Elektroda Konfigurasi *Wenner*

Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda P_1P_2 lebih baik serta dapat digunakan untuk pengukuran *mapping* maupun *sounding*. Kelemahannya yaitu tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan (tegangan listrik alami yang terdapat pada lapisan batuan karena adanya larutan penghantar yang secara kimiawi menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral-mineral dari lapisan batuan) di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan.

Dengan menggunakan persamaan (21) diperoleh:

$$k = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \quad (22)$$

$$k = 2\pi a \quad (23)$$

a adalah jarak (spasi) antar elektroda

Sehingga faktor geometri untuk konfigurasi Wenner berlaku:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (24)$$

Dengan ρ_a disebut resistivitas semu.

E. Pemodelan metode geolistrik

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh masih berupa resistivitas semu. Nilai resistivitas sebenarnya dapat diperoleh menggunakan perangkat lunak berupa *software*. *Software* yang digunakan adalah RES2DINV. RES2DINV merupakan program komputer yang secara otomatis akan menentukan model resistivitas dua dimensi (2D) bawah permukaan dari data yang diperoleh survei geolistrik. Model 2D menggunakan program inversi dengan teknik optimasi *last-square non linier* dan *subroutine* dari pemodelan maju digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu. Nilai resistivitas yang sudah diolah menggunakan software RES2DINV diinterpretasikan dengan cara mencocokkan tabel tahanan jenis dengan geologi daerah penelitian sehingga diperoleh struktur bawah permukaan daerah penelitian. Data hasil survei geolistrik disimpan dalam bentuk file *.dat dengan data dalam file tersebut tersusun dalam order seperti tabel berikut:

Table 2. Langkah-langkah Penulisan di Notepad (Handayani, 2011)

Line 1	Nama tempat dari garis survey
Line 2	Spasi elektroda terpendek
Line 3	Tipe Pengukuran (Wenner = 1, Pole-pole = 2, Dipole-dipole = 3, Pole-dipol = 4, Schlumberger = 7)
Line 4	Jumlah total datum point
Line 5	Tipe dari lokasi x datum point. Masukkan 0 bila letak elektroda pertama diketahui. Gunakan 1 jika titik tengahnya diketahui.
Line 6	Ketik 1 untuk data IP dan 0 untuk data resistivitas.
Line 7	Posisi x, spasi elektroda, (faktor pemisah elektroda (n) untuk dipoledipole, pole-pole, dan wenner-schlumberger) dan harga resistivitas semu terukur pada datum point pertama
Line 8	Posisi x, spasi elektroda dan resistivitas semu yang terukur untuk datum point kedua. Dan seterusnya untuk datum point berikutnya. Setelah itu diakhiri dengan empat angka 0

F. Geologi Daerah Kulon Progo

Van Bemmelen (1949) membagi Jawa Tengah menjadi 4 (empat) jalur fisiografi dari utara ke selatan yaitu, dataran pantai utara Jawa, jalur pegunungan Serayu utara, jalur pegunungan Serayu selatan, dan jalur pegunungan selatan. Secara regional daerah penelitian termasuk dalam jalur pegunungan selatan. Batuan

penyusun Pegunungan Selatan pada umumnya adalah batuan vulkanik dan batuan karbonat.

Stratigrafi pegunungan Kulonprogo menurut Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) adalah sebagai berikut :

Formasi Nanggulan

Formasi Nanggulan bagian bawah tersusun atas batupasir kuarsa dengan sisipan lignit, bagian tengah disusun oleh napal pasir selang-seling dengan batu pasir dan batu lempung, sedangkan bagian atas disusun oleh napal dan batu gamping berselingan dengan batupasir.

Formasi Jonggrangan

Formasi ini dicirikan oleh batu gamping terumbu dengan hadirnya koral, moluska, foram besar, batu gamping klastikal dan sisipan napal tipis yang mengandung foram plankton dan bentos, ketebalan \pm 150 meter. Bagian bawah dari formasi Jonggrangan terdiri dari konglomerat yang ditumpangi oleh napal tufan dan batu pasir gampingan dengan sisipan lignit. Batuan ini semakin ke atas berubah menjadi batu gamping koral (Wartono Rahardjo dkk, 1977). Ketebalan dari formasi Jonggrangan ini mencapai sekitar 250 meter (Van Bemmelen, 1949).

Formasi kebo butak

Formasi ini dicirikan oleh adanya batuan vulkanik klastik tebal, yang terdiri dari breksi vulkanik (laharik), dengan sisipan lava andesit dan batu pasir tuffan. Bagian bawah dicirikan perselingan breksi andesit dan lava andesit, tebal 275 m, bagian tengah berupa breksi andesit dengan sisipan batu pasir tuffan, tebal 2-20 m,

bagian atas tersusun oleh breksi andesit piroksen sisipan batu pasir kerikilan, tebal 2,5-18 m dan 0,5-2,5 m, sedang tebal keseluruhan mencapai 830 meter.

Formasi Dukuh

Formasi Dukuh disusun oleh selang-seling batu gamping, batu pasir sedang sampai kerikilan, batu lempung, breksi dan konglomerat, mengandung banyak koral, bryzoa, pelecypoda, gastropoda, dan foraminifera. Lokasi tipe ini berada di Dusun Dukuh, Samigaluh, Kulonprogo, ± 17 km ke Utara dari Sentolo dengan koordinat 110°10'22'' BT dan 7°40'36'' LS.

Formasi Sentolo

Formasi ini pada bagian bawah berupa napal pelagis dan sisipan batu gamping, sedang bagian atas dominan batulempung banyak mengandung foram plankton, bentos, dan foram besar. Lokasi formasi ini di daerah Sentolo dan sekitarnya dengan ketebalan ± 1100 meter. Menurut Harsono Pringgoprawiro (1968), litologi penyusun Formasi Sentolo ini di bagian bawah terdiri dari aglomerat dan napal, semakin ke atas berubah menjadi batu gamping.

Kabupaten Kulon Progo memiliki struktur geologi yang terdiri dari 3 bagian yakni Struktur joint, patahan dan lipatan, dimana hamper sebagian besar struktur tanah berbentuk patahan, yaitu daerah yang memiliki sifat erosif dan memiliki prioritas tinggi (struktur lapisan batuan yang tidak teratur, heterogen, sehingga mudah bergerak atau longsor). Adapun bagian-bagian struktur tanah pada kabupaten Kulon Progo yaitu.

Struktur Geologi berupa perlipatan Batuan, perlipatan batuan di formasi Sentolo terdapat di bagian perbukitan formasi Sentolo di daerah Pengasih, Sentolo, Panjatan, Lendah dan Galur.

Struktur Geologi Patahan/Sesar, merupakan bagian dari batuan yang saling bergerak antara bagian blok batuan satu dengan blok batuan yang lain, patahan ini terdapat di bagian timur Kulon Progo yang meliputi wilayah Kalibawang bagian timur, Nanggulan bagian Timur, Sentolo, Panjatan, Galur dan Lendah.

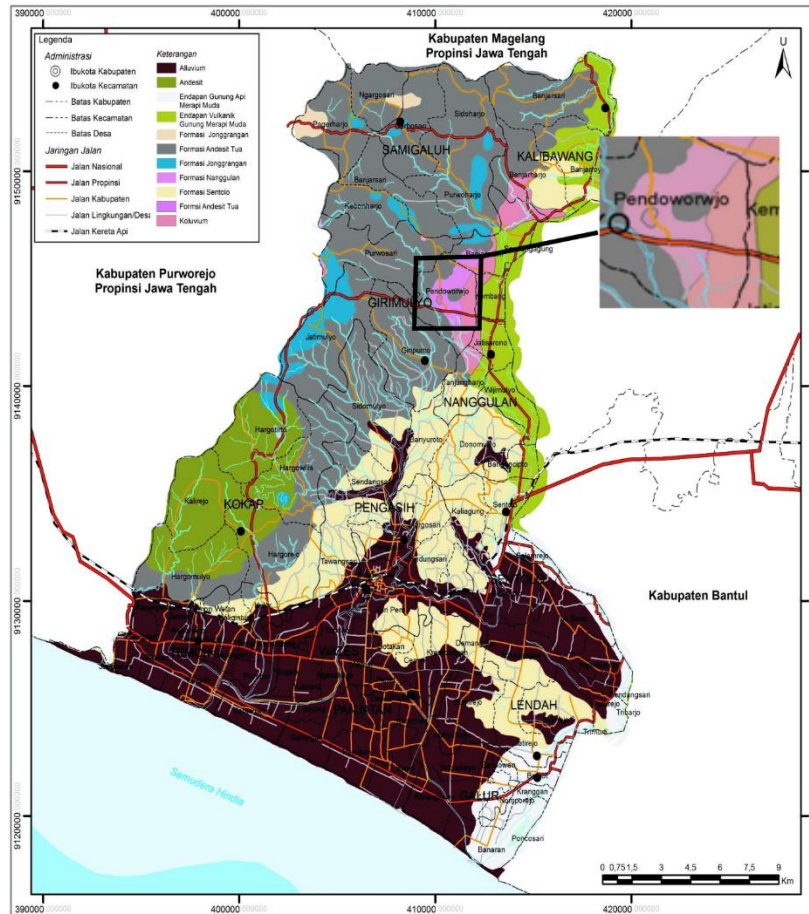
Struktur Kekar yaitu pecahan batuan yang tidak mengalami pergerakan. Struktur kekar ini sangat intensif terdapat di formasi batuan andesit dan formasi andesit tua. Formasi batuan dan sebaran dibedakan menjadi endapan gunung api (40,37%), batuan sedimen (47,81%), batuan gunung api (7,48%) dan batuan terobosan (94,43%).

G. Kecamatan Girimulyo

Kecamatan Girimulya merupakan salah satu dari duabelas Kecamatan yang ada di Kabupaten Kulon Progo yang terletak di bagian timur. Bagian timur berbatasan dengan Kecamatan Nanggulan, sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Samigaluh dan Kalibawang, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Purworejo-Jawa tengah, sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Kokap dan Pengasih, Kecamatan Girimulya memiliki luas wilayah 5.490,424 hektar

Kecamatan Girimulya berada pada dataran tinggi pegunungan Kulon Progo dengan ketinggian 100-500 meter di atas permukaan laut. Keberadaannya yang berada di ketinggian menjadikan wilayah tersebut bersuhu dingin dengan suhu

minimum 20°C dan pada suhu maksimum 27°C. Sehingga keadaan tersebut menyebabkan udara di kecamatan Girimulya lembab. Kecamatan Girimulya di bagi dalam beberapa desa diantaranya Desa Purwosari, Desa Pendoworejo, Desa Jatimulyo, Desa Giripurwa.



Gambar 16. Area Penelitian di Desa Pendoworejo

Gambar 16 menunjukkan daerah penelitian yang dilakukan di Desa Pendoworejo. Desa pendoworejo sendiri merupakan salah satu desa di Kecamatan Girimulyo dengan ancaman longsor tinggi, karena desa ini terdiri dari 17 Dusun dengan 60 persen wilayahnya berupa kemiringan dan pegunungan serta lebih dari

40 persen dari kontur perbukitan rawan akan longsor, itulah mengapa ketika musim hujan tiba warga perlu antisipasi.

Dari Gambar 16 ada kurang lebih 11 warna yang terdapat dipeta bagian legenda, warna-warna tersebut menunjukkan Formasi struktur geologi permukaan area penelitian. Berdasarkan satuan Formasi, desa pendoworejo tersusun atas Formasi Andesit Tua yang mengalami pelapukan sedang hingga tinggi dan kondisi geologi ini mengakibatkan sebagian wilayah desa tersebut rentan terhadap longsor.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 21 – 22 Oktober 2018. Untuk hari pertama dimulai pukul 07.00-19.00 WIB, hari kedua dimulai pukul 07.00-14.00 WIB. Penelitian dilakukan di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo. Secara geografis daerah penelitian ini dibatasi pada koordinat $7^{\circ}45'11,66''$ LS sampai $7^{\circ}45'0,97''$ LS dan $110^{\circ}11'26,10''$ BT sampai $110^{\circ}11'16,93''$ BT. Batas wilayah penelitian meliputi: sebelah utara berbatasan dengan Dusun Turusan dan Jetis, di sebelah barat berbatasan dengan Dusun Tileng, di sebelah timur berbatasan dengan Dusun Krikil, dan di sebelah selatan berbatasan dengan Dusun Kluwih dan Kamal.

B. Instrumen Penelitian

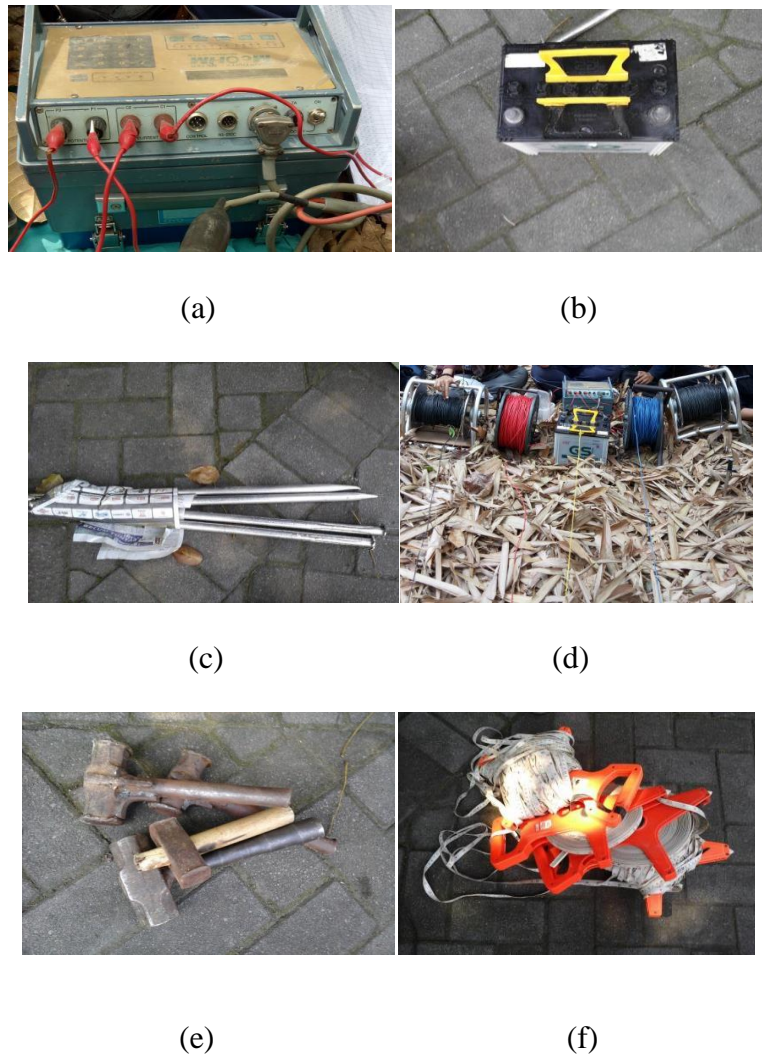
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat keras.

Adapun perangkat keras yang digunakan antara lain :

- a. *Resistivitymeter* (Oyo McOHM type 2115 A) untuk memberikan nilai beda potensial (ΔV) dan arus (I).
- b. Dua buah elektroda arus untuk menyalurkan arus ke dalam permukaan tanah.
- c. Dua buah elektroda potensial untuk menerima tegangan yang terukur.
- d. Dua gulung kabel arus, masing masing sepanjang 300 meter.

- e. Dua gulung kabel potensial, masing masing sepanjang 300 meter.
- f. Empat buah palu untuk menancapkan elektroda.
- g. Dua buah meteran sepanjang 100 meter.
- h. *Accu* sebagai sumber arus *resistivitymeter*.
- i. Laptop untuk memasukkan hasil sementara ke *Microsoft Excel*.
- j. Buku kerja untuk mencatat hasil pengambilan data.
- k. Kamera hp untuk dokumentasi di lokasi penelitian



Gambar 17. (a) *Resistivitymeter* Oyo McOHM type 2115 A, (b) *Accu*, (c) Elektroda, (d) Gulungan kabel, (e) Palu, dan (f) Meteran.

2. Perangkat lunak

Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah :

- a. *Res2Dinv*, untuk menampilkan gambar penampang bawah permukaan.
- b. *Notepad*, untuk input data yang nantinya digunakan di *software Res2Dinv*.
- c. *Microsoft Word*, berfungsi sebagai media dalam penulisan laporan.
- d. *Microsoft Excel*, untuk menghitung dan menginput data yang dihasilkan.
- e. *Google Earth*, untuk mengetahui letak dan topografi daerah penelitian.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu pra penelitian, pengambilan data dan interpretasi data.

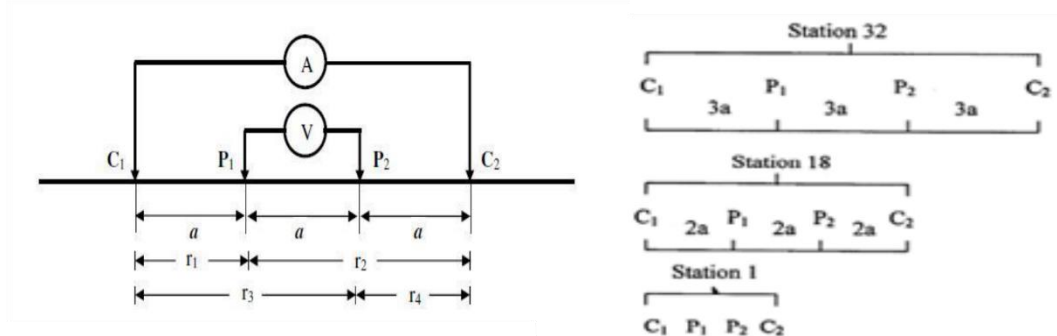
1. Pra penelitian

Dilakukan studi literatur tentang teori-teori yang berhubungan dengan tanah longsor baik berupa buku maupun jurnal ilmiah sebagai sumber referensi. Kegiatan yang dilakukan selain studi literatur yaitu survei lokasi atau pengamatan langsung kondisi geologi wilayah tersebut agar diketahui gambaran lokasi penelitian dan mengurus surat izin penelitian di daerah tersebut.

2. Pengambilan data

Prosedur pengambilan data di lapangan dilakukan dengan menentukan titik-titik pengukuran. Penentuan bentangan arah elektroda didasarkan pada tanda-tanda terjadinya tanah longsor, yaitu terdapat rekahan di lereng bukit yang sejajar dengan kontur bukit. Digunakan 5 lintasan dengan panjang lintasan satu (1A) 260 meter dan 4 lintasan lain (2A, 2B, 2C, dan 2D) yaitu 120 meter. Jarak tiap elektroda 10

meter dan perbesaran jarak a antar elektroda arus (C_1) dan elektroda potensial (P_1) diperbesar dari $n=1$ hingga $n=6$ yang ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Susunan Elektroda pada Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner

Prosedur pengambilan data lapangan adalah sebagai berikut.

1. Mengukur panjang lintasan dengan meteran sesuai hasil survei.
2. Mengulurkan kabel dan memasang elektroda sesuai dengan konfigurasi Wenner dengan spasi awal (a).
3. Menghubungkan kabel-kabel arus dan potensial ke *resistivitymeter*.
4. Mengaktifkan *resistivitymeter*, kemudian melakukan akuisisi data tegangan dan arus.
5. Mencatat hasil nilai akuisisi data tegangan (volt) dan arus (ampere).
6. Untuk pengukuran kedua, ketiga dan seterusnya elektroda tegangan dan arus berpindah sejauh 10 meter dari titik awal menggunakan spasi elektroda sesuai konfigurasi Wenner hingga perbesaran $n=6$. Langkah untuk lintasan selanjutnya sama sesuai panjang lintasan.

3. Pengolahan Data

Data hasil pengukuran berupa nilai beda potensial (ΔV), besarnya kuat arus (I), dan jarak spasi (a). Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai faktor geometri (k) sehingga nilai resistivitas semu (ρa) didapatkan dengan persamaan (24) dengan k adalah faktor geometri konfigurasi Wenner. Nilai faktor geometri didapatkan dengan persamaan (22)

Untuk memperoleh nilai resistivitas yang sebenarnya, diperlukan pengolahan data lebih lanjut dengan menggunakan Res2Dinv. Dalam pengolahan data menggunakan *software* Res2Dinv, yang dilakukan pertama adalah membuka program tersebut, setelah itu pilih menu *file* kemudian *read data file* yang fungsinya menginput data dalam format **.dat*. Data ini sebelumnya telah dibuat dengan *software* Notepad. Selanjutnya pilih OK dan pilih menu *inversion* setelah itu *least squares inversion*. Kemudian terdapat pengaturan iterasi yang dapat diubah sesuai keinginan. Iterasi berfungsi untuk mengurangi *error* yang terjadi. Selanjutnya data diolah dengan *software* Rockworks untuk memberikan gambaran tiga dimensi lapisan bawah permukaan. Dari data *mapping* tiga dimensi kemudian dilakukan interpretasi dan analisis hasil.

4. Interpretasi Data

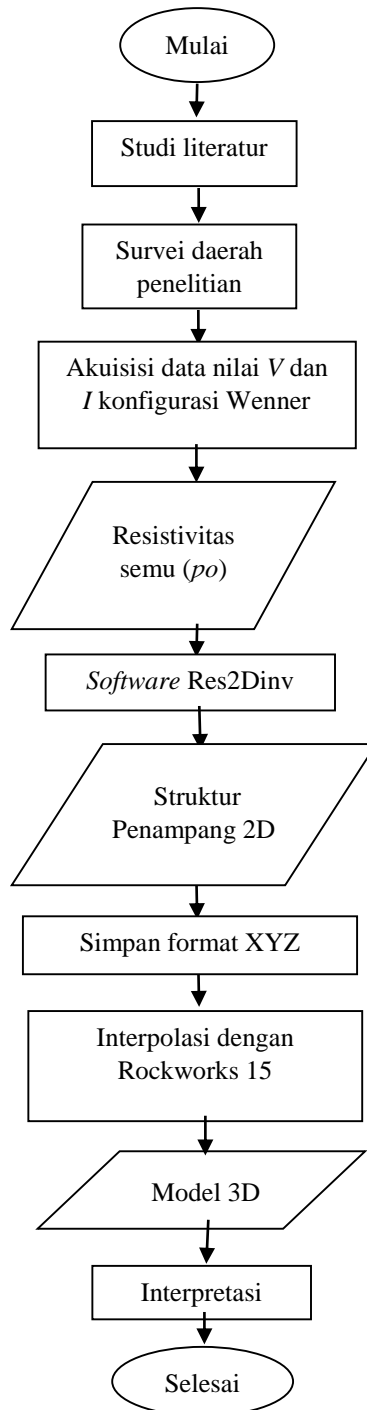
Setelah melakukan pengolahan data, selanjutnya melakukan analisis dan interpretasi data. Analisis dan interpretasi diartikan sebagai penerjemahan bahasa fisis berupa nilai tahanan jenis (resistivitas) menjadi bahasa geologi yang lebih

umum. Oleh karena itu, dalam melakukan analisis dan interpretasi diperlukan pengetahuan geologi daerah penelitian untuk mengetahui jenis batuan.

Batuan adalah material yang juga mempunyai daya hantar listrik dan nilai tahanan jenis tertentu. Nilai tahanan jenis yang sama bisa dimiliki oleh lebih dari satu batuan. Hal ini terjadi karena nilai resistivitas batuan memiliki rentang nilai yang bisa saling tumpang tindih. Analisa dan interpretasi data geolistrik dilakukan dengan *mapping* dua dimensi dan tiga dimensi. Analisa dan interpretasi *mapping* dua dimensi memberikan gambaran sebaran nilai resistivitas secara merata di area penelitian, sedangkan analisa dan interpretasi *mapping* tiga dimensi memberikan gambaran struktur bawah permukaan. Informasi yang diperoleh adalah struktur dan jenis batuan dasar berdasarkan nilai tiap lapisan tersebut secara horizontal.

D. Diagram Alir Penelitian

Tahapan dalam melakukan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Diagram alir penelitian.

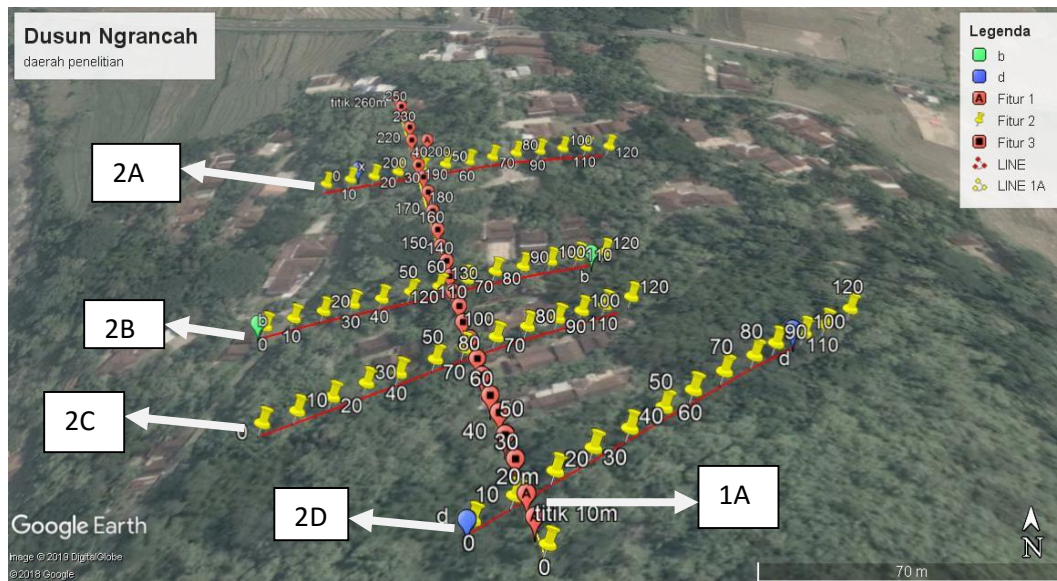
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian terletak di Dusun Ngrancah, Desa Pendoworejo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon progo, dimana daerah penelitian ini rawan akan longsor. Sudah terjadi fenomena rekahan di beberapa titik di Dusun Ngrancah (Gambar 2) pada tahun 2018. Salah satu titik rekahan berada di lereng bukit yang berada di atas pemukiman warga. Penelitian tentang struktur bawah permukaan daerah rawan longsor ini dilakukan dengan metode geolistrik konfigurasi Wenner.

Konfigurasi Wenner merupakan salah satu metode geolistrik resistivitas yang sering digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan. Dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner ini akan diperoleh penampang 2D dan 3D yang menunjukkan distribusi resistivitas batuan di bawah permukaan. Berdasarkan penjelasan ini dapat dari hasil yang diperoleh peneliti dapat menggambarkan daerah penelitian berdasarkan sifat listrik batuan yang ada di bawah permukaan bumi

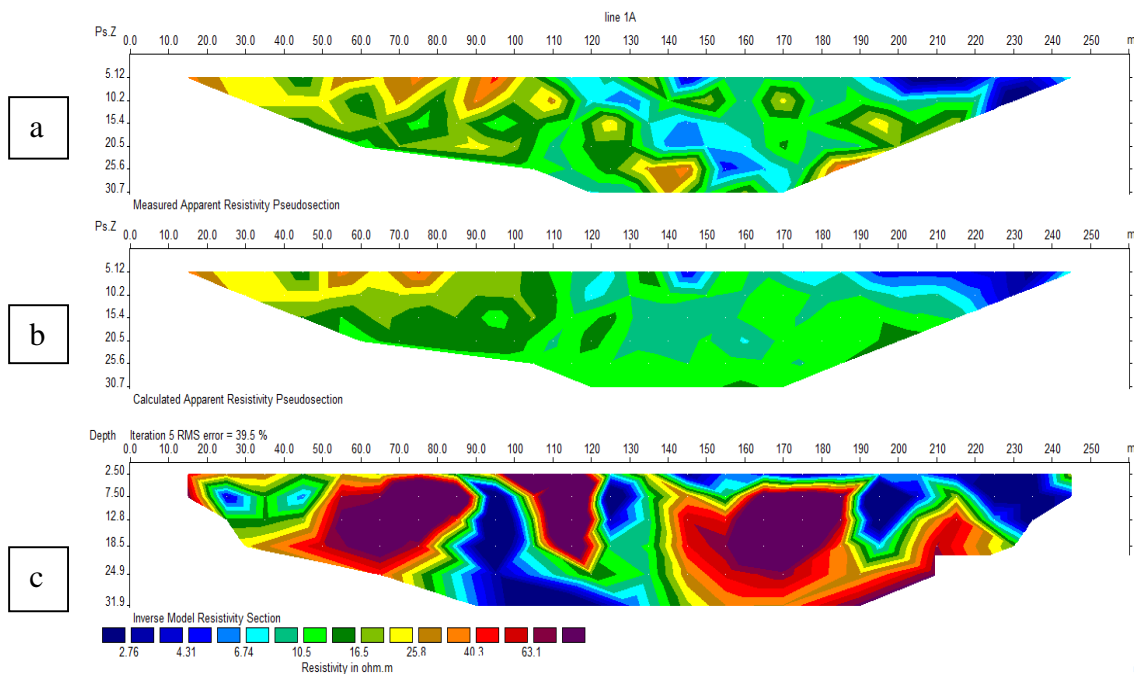
Jumlah lintasan yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 5 lintasan dengan jumlah elektroda tiap lintasannya sebanyak 4, 2 untuk elektroda arus dan 2 untuk elektroda potensial dengan spasi elektroda terkecil 10 meter. Panjang tiap lintasan untuk lintasan 2A, 2B, 2C, dan 2D yaitu 120 meter sedangkan lintasan 1A sejauh 260 meter. Peta lintasan ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Lokasi Lintasan Pada Pengukuran Geolistrik di Daerah Penelitian

A. Hasil data Resistivitas 2D menggunakan Res2Dinv

Pengukuran dengan metode geolistrik di lapangan masih menghasilkan data mentah berupa nilai tegangan (V) dan arus (I), dimana hasil tersebut harus dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* dan *Notepad* supaya dapat diolah. Hasil yang diperoleh di lapangan kemudian diolah menggunakan *software* Res2dinv dan menghasilkan penampang 2D. Adapun macam-macam gambar dalam penampang 2D yaitu dapat dilihat pada Gambar 21:



Gambar 21. Pengolahan data 2D (a) *pseudosection* resistivitas semu, (b) kalkulasi resistivitas semu, (c) hasil inversi resistivitas

Gambar 21a merupakan proses pertama yaitu *Measured Apparent Resistivity Pseudosection* ada proses ini belum berupa nilai yang sebenarnya (*true resistivity*) sehingga *software* Res2dinv akan melakukan proses inversi untuk menghasilkan model Gambar 21c.

Gambar 21b adalah penampang kalkulasi resistivitas semu yang didapat dari hasil resistivitas yang sudah dikalikan dengan faktor geometri (k), sehingga dapat dikatakan sebagai pemodelan nilai dari resistivitas semu. Pada proses ini sudah dilakukan proses inversi, *software* Res2dinv akan mengkalkulasi seolah-olah menghitung untuk mendapatkan Gambar 21b.

Gambar 21c adalah hasil inversi resistivitas yang merupakan nilai resistivitas yang sebenarnya. Pada Gambar 21c sudah ditentukan proses *Root Mean*

Square (RMS) Error. Proses untuk menghitung *RMS error* antara Gambar 21a dan Gambar 21b. Besarnya nilai RMS ditunjukkan dengan persentase. Gambar 21c yang nantinya akan ditambah dengan elevasi sehingga dapat menampilkan hasil sesuai dengan lokasi yang sebenarnya.

Proses inversi merupakan proses pembuatan model spasial berdasarkan data spasial yang diperoleh dari pengukuran lapangan. Teknik inversi dilakukan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai resistivitas semu teoritis berdasarkan model pelapisan awal, sehingga dilakukan pencocokan antara nilai resistivitas semu terhitung dengan nilai resistivitas yang diukur di lapangan. Proses ini dilakukan hingga selisih antara nilai resistivitas terhitung dengan nilai resistivitas di lapangan seminimal mungkin.

Pengolahan data menggunakan *software* Res2dinv akan menghasilkan model penampang 2 dimensi yang menunjukkan kedalaman dan nilai sebaran resistivitas struktur bawah permukaan tanah. Dari hasil nilai sebaran resistivitas struktur bawah permukaan kemudian dilakukan proses analisis dan interpretasi.

Ditinjau dari segi topografi, lintasan 1A dan lintasan 2D mempunyai topografi perbukitan, dengan jalur lintasan 1A membentang dari lereng bukit menuju ke pemukiman warga yang landai. Lintasan 2D berada pada lereng bukit. Untuk lintasan 2A, 2B, dan 2C mempunyai topografi landai yang berada di pemukiman warga.

Berdasarkan informasi di lapangan dan beberapa hasil studi penelitian (Sujarwo, 2016) di daerah ini hingga kedalaman 40 meter material yang terdapat di lokasi ada dua, yaitu lempung dan pasir. Hasil pengolahan data dengan *software*

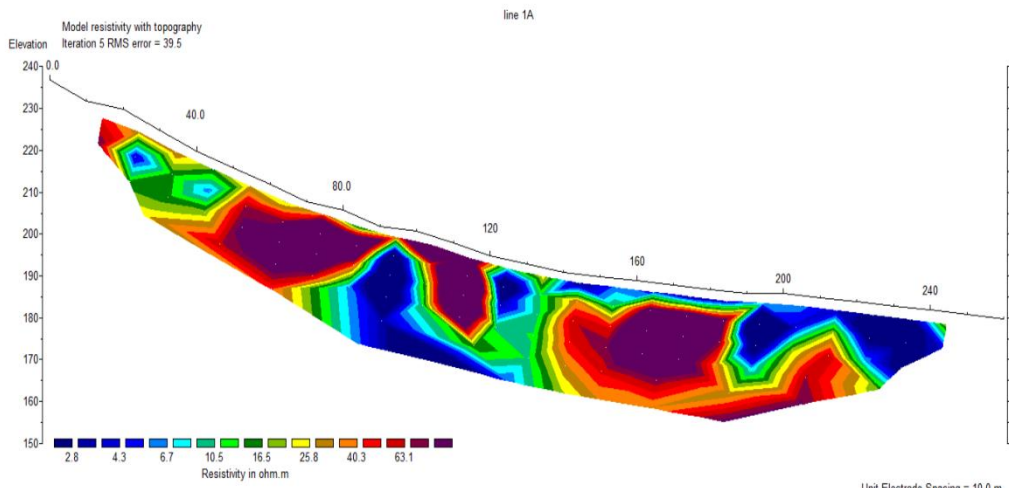
Res2dinv berupa penampang 2D yang telah mengalami proses inversi yang ditunjukkan pada Gambar 21.

a. Lintasan 1A

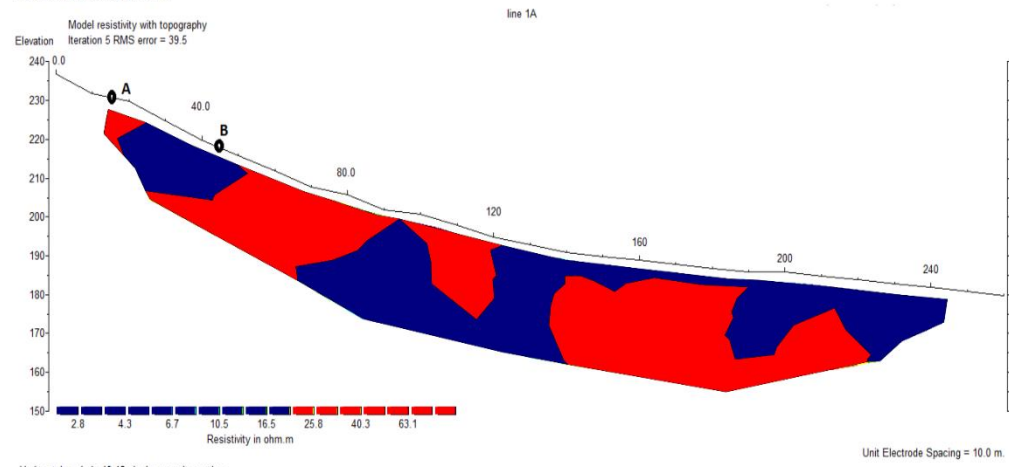
Lintasan 1A merupakan lintasan yang membentang dari selatan menuju utara dengan topografi titik awal pengukuran berada pada 237 meter di atas permukaan laut, sedangkan titik akhir pengukuran berada pada topografi 180 meter di atas permukaan laut, titik awal pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'10,28''S$ dan $110^{\circ}11'22,44''T$ sedangkan titik akhir pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'1,81''S$ dan $110^{\circ}11'20,23''T$. Lintasan 1A memiliki topografi perbukitan yang menuruni lereng bukit, berada di area rekahan yang timbul dan merupakan lintasan yang berfungsi sebagai pemotong untuk empat lintasaan lainnya yaitu lintasan 2A, 2B, 2C, dan 2D seperti terlihat pada Gambar 22.

Berdasarkan penampang pada Gambar 22, lintasan 1A mempunyai dua lapisan batuan penyusun bawah permukaan. Warna biru merupakan lapisan batuan lempung dengan nilai resistivitas antara $2,76-21,15 \Omega m$ dengan foto lokasi penelitian Gambar 22A. Warna merah dengan nilai resistivitas $21,15-63,1 \Omega m$ merupakan lapisan batuan pasir yang ditunjukkan foto lokasi penelitian pada Gambar 22B. Perbedaan warna menunjukkan batas antara zona lemah warna biru dan batuan keras warna merah. Interpretasi ini merujuk dari tabel resistivitas Telford tahun 1990 (Tabel 1).

Pada nilai resistivitas $2,8-21,15 \Omega m$ yang diinterpretasikan sebagai batuan lempung atau soil diidentifikasi sebagai zona lemah berada pada lereng bukit yang menurun, dari Gambar penampang resistivitas pada lintasan 1A ini diduga



Horizontal scale is 49.42 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.92
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 260.0 m.



Horizontal scale is 49.42 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.92
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 260.0 m.



Gambar 22. Penampang 2D lintasan 1A

ditemukan zona lemah pertama yang terdapat di titik 20 meter dan dan zona lemah kedua di titik 85 meter, 2 titik tersebut yang paling mempunyai potensi longsor, apabila terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi secara terus menerus, maka sebagian air hujan akan terakumulasi pada zona lemah dan longsor dengan mudah terjadi sewaktu-waktu, karena pada zona lemah yang berupa batuan lempung memiliki ikatan antar butirannya yang lemah. Material tanah jenis lempung memiliki formasi renggang (*unconsolidates material*) sehingga relatif tidak stabil dan apabila ada gangguan terhadap strukturnya maka ikatan antar butirnya mudah lepas. Pada penampang 2 dimensi lintasan 1A (Gambar 22) terdapat juga batuan pasir yang sebagian berada di bawah batuan lempung dimana lapisan tersebut diindikasikan sebagai zona lemah atau zona rawan.

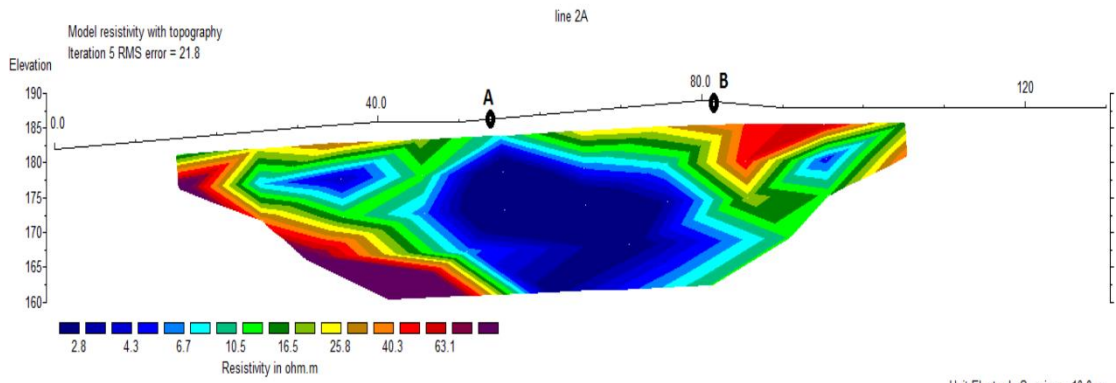
b. Lintasan 2A

Lintasan 2A merupakan lintasan yang membentang dari timur ke arah barat dengan panjang lintasan 120 meter dan berada di pemukiman warga area perkebunan, dimana terdapat jalan dusun yang sering dilewati warga. Titik awal pengukuran terletak pada topografi 182 meter di atas permukaan laut dengan koordinat $7^{\circ}45'3,82''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'19,45''\text{BT}$, sedangkan titik 120 meter terletak pada topografi 188 meter di atas permukaan laut dengankoordinat $7^{\circ}45'3,21''\text{S}$ dan $110^{\circ}11'23,37''\text{T}$.

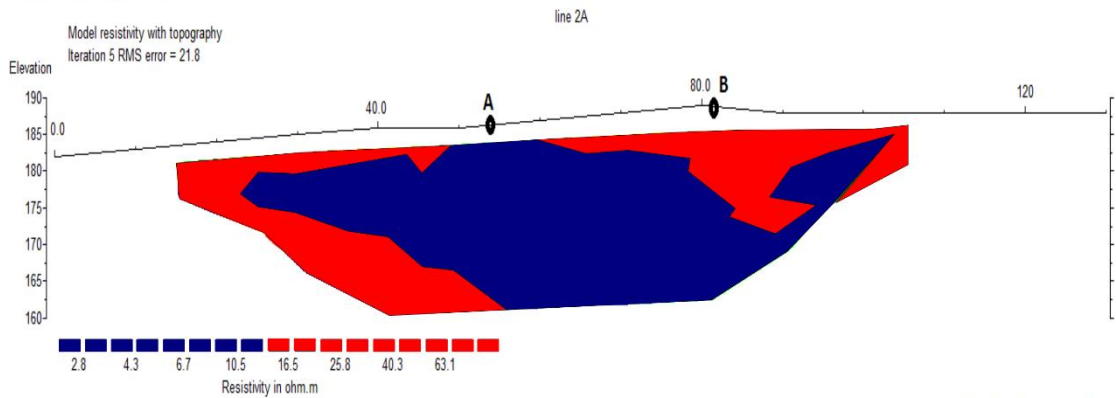
Berdasarkan penampang pada Gambar 23, susunan tahanan jenis pada lintasan 2A setelah mengalami proses pengelompokan mempunyai dua lapisan batuan penyusun bawah permukaan, dimana untuk Skala warna yang dihasilkan

oleh lintasan 2A berkisar antara 2,8-63,1 Ω m. Warna biru merupakan lapisan batuan lempung dengan nilai resistivitas antara 2,76-13,5 Ω m dengan foto lokasi penelitian Gambar 23A, sedangkan pada warna merah dengan nilai resistivitas 13,5-63,1 Ω m merupakan lapisan batuan pasir ditunjukkan foto lokasi penelitian pada Gambar 23B.

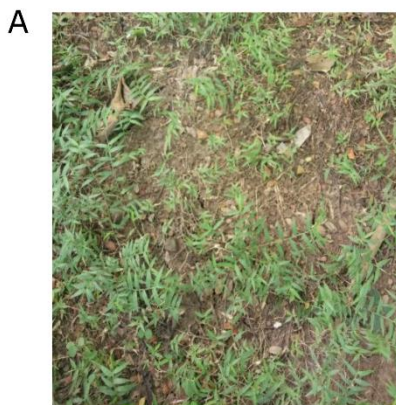
Lintasan 2A terletak di ujung utara dan memotong titik 200 meter pada lintasan 1A Gambar 22. Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 23. Berdasarkan Gambar 23 penampang resistivitas pada lintasan 2A, ditemukan zona lemah pada titik 60 meter dengan nilai resistivitas rendah 2,76-13,5 Ω m yang berupa batuan lempung. Lintasan 2A terdapat di pemukiman warga, yang sebagian besar memiliki material tanah jenis batuan lempung berformasi renggang (*Unconsolidates material*) memiliki ikatan antar butir yang mudah lepas, sehingga jika terjadi hujan lebat dengan intensitas tinggi secara terus menerus, air hujan akan meresap masuk ke dalam permukaan tanah melalui rongga-rongga tanah yang renggang dan akan terakumulasi di zona kedap air, dimana hal tersebut akan mengancam terjadinya longsor.



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



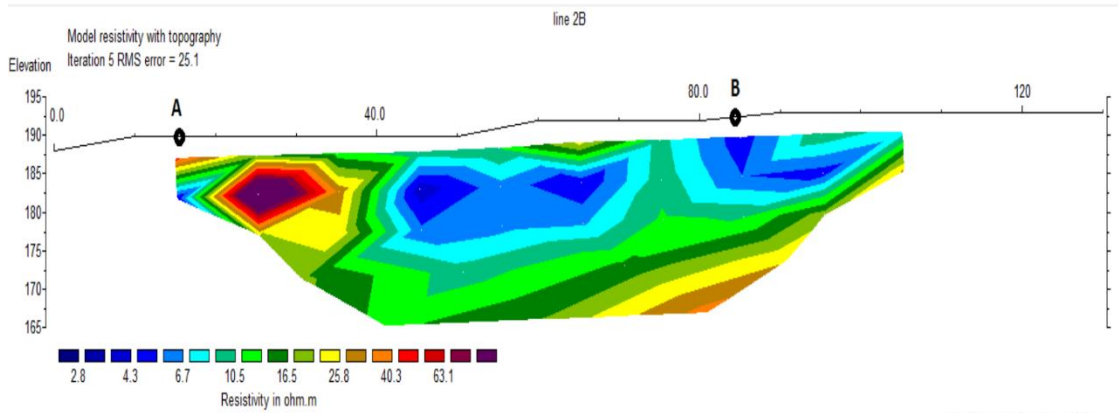
Gambar 23. Penampang 2D lintasan 2A

c. Lintasan 2B

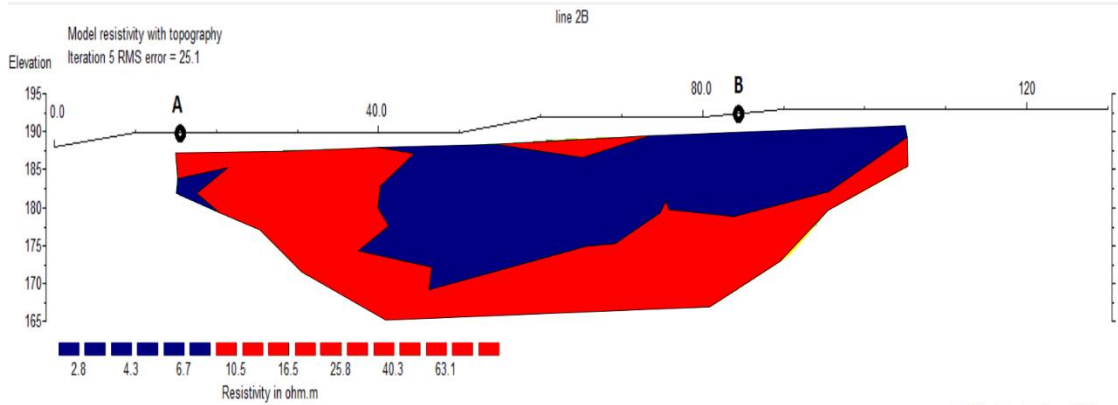
Lintasan 2B merupakan lintasan yang membentang dari timur ke arah barat dengan panjang lintasan 120 meter sejajar lintasan 2A, 2C, dan 2D. Elevasi pada lintasan ini berada di 190 meter di atas permukaan laut dengan lokasi di pinggir jalan setapak yang berada di permukiman warga. Titik awal pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'6,66''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'19,25''\text{BT}$, sedangkan titik akhir pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'5,66''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'23,17''\text{BT}$.

Berdasarkan penampang pada Gambar 24, susunan tahanan jenis pada lintasan 2B menggambarkan keadaan nilai resistivitas dengan nilai rendah hingga tinggi yang terwakili oleh warna biru dan warna merah. Untuk warna biru merupakan lapisan batuan lempung atau soil dengan nilai resistivitas antara 2,76 - 8,6 Ωm dengan foto lokasi penelitian Gambar 24A, sedangkan warna merah dengan nilai resistivitas 8,6 - 63,1 Ωm merupakan lapisan batuan pasir ditunjukkan dengan foto lokasi penelitian pada Gambar 24B.

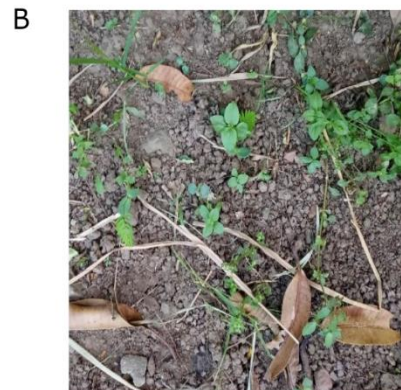
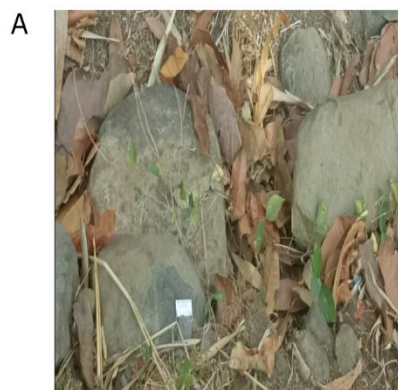
Lintasan 2B Gambar 24 memotong titik 120 meter pada lintasan 1A Gambar 22. Warna biru dalam model penampang dua dimensi yang terdapat pada lintasan 2B menyebar merata di permukaan pada titik 40 sampai 100 meter dengan nilai resistivitas 2,76 – 8,6 Ωm yang berupa lapisan lempung atau *soil*, sedangkan warna merah dengan nilai resistivitas 8,6 – 63,1 Ωm berada pada titik 20 - 30 meter.



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



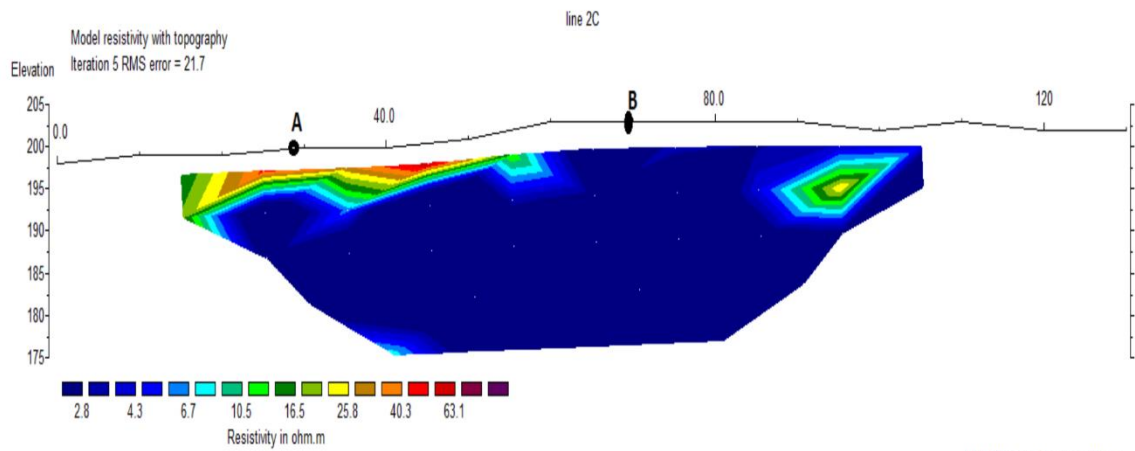
Gambar 24. Penampang 2D lintasan 2B

d. Lintasan 2C

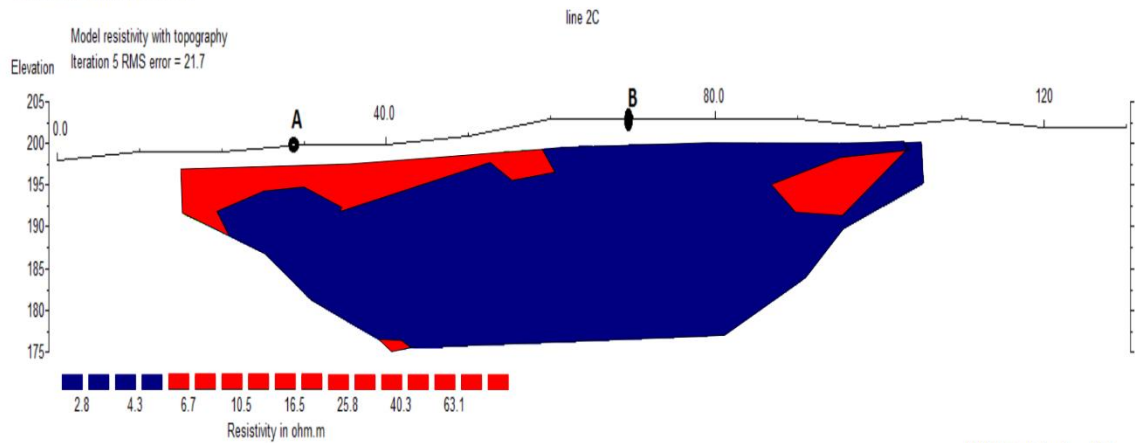
Lintasan 2C berada di lereng bukit dengan titik awal pengukuran di ketinggian 198 meter di atas permukaan laut sedangkan titik akhir pengukuran berada pada ketinggian 202 meter di atas permukaan laut yang didominasi material dengan resistivitas kurang dari $20 \Omega\text{m}$. Pada titik awal pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'8,29''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'19,63''\text{BT}$, sedangkan titik 120 meter terletak pada koordinat $7^{\circ}45'6,67''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'23,39''\text{BT}$.

Berdasarkan pemodelan 2D resistivitas lintasan 2C terlihat pada Gambar 25 merupakan penampang hasil pemodelan setelah mengalami proses pengelompokan. Lintasan 2C mempunyai dua lapisan batuan penyusun bawah permukaan dengan dominasi warna biru. Warna biru sendiri merupakan lapisan batuan lempung dengan nilai resistivitas antara $2,76 - 5,5 \Omega\text{m}$ dengan foto lokasi penelitian Gambar 25A, sedangkan terdapat juga sedikit warna merah. warna merah merupakan lapisan batuan pasir dengan nilai resistivitas $5,5 - 63,1 \Omega\text{m}$ ditunjukkan foto lokasi penelitian pada Gambar 25B.

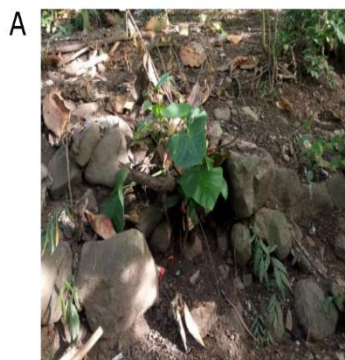
Penampang dua dimensi lintasan 2C Gambar 26 yang memotong di titik 85 meter pada lintasan 1A Gambar 23 didominasi oleh resistivitas dengan warna biru yaitu $2,76 - 5,5 \Omega\text{m}$ yang diindikasikan sebagai zona lemah atau zona rawan, karena pada daerah ini material berupa tanah jenis lempung. Tahanan jenis suatu bahan tergantung pada porositas batuan serta jenis fluida pengisi pori-pori batuan tersebut, dimana batuan lempung memiliki nilai permeabilitas $0,0005$ sangat mudah meloloskan air, sedangkan porositasnya memiliki nilai 45% sehingga batuan



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



Gambar 25. Penampang 2D lintasan 2C

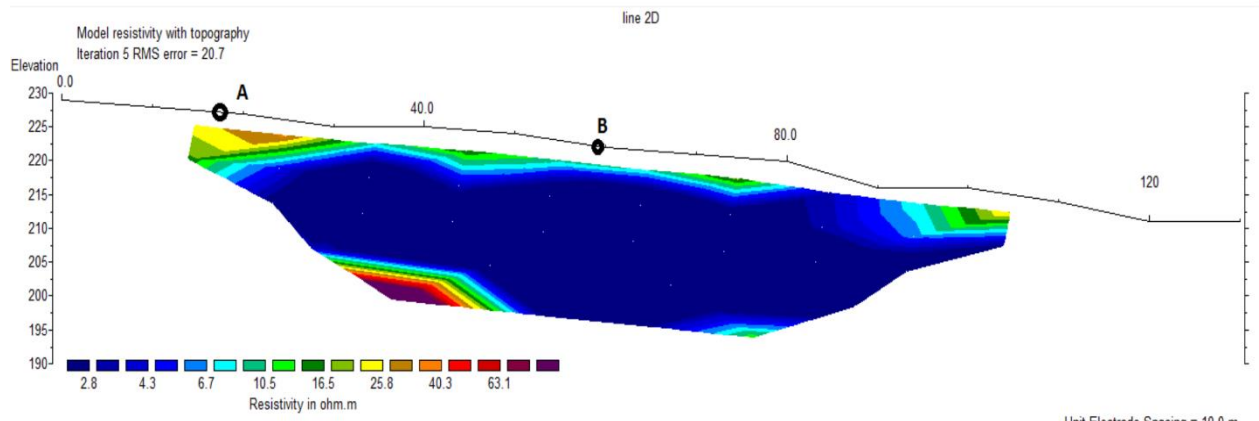
lempung bersifat *porous* yang berisi air dan memiliki nilai tahanan jenis yang rendah.

e. Lintasan 2D

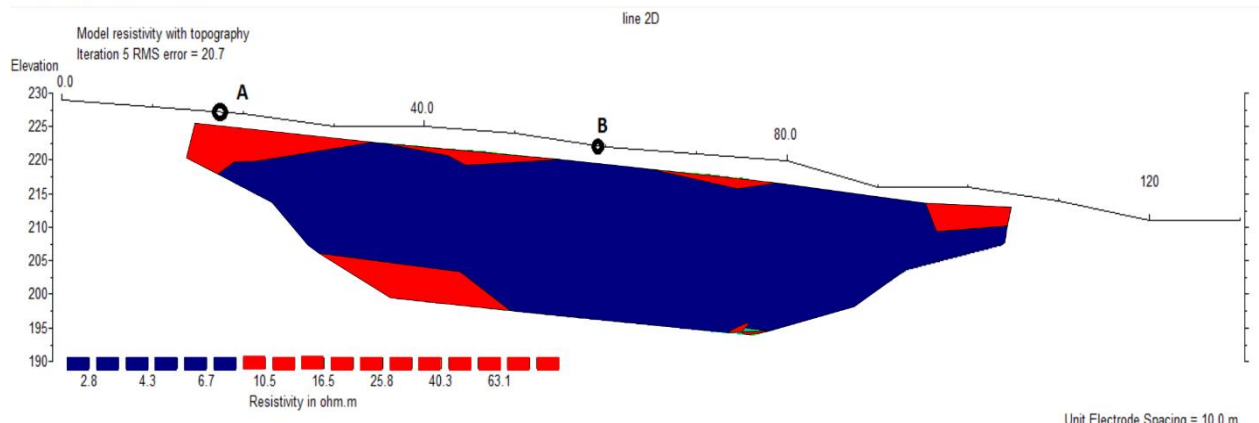
Untuk lintasan 2D berada dilereng bukit yang membentang dari arah timur dan barat, panjang lintasan 120 meter dengan ketinggian 229 meter. Lintasan 2C didominasi oleh material resistivitas warna biru yang berada pada area rekahan. Pada titik awal pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'9.95''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'21.85''\text{BT}$, sedangkan pada titik akhir pengukuran terletak pada koordinat $7^{\circ}45'7.09''\text{LS}$ dan $110^{\circ}11'25.64''\text{T}$.

Berdasarkan penampang pada Gambar 26, susunan tahanan jenis pada lintasan 2D menunjukkan dua lapisan batuan penyusun struktur bawah permukaan. nilai resistivitas antara $2,76 - 8,6 \Omega\text{m}$ dengan foto lokasi penelitian Gambar 26A merupakan batuan lempung dengan warna biru, sedangkan pada nilai resistivitas $8,6 - 63,1 \Omega\text{m}$ merupakan lapisan batuan pasir ditunjukkan dengan foto lokasi penelitian pada Gambar 26B dengan gambar model warna merah.

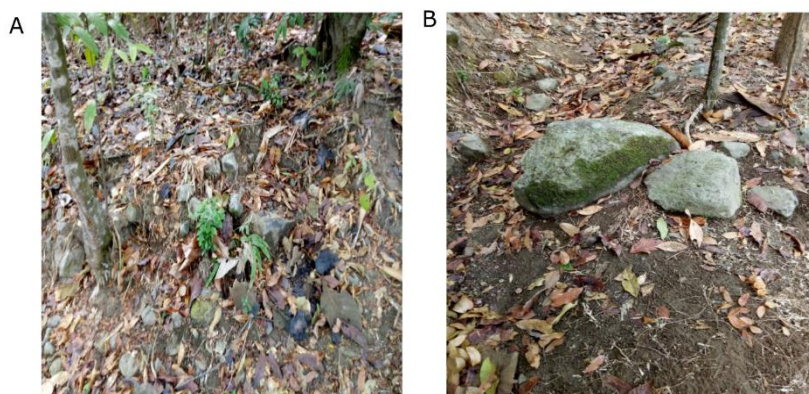
Lintasan 2D Gambar 26 memotong titik 20 meter di lintasan 1A Gambar 23, dan lintasan berada pada area rekahan yang timbul Gambar 2. Dari nilai interpretasi bawah permukaan terlihat Gambar 26 bahwa sebaran nilai resistivitasnya relatif kecil dan didominasi oleh warna biru yang berupa batuan lempung yang diindikasikan sebagai zona lemah di bawah permukaan.



Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.





Horizontal scale is 98.85 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.59
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 130.0 m.



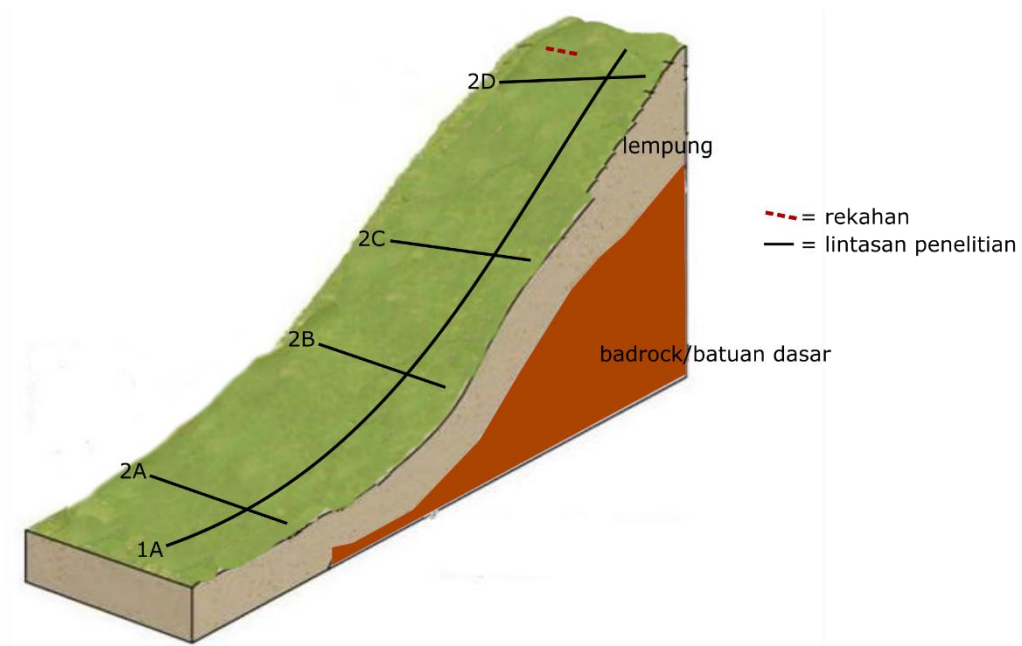
Gambar 26. Penampang 2D lintasan 2D

Jika intensitas hujan tinggi dan lama, maka air hujan akan terakumulasi ke lapisan yang terdapat rekahan tersebut, sehingga menyebabkan bahaya karena air dapat memunculkan pori-pori atau rongga-rongga dalam tanah yang mengakibatkan tanah menjadi kedap air sehingga memberikan tambahan beban pada massa tanah. Kadar air yang meningkat dapat melemahkan kekuatan geser tanah yang mempercepat terjadinya longsor.

Berdasarkan hasil interpretasi dan analisis pada setiap lintasan geologi daerah penelitian tersusun atas formasi andesit tua dengan batuan penyusun berupa batuan lempung dengan resistivitas antara 2,8 Ωm - 21,15 Ωm , dan batuan pasir dengan variasi nilai resistivitas 21,15 Ωm – 63,1 Ωm , dengan bagian atas permukaan berupa *top soil* tanah.

Resistivitas	Jenis material	Warna
2,8 Ωm - 21,15 Ωm	Lempung	
21,15 Ωm – 63,1 Ωm	Pasir	

Dari analisis dan interpretasi 5 lintasan didapatkan bahwa 5 lintasan tersebut mempunyai struktur yang sama dengan komposisi yang berbeda. Untuk lintasan 2C dan 2D yang diindikasikan sebagai area rawan longsor karena berada di lereng bukit dengan hampir seluruh lapisannya berupa batuan lempung, seperti visualisasi pada Gambar 27 (Lintasan 2D).

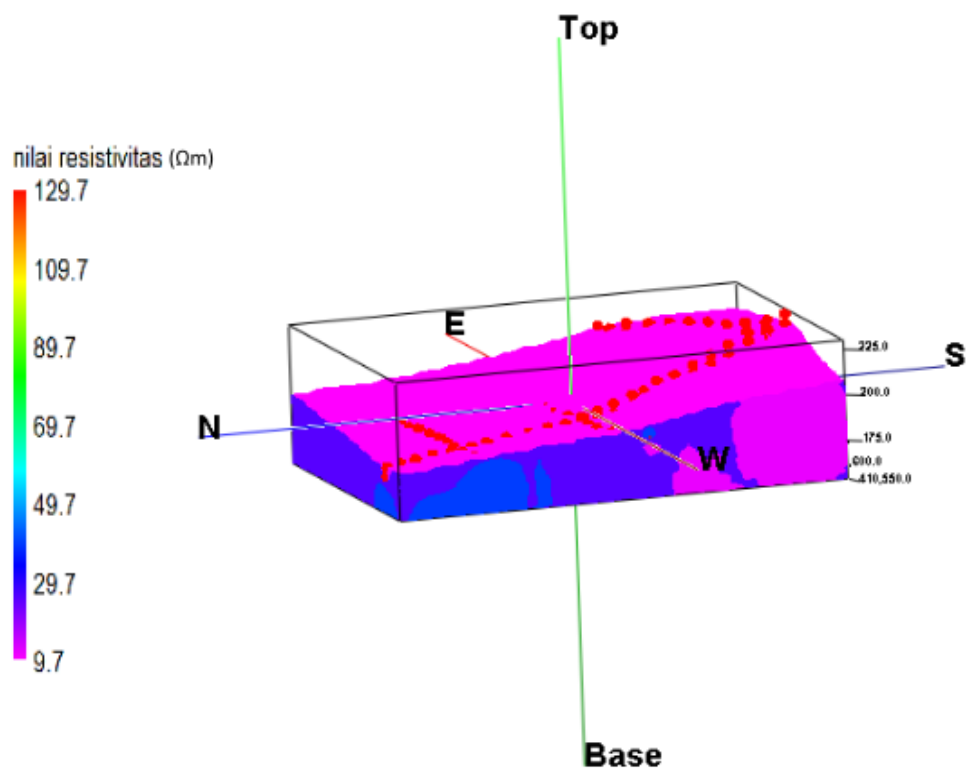


Gambar 27. Visualisasi Lintasan Area Rawan Longsor

Berdasarkan Gambar 27 visualisasi lintasan area rawan longsor, arah pergerakan tanah zona rawan longsor bergerak N 10⁰ NW dan keluar dari lereng bukit, dimana di bawah lereng bukit masih terdapat pemukiman warga yang mana bila tanah mengalami pergerakan tanah (longsor) akibat hujan lebat dan air hujan meresap masuk ke dalam rekahan maka akan mengancam keselamatan warga. Pada dasarnya pergerakan tanah merupakan proses alamiah biasa yang merupakan salah satu proses geologi yang terjadi akibat interaksi beberapa kondisi antara lain hidrogeologi. Kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mewujudkan kondisi yang cenderung bergerak, akan tetapi dengan masuknya unsur manusia dengan segala aktivitasnya maka nilainya dapat berubah menjadi bencana.

B. Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan.

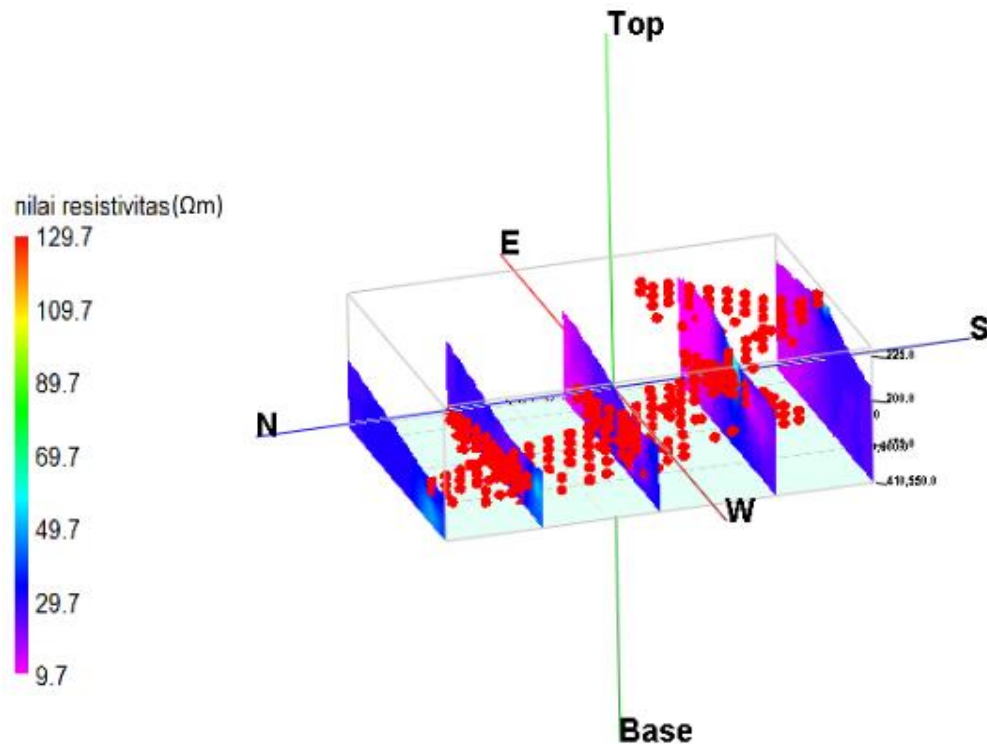
Pemodelan 3D pada wilayah penelitian bertujuan untuk memudahkan interpretasi struktur bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas, dengan *ploting* data lintasan 1A, 2A, 2B, 2C, dan 2D sehingga dapat diketahui persebaran data yang akan dimodelkan. Pada pemodelan 3D data posisi dari titik yang digunakan adalah data lokasi dalam *longitude* dan *latitude* sesuai dengan lokasi setiap elektroda. Untuk data nilai resistivitas yang digunakan adalah data nilai resistivitas hasil inversi *software* Res2Dinv. Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan *software* Rockworks diperoleh citra 3D, dan dari citra 3D terlihat persebaran batuan serta informasi lapisan-lapisan bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas pada daerah penelitian yang ditunjukkan Gambar 28.



Gambar 28. *Solid Model* 3D Gabungan Kelima Lintasan

Solid model 3D pada Gambar 28 divisualisasikan dengan tingkat gradasi warna ungu hingga merah. Gambar 28 menunjukkan pola persebaran nilai resistivitas 3D pada lokasi lereng bukit penelitian yang dilihat dari utara-barat dan barat-selatan. Titik-titik merah merupakan lintasan penelitian, dimana titik-titik merah yang paling panjang merupakan lintasan 1A, sedangkan 4 baris titik-titik merah yang membujur dari barat ke timur merupakan lintasan 2A, 2B, 2C, dan 2D.

Dari gambar tersebut kita dapat mengetahui gambaran keseluruhan daerah penelitian dengan lebih jelas. Berdasarkan hasil antara resistivitas rendah dan resistivitas tinggi, *solid model* 3D tersebut memiliki nilai resistivitas bernilai tinggi $63,1 \Omega\text{m}$ yang divisualisasikan dengan biru muda. Resistivitas bernilai tinggi tersebar di satu titik di bawah permukaan. Persebaran resistivitas rendah bernilai $21,15 \Omega\text{m}$ yang divisualisasikan dengan warna ungu hingga biru tua yang tersebar lebih merata di permukaan dangkal sampai ke permukaan lebih dalam. Pada lintasan 1A, 2A, 2B, 2C, dan 2D nilai resistivitas didominasi oleh resistivitas rendah dan berada pada hampir seluruh lintasan. Untuk lebih memudahkan interpretasi nilai resistivitas tinggi dan rendah dilakukan *slice model* 3D seperti yang ditunjukkan pada Gambar 29.



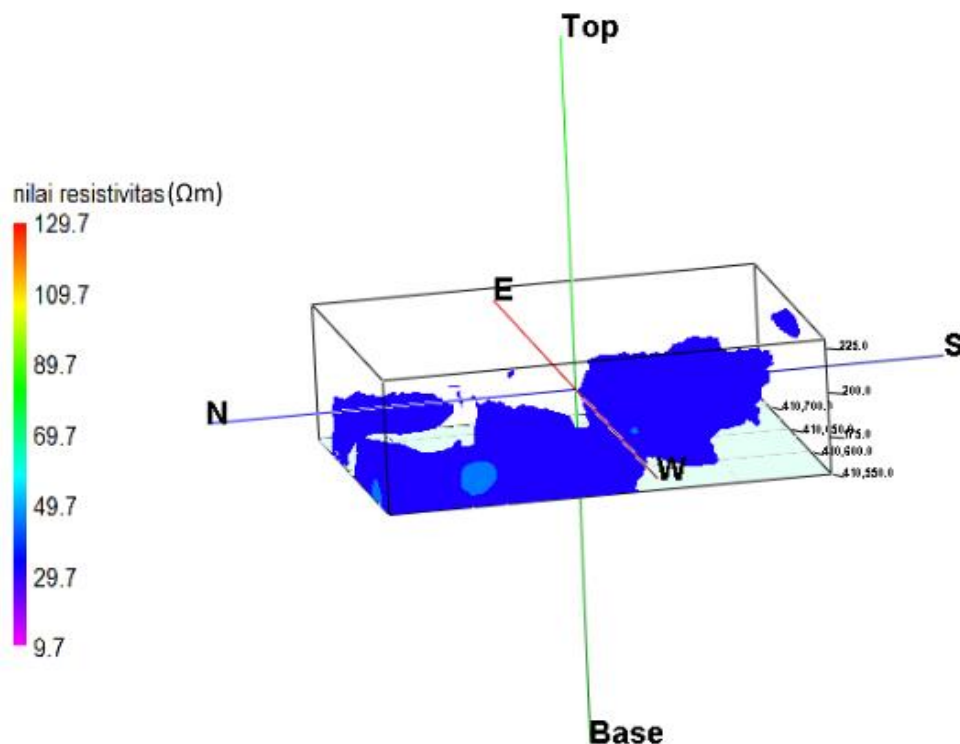
Gambar 29. *Slice Solid Model 3D* Gabungan Kelima lintasan

Gambar 29 menunjukkan *solid model 3D* yang telah dilakukan 5 sayatan secara horizontal dari barat hingga timur. Sayatan pertama berada di bagian selatan daerah penelitian hingga sayatan ke lima berada di bagian utara daerah penelitian. Model sayatan tersebut memudahkan interpretasi mengenai pola persebaran nilai resistivitas tinggi pada kedalaman tertentu. Pada sayatan utara-barat dan tengah selatan daerah penelitian terlihat nilai resistivitas tinggi, sedangkan pada sayatan timur-selatan daerah penelitian terlihat nilai resistivitas rendah. Oleh karena itu besar kemungkinan lintasan 2C dan 2D merupakan daerah zona rawan longsor.

Gambar sayatan *solid model 3D* memvisualisasikan keteraturan persebaran resistivitas, dimana resistivitas rendah pada sayatan paling selatan bersesuaian dengan sayatan sesudahnya menuju ke arah utara turun menuju bawah

lereng, dimana daerah tersebut merupakan zona rawan. Keteraturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 29, dimana daerah yang mempunyai nilai resistivitas rendah juga menunjukkan posisi yang membentuk pola tertentu dan saling berkaitan dengan lintasan selanjutnya.

Untuk memperjelas visualisasi keberadaan nilai resistivitas tinggi pada daerah penelitian maka dilakukan *iso-leveling* nilai resistivitas yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 30.



Gambar 30. Hasil pengolahan 3D pada Persebaran Resistivitas Tinggi.

Gambar 30 memperlihatkan pola persebaran 3D pada daerah penelitian dilihat dari barat-selatan yang menunjukkan persebaran warna biru tua dengan resistivitas tinggi yang diinterpretasikan sebagai pasir yang tersebar di lintasan 1A bagian atas, tengah dan bawah serta terdapat di lintasan 2A bagian timur-barat

lintasan. Untuk itu area rawan longsor berada di bagian tengara penelitian, dimana daerah tersebut merupakan lereng bukit yang berada didaerah rekahan yang timbul.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Dusun Ngrancah Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulya secara umum dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur bawah permukaan daerah penelitian tersusun atas formasi andesit tua dengan batuan penyusunnya terdiri dari batuan lempung dengan variasi nilai resistivitas 2,8 - 21.15 Ωm , batuan pasir dengan variasi nilai 21,15 - 63.1 Ωm .
2. Arah pergerakan tanah untuk daerah penelitian zona rawan longsor di Dusun Ngrancah Desa Pendoworejo yaitu bergerak N 10⁰ NW dan keluar dari lereng sejajar kontur.

B. Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian ini yaitu dikarenakan penelitian ini masih berbersifat analisis dan pendugaan terhadap objek penelitian, maka alangkah baiknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode lain khususnya metode yang terkait dengan sifat fisis batuan seperti konfigurasi geolistrik lainya atau metode grafitasi, agar dapat menjadi pembanding dengan hasil penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dilanti, Wahyuni. 2017. Studi Sebaran Mineral Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Schlumberger di Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru. *Skripsi*. Makasar. Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar.
- Erfiyanti, Fifi. 2013. Identifikasi Akuifer di Zona Patahan Opak Pasca Gempa Yogyakarta 2006 Dengan Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- ESDM. 2007. Pengenalan Gerakan Tanah. Di akses dari www.esdm.go.id/publikasi/lainlain/doc_download/489.pengenalangerakan-tanahtml. Pada tanggal 11 April 2019 pukul 15.45 WIB.
- Harun, Nurisyadzatul 2016. Analisis Data Geolistrik Resistivitas untuk Pemodelan Struktur Geologi Bawah Permukaan Gunung Lumpur Bangkalan. *Skripsi*. Malang. Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Hena. 2017. Studi Bawah Permukaan untuk Identifikasi Sebaran Intrusi Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Schlumberger. *Skripsi*. Makasar. Universitas Hasanudin Makasar.
- Ilham, Rianda. 2017. Karakteristik Geologi Teknik dan Zona Kemampuan Geologi Teknik untuk Pemukiman di Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Immanuel. (2018). BNPB: Terjadi 513 Kejadian Bencana Selama 2 Bulan di Tahun 2108, Longsor Paling Mematikan. Diakses dari <https://m.tribunnews.com/nasional/2018/03/02/bnpbterjadi-513-kejadian-bencana-selama-2-bulan-di-tahun-2018-longor-paling-mematikan.page=3>, pada tanggal 8 Februari 2019, jam 22.23 WIB

- Janna, Nur. (2017). Identifikasi Struktur Batuan Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Camba Kabupaten Maros Berdasarkan Metode Geolistrik Konfgursi Wenner. *Skripsi*. Makasar: Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makasar.
- Kaharudin. 2016. Studi Penentuan Struktur Bawah Permukaan Pada Daerah Zona Alterasi Dengan Metode Resistivitas (Tahanan Jenis) di Kabupaten Gunung Kidul D.IYogyakarta. *Skripsi*. Makasar. Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar.
- Lutfiyanti, Gaya. (2017). Kerugian Akibat Bencana di Kulonprogo Ditaksir Mencapai Rp10 Miliar. Diakses dari <http://jogja.tribunnews.com/2017/12/04/kerugian-akibat-bencana-di-kulonprogo-ditaksir-mencapai-rp10-miliar>. pada tanggal 8 februari 2019, jam 22.45 WIB.
- Muhammad, Taufik. (2017). Identifikasi Lapisan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Desa Pana Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang. *Skripsi*. Makasar. UIN Alaudin Makasar.
- Nandi. (2007). Longsor. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi FPIPS UPL.
- Patria, Annisa. 2015. Pendugaan Persebaran Air Bawah Permukaan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Desa Tanggungharjo Kabupaten Grobogan. *Skripsi*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Rahman, Aulia. (2013). Pemetaan Area Rawan Longsor Di Daerah Songgoriti Kecamatan Batu Kota Batu Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Wenner. *Skripsi*. Malang: Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang.
- Santoso, D ., 2002. Pengantar Teknik Geofisika. Bandung. Institut Teknologi Bandung.

- Setiawan, Afiyat. (2017). Analisis Kerawanan dan Kejadian Tanah Longsor di Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi*. Surakarta: Jurusan Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sujarwo, Anton. (2016). Identifikasi Lapisan Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-dipole di Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulya Kabupaten Kulon Progo. *Skripsi*. Yogyakarta: Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Sulaiman. (2016). Identifikasi Bidang Gelincir Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner, Studi Kasus Area Rawan Longsor: Desa Selopamioro Kec. Imogiri Kab. Bantul. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Supeno dkk. 2008. Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Interpretasi Data Resistivitas. *Laporan Hasil Penelitian* Jember. Universitas Jember.
- Syamsuddin. 2007. Penentuan Struktur Bawah Permukaan Bumi Dangkal Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2D (Studi Kasus Potensi Tanah Longsor Di Panawangan, Ciamis). *Tesis*. Bandung. ITB.
- Telford, W M, et al. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. New York : Cambridge University Press..
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A., (1976), *Applied Geophysics, Edisi 1*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Tihurua, Najila. (2018). Identifikasi Lapisan Tanah Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner di Desa Gayamharjo Kecamatan Prambanan Kabupaten Sleman. *Skripsi*. Yogyakarta. UIN Sunan Kalijaga.
- Todd, D. K dan Mays, L. W. 1980. *Groundwater Hidrology*. Jhon Wiley and Sons, New York.

- Wijaya, A.S. 2015. Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS. *Jurnal Fisika Indonesia*. Surabaya. ITS.
- Yoga, Aditya. 2013. Interpretasi Bawah Permukaan Zona Keretakan Longsor di Desa Gerbosari, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yuliana, Encun. (2015). Analisis Potensi Longsoran Tanah Akibat Zona Jenuh Air Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Daerah Pelabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi. *Skripsi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
DATA HASIL PENELITIAN

Lintasan 1A

n	C1	P1	P2	C2	V (mV)	I (mA)
1	0	10	20	30	1.12	2
2	0	20	40	60	0.36	2
3	0	30	60	90	0.39	5
4	0	40	80	120	0.23	4.99
1	10	20	30	40	1.89	4.99
2	10	30	50	70	0.91	4.99
3	10	40	70	100	0.55	4.99
4	10	50	90	130	0.33	4.99
1	20	30	40	50	3.66	9.99
2	20	40	60	80	1.8	9.99
3	20	50	80	110	0.91	9.99
1	30	40	50	60	2.1	9.99
2	30	50	70	90	1.03	9.99
3	30	60	90	120	0.62	9.99
4	30	70	110	150	0.89	9.99
5	30	80	130	180	0.36	9.99
6	30	90	150	210	0.22	9.99
1	40	50	60	70	4.84	9.99
2	40	60	80	100	2.22	9.99
3	40	70	100	130	0.98	9.99
4	40	80	120	160	0.7	9.99
5	40	90	140	190	0.33	9.99
6	40	100	160	220	0.23	9.99
1	50	60	70	80	3.97	9.99
2	50	70	90	110	1.13	9.99
3	50	80	110	140	0.59	9.99
4	50	90	130	170	0.39	9.99
5	50	100	150	200	0.47	9.99
6	50	110	170	230	0.75	9.99
1	60	70	80	90	5.49	9.99
2	60	80	100	120	2.71	9.99
3	60	90	120	150	0.78	9.99
4	60	100	140	180	0.57	9.99
5	60	110	160	210	0.87	9.99
6	60	120	180	240	0.26	9.99
1	70	80	90	100	3.05	9.99

2	70	90	110	130	1.34	9.99
3	70	100	130	160	0.56	9.99
4	70	110	150	190	0.55	9.99
5	70	120	170	220	1.11	9.99
6	70	130	190	250	0.46	9.99
1	80	90	100	110	3.4	4.99
2	80	100	120	140	2.21	9.99
3	80	110	140	170	1.31	9.99
4	80	120	160	200	0.25	9.99
5	80	130	180	230	0.15	9.99
6	80	140	200	260	0.2	9.99
1	90	100	110	120	2.66	9.99
2	90	110	130	150	0.59	9.99
3	90	120	150	180	0.45	9.99
4	90	130	170	210	0.27	9.99
5	90	140	190	240	0.21	9.99
1	100	110	120	130	1.15	9.99
2	100	120	140	160	0.42	9.99
3	100	130	160	190	0.33	9.99
4	100	140	180	220	0.3	9.99
5	100	150	200	250	0.31	9.99
1	110	120	130	140	1.42	9.99
2	110	130	150	170	1.01	9.99
3	110	140	170	200	0.45	9.99
4	110	150	190	230	0.55	9.99
5	110	160	210	260	1.31	9.99
1	120	130	140	150	3.31	9.99
2	120	140	160	180	1.54	9.99
3	120	150	180	210	0.56	9.99
4	120	160	200	240	0.34	9.99
1	130	140	150	160	0.56	9.99
2	130	150	170	190	0.71	9.99
3	130	160	190	220	0.6	9.99
4	130	170	210	250	0.4	9.99
1	140	150	160	170	1.59	9.99
2	140	160	180	200	1.75	9.99
3	140	170	200	230	0.77	9.99
4	140	180	220	260	0.67	9.99
1	150	160	170	180	1.57	9.99
2	150	170	190	210	0.7	9.99
3	150	180	210	240	1.26	9.99

1	160	170	180	190	1.38	9.99
2	160	180	200	220	0.93	9.99
3	160	190	220	250	0.68	9.99
1	170	180	190	200	1.58	9.99
2	170	190	210	230	0.67	9.99
3	170	200	230	260	1	9.99
1	180	190	200	210	0.93	9.99
2	180	200	220	240	0.79	9.99
1	190	200	210	220	0.32	9.99
2	190	210	230	250	0.8	9.99
1	200	210	220	230	0.37	9.99
2	200	220	240	260	0.12	9.99
1	210	220	230	240	0.9	9.99
1	220	230	240	250	0.6	9.99
1	230	240	250	260	1.26	9.99

Lintasan 2A

n	C1	P1	P2	C2	V	I
1	0	10	20	30	3.89	10
2	0	20	40	60	1.7	10
3	0	30	60	90	1.1	10
4	0	40	80	120	0.67	10
1	10	20	30	40	3.77	10
2	10	30	50	70	1.64	10
3	10	40	70	100	0.89	10
4	10	50	90	120	0.42	10
1	20	30	40	50	1.9	10
2	20	40	60	80	0.64	10
3	20	50	80	110	0.26	10
1	30	40	50	60	1.33	10
2	30	50	70	90	0.61	10
3	30	60	90	120	0.64	10
1	40	50	60	70	1.12	10
2	40	60	80	100	0.39	10
1	50	60	70	80	2.99	10
2	50	70	90	110	1.09	10
1	60	70	80	90	2.48	10
2	60	80	100	120	1.1	10
1	70	80	90	100	1.73	10

1	80	90	100	110	3.4	10
1	90	100	110	120	2.87	10

Lintasan 2B

n	C1	P1	P2	C2	V	I
1	0	10	20	30	2.65	10
2	0	20	40	60	1.1	10
3	0	30	60	90	0.67	10
4	0	40	80	120	0.61	10
1	10	20	30	40	2.62	9.99
2	10	30	50	70	0.82	9.99
3	10	40	70	100	0.52	9.99
4	10	50	90	120	0.32	9.99
1	20	30	40	50	3.43	9.99
2	20	40	60	80	0.89	9.99
3	20	50	80	110	1.59	9.99
1	30	40	50	60	1.97	9.99
2	30	50	70	90	0.94	9.99
3	30	60	90	120	1.06	9.99
1	40	50	60	70	1.05	9.99
2	40	60	80	100	0.64	9.99
1	50	60	70	80	1.48	9.99
2	50	70	90	110	0.67	9.99
1	60	70	80	90	1.53	9.99
2	60	80	100	120	0.84	9.99
1	70	80	90	100	1.1	9.99
1	80	90	100	110	1.71	9.99
1	90	100	110	120	1.69	9.99

Lintasan 2C

n	C1	P1	P2	C2	V	I
1	0	10	20	30	6.6	10
2	0	20	40	60	3.4	9.99
3	0	30	60	90	2.34	9.99
4	0	40	80	120	3.1	9.99
1	10	20	30	40	5.9	9.99
2	10	30	50	70	2	9.99

3	10	40	70	100	2.2	9.99
4	10	50	90	120	1.77	9.99
1	20	30	40	50	3.5	9.99
2	20	40	60	80	2.9	9.99
3	20	50	80	110	2.1	9.99
1	30	40	50	60	8.8	9.99
2	30	50	70	90	4.1	9.99
3	30	60	90	120	3.22	9.99
1	40	50	60	70	2.34	9.99
2	40	60	80	100	1.9	9.99
1	50	60	70	80	2.2	9.99
2	50	70	90	110	1.4	9.99
1	60	70	80	90	3.4	9.99
2	60	80	100	120	2.7	9.99
1	70	80	90	100	2.1	9.99
1	80	90	100	110	1.98	9.99
1	90	100	110	120	1.65	9.99

Lintasan 2D

n	C1	P1	P2	C2	V	I
1	0	10	20	30	8.9	10
2	0	20	40	60	5.1	9.99
3	0	30	60	90	2.05	9.99
4	0	40	80	120	4.3	9.99
1	10	20	30	40	7.2	9.99
2	10	30	50	70	1.71	9.99
3	10	40	70	100	2.22	9.99
4	10	50	90	120	2.9	9.99
1	20	30	40	50	3.38	9.99
2	20	40	60	80	1.57	9.99
3	20	50	80	110	1.19	9.99
1	30	40	50	60	5.6	9.99
2	30	50	70	90	1.8	9.99
3	30	60	90	120	1.27	9.99
1	40	50	60	70	3.4	9.99
2	40	60	80	100	2.08	9.99
1	50	60	70	80	2.48	9.99
2	50	70	90	110	1.7	9.99

1	60	70	80	90	4.12	9.99
2	60	80	100	120	1.59	9.99
1	70	80	90	100	2.54	9.99
1	80	90	100	110	4.33	9.99
1	90	100	110	120	3.86	9.99

LAMPIRAN 2

Rumus menentukan nilai faktor geometri (k) konfigurasi Wenner

$$\begin{aligned}k &= 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \\&= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right\}} \\&= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right\}} \\&= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{a} + \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} \right\}} \\&= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{2}{a} - \frac{2}{2a} \right\}} \\&= \frac{2\pi a(2a)}{2(2a) - 2(a)} \\&= \frac{2\pi a(2a)}{4a - 2a} \\&= \frac{2\pi a(2a)}{2a} \\&= 2\pi a\end{aligned}$$

- Untuk $a = 10$
 $2\pi a = 2\pi(10)$
 $= 2 * 3.14 * (10)$
 $= 62.8$
- Untuk $a = 20$
 $2\pi a = 2\pi(20)$
 $= 2 * 3.14 * (20)$
 $= 125.6$
- Untuk $a = 30$
 $2\pi a = 2\pi(30)$
 $= 2 * 3.14 * (30)$
 $= 188.4$
- Untuk $a = 40$
 $2\pi a = 2\pi(40)$
 $= 2 * 3.14 * (40)$
 $= 251.2$
- Untuk $a = 50$

$$\begin{aligned}2\pi a &= 2\pi(50) \\ &= 2 * 3.14 * (50) \\ &= 314\end{aligned}$$

- Untuk $a = 60$

$$\begin{aligned}2\pi a &= 2\pi(60) \\ &= 2 * 3.14 * (60) \\ &= 376.8\end{aligned}$$

LAMPIRAN 3

Hasil pengolahan data di *Microsoft Excel*

Lintasan 1A

n	C1	P1	P2	C2	V (mV)	I (mA)	R	K	rho	spasi	datum
1	0	10	20	30	1.12	2	0.56	62.8	35.168	10	15
2	0	20	40	60	0.36	2	0.18	125.6	22.608	20	30
3	0	30	60	90	0.39	5	0.078	188.4	14.6952	30	45
4	0	40	80	120	0.23	4.99	0.046092	251.2	11.57836	40	60
1	10	20	30	40	1.89	4.99	0.378758	62.8	23.78597	10	25
2	10	30	50	70	0.91	4.99	0.182365	125.6	22.90501	20	40
3	10	40	70	100	0.55	4.99	0.11022	188.4	20.76553	30	55
4	10	50	90	130	0.33	4.99	0.066132	251.2	16.61242	40	70
1	20	30	40	50	3.66	9.99	0.366366	62.8	23.00781	10	35
2	20	40	60	80	1.8	9.99	0.18018	125.6	22.63063	20	50
3	20	50	80	110	0.91	9.99	0.091091	188.4	17.16156	30	65
1	30	40	50	60	2.1	9.99	0.21021	62.8	13.2012	10	45
2	30	50	70	90	1.03	9.99	0.103103	125.6	12.94975	20	60
3	30	60	90	120	0.62	9.99	0.062062	188.4	11.69249	30	75
4	30	70	110	150	0.89	9.99	0.089089	251.2	22.37918	40	90
5	30	80	130	180	0.36	9.99	0.036036	314	11.31532	50	105
6	30	90	150	210	0.22	9.99	0.022022	376.8	8.297898	60	120
1	40	50	60	70	4.84	9.99	0.484484	62.8	30.42563	10	55
2	40	60	80	100	2.22	9.99	0.222222	125.6	27.91111	20	70
3	40	70	100	130	0.98	9.99	0.098098	188.4	18.48168	30	85
4	40	80	120	160	0.7	9.99	0.07007	251.2	17.6016	40	100
5	40	90	140	190	0.33	9.99	0.033033	314	10.37237	50	115
6	40	100	160	220	0.23	9.99	0.023023	376.8	8.675075	60	130
1	50	60	70	80	3.97	9.99	0.397397	62.8	24.95656	10	65
2	50	70	90	110	1.13	9.99	0.113113	125.6	14.20701	20	80
3	50	80	110	140	0.59	9.99	0.059059	188.4	11.12673	30	95
4	50	90	130	170	0.39	9.99	0.039039	251.2	9.806607	40	110
5	50	100	150	200	0.47	9.99	0.047047	314	14.77277	50	125
6	50	110	170	230	0.75	9.99	0.075075	376.8	28.28829	60	140
1	60	70	80	90	5.49	9.99	0.54955	62.8	34.51171	10	75
2	60	80	100	120	2.71	9.99	0.271271	125.6	34.07167	20	90
3	60	90	120	150	0.78	9.99	0.078078	188.4	14.70991	30	105
4	60	100	140	180	0.57	9.99	0.057057	251.2	14.33273	40	120
5	60	110	160	210	0.87	9.99	0.087087	314	27.34535	50	135
6	60	120	180	240	0.26	9.99	0.026026	376.8	9.806607	60	150
1	70	80	90	100	3.05	9.99	0.305305	62.8	19.17317	10	85

2	70	90	110	130	1.34	9.99	0.134134	125.6	16.84725	20	100
3	70	100	130	160	0.56	9.99	0.056056	188.4	10.56096	30	115
4	70	110	150	190	0.55	9.99	0.055055	251.2	13.82983	40	130
5	70	120	170	220	1.11	9.99	0.111111	314	34.88889	50	145
6	70	130	190	250	0.46	9.99	0.046046	376.8	17.35015	60	160
1	80	90	100	110	3.4	4.99	0.681363	62.8	42.78958	10	95
2	80	100	120	140	2.21	9.99	0.221221	125.6	27.78539	20	110
3	80	110	140	170	1.31	9.99	0.131131	188.4	24.70511	30	125
4	80	120	160	200	0.25	9.99	0.025025	251.2	6.286286	40	140
5	80	130	180	230	0.15	9.99	0.015015	314	4.714715	50	155
6	80	140	200	260	0.2	9.99	0.02002	376.8	7.543544	60	170
1	90	100	110	120	2.66	9.99	0.266266	62.8	16.72152	10	105
2	90	110	130	150	0.59	9.99	0.059059	125.6	7.417818	20	120
3	90	120	150	180	0.45	9.99	0.045045	188.4	8.486486	30	135
4	90	130	170	210	0.27	9.99	0.027027	251.2	6.789189	40	150
5	90	140	190	240	0.21	9.99	0.021021	314	6.600601	50	165
1	100	110	120	130	1.15	9.99	0.115115	62.8	7.229229	10	115
2	100	120	140	160	0.42	9.99	0.042042	125.6	5.28048	20	130
3	100	130	160	190	0.33	9.99	0.033033	188.4	6.223423	30	145
4	100	140	180	220	0.3	9.99	0.03003	251.2	7.543544	40	160
5	100	150	200	250	0.31	9.99	0.031031	314	9.743744	50	175
1	110	120	130	140	1.42	9.99	0.142142	62.8	8.926527	10	125
2	110	130	150	170	1.01	9.99	0.101101	125.6	12.6983	20	140
3	110	140	170	200	0.45	9.99	0.045045	188.4	8.486486	30	155
4	110	150	190	230	0.55	9.99	0.055055	251.2	13.82983	40	170
5	110	160	210	260	1.31	9.99	0.131131	314	41.17518	50	185
1	120	130	140	150	3.31	9.99	0.331331	62.8	20.80761	10	135
2	120	140	160	180	1.54	9.99	0.154154	125.6	19.36176	20	150
3	120	150	180	210	0.56	9.99	0.056056	188.4	10.56096	30	165
4	120	160	200	240	0.34	9.99	0.034034	251.2	8.549349	40	180
1	130	140	150	160	0.56	9.99	0.056056	62.8	3.52032	10	145
2	130	150	170	190	0.71	9.99	0.071071	125.6	8.926527	20	160
3	130	160	190	220	0.6	9.99	0.06006	188.4	11.31532	30	175
4	130	170	210	250	0.4	9.99	0.04004	251.2	10.05806	40	190
1	140	150	160	170	1.59	9.99	0.159159	62.8	9.995195	10	155
2	140	160	180	200	1.75	9.99	0.175175	125.6	22.002	20	170
3	140	170	200	230	0.77	9.99	0.077077	188.4	14.52132	30	185
4	140	180	220	260	0.67	9.99	0.067067	251.2	16.84725	40	200
1	150	160	170	180	1.57	9.99	0.157157	62.8	9.869469	10	165
2	150	170	190	210	0.7	9.99	0.07007	125.6	8.800801	20	180
3	150	180	210	240	1.26	9.99	0.126126	188.4	23.76216	30	195

1	160	170	180	190	1.38	9.99	0.138138	62.8	8.675075	10	175
2	160	180	200	220	0.93	9.99	0.093093	125.6	11.69249	20	190
3	160	190	220	250	0.68	9.99	0.068068	188.4	12.82402	30	205
1	170	180	190	200	1.58	9.99	0.158158	62.8	9.932332	10	185
2	170	190	210	230	0.67	9.99	0.067067	125.6	8.423624	20	200
3	170	200	230	260	1	9.99	0.1001	188.4	18.85886	30	215
1	180	190	200	210	0.93	9.99	0.093093	62.8	5.846246	10	195
2	180	200	220	240	0.79	9.99	0.079079	125.6	9.932332	20	210
1	190	200	210	220	0.32	9.99	0.032032	62.8	2.011612	10	205
2	190	210	230	250	0.8	9.99	0.08008	125.6	10.05806	20	220
1	200	210	220	230	0.37	9.99	0.037037	62.8	2.325926	10	215
2	200	220	240	260	0.12	9.99	0.012012	125.6	1.508709	20	230
1	210	220	230	240	0.9	9.99	0.09009	62.8	5.657658	10	225
1	220	230	240	250	0.6	9.99	0.06006	62.8	3.771772	10	235
1	230	240	250	260	1.26	9.99	0.126126	62.8	7.920721	10	245

Lintasan 2A

n	C1	P1	P2	C2	V(mV)	I(mA)	R	K	rho	spasi	datum
1	0	10	20	30	3.89	10	0.389	62.8	24.4292	10	15
2	0	20	40	60	1.7	10	0.17	126	21.352	20	30
3	0	30	60	90	1.1	10	0.11	188	20.724	30	45
4	0	40	80	120	0.67	10	0.067	251	16.8304	40	60
1	10	20	30	40	3.77	10	0.377	62.8	23.6756	10	25
2	10	30	50	70	1.64	10	0.164	126	20.5984	20	40
3	10	40	70	100	0.89	10	0.089	188	16.7676	30	55
4	10	50	90	130	0.42	10	0.042	251	10.5504	40	70
1	20	30	40	50	1.9	10	0.19	62.8	11.932	10	35
2	20	40	60	80	0.64	10	0.064	126	8.0384	20	50
3	20	50	80	110	0.26	10	0.026	188	4.8984	30	65
1	30	40	50	60	1.33	10	0.133	62.8	8.3524	10	45
2	30	50	70	90	0.61	10	0.061	126	7.6616	20	60
3	30	60	90	120	0.64	10	0.064	188	12.0576	30	75
1	40	50	60	70	1.12	10	0.112	62.8	7.0336	10	55
2	40	60	80	100	0.39	10	0.039	126	4.8984	20	70
1	50	60	70	80	2.99	10	0.299	62.8	18.7772	10	65
2	50	70	90	110	1.09	10	0.109	126	13.6904	20	80
1	60	70	80	90	2.48	10	0.248	62.8	15.5744	10	75
2	60	80	100	120	1.1	10	0.11	126	13.816	20	90
1	70	80	90	100	1.73	10	0.173	62.8	10.8644	10	85

1	80	90	100	110	3.4	10	0.34	62.8	21.352	10	95
1	90	100	110	120	2.87	10	0.287	62.8	18.0236	10	105

Lintasan 2B

n	C1	P1	P2	C2	V(mV)	I(mA)	R	K	rho	spasi	datum
1	0	10	20	30	2.65	10	0.265	62.8	16.642	10	15
2	0	20	40	60	1.1	10	0.11	125.6	13.816	20	30
3	0	30	60	90	0.67	10	0.067	188.4	12.6228	30	45
4	0	40	80	120	0.61	10	0.061	251.2	15.3232	40	60
1	10	20	30	40	2.62	9.99	0.262262	62.8	16.47007	10	25
2	10	30	50	70	0.82	9.99	0.082082	125.6	10.30951	20	40
3	10	40	70	100	0.52	9.99	0.052052	188.4	9.806607	30	55
4	10	50	90	120	0.32	9.99	0.032032	251.2	8.046446	40	70
1	20	30	40	50	3.43	9.99	0.343343	62.8	21.56196	10	35
2	20	40	60	80	0.89	9.99	0.089089	125.6	11.18959	20	50
3	20	50	80	110	1.59	9.99	0.159159	188.4	29.98559	30	65
1	30	40	50	60	1.97	9.99	0.197197	62.8	12.38398	10	45
2	30	50	70	90	0.94	9.99	0.094094	125.6	11.81822	20	60
3	30	60	90	120	1.06	9.99	0.106106	188.4	19.99039	30	75
1	40	50	60	70	1.05	9.99	0.105105	62.8	6.600601	10	55
2	40	60	80	100	0.64	9.99	0.064064	125.6	8.046446	20	70
1	50	60	70	80	1.48	9.99	0.148148	62.8	9.303704	10	65
2	50	70	90	110	0.67	9.99	0.067067	125.6	8.423624	20	80
1	60	70	80	90	1.53	9.99	0.153153	62.8	9.618018	10	75
2	60	80	100	120	0.84	9.99	0.084084	125.6	10.56096	20	90
1	70	80	90	100	1.1	9.99	0.11011	62.8	6.914915	10	85
1	80	90	100	110	1.71	9.99	0.171171	62.8	10.74955	10	95
1	90	100	110	120	1.69	9.99	0.169169	62.8	10.62382	10	105

Lintasan 2C

n	C1	P1	P2	C2	V(mV)	I(mA)	R	K	rho	spasi	datum
1	0	10	20	30	6.6	10	0.66	62.8	7.92	10	15
2	0	20	40	60	3.4	9.99	0.34034	125.6	4.084084	20	30
3	0	30	60	90	2.34	9.99	0.234234	188.4	2.810811	30	45
4	0	40	80	120	3.1	9.99	0.31031	251.2	3.723724	40	60
1	10	20	30	40	5.9	9.99	0.590591	62.8	7.087087	10	25
2	10	30	50	70	2	9.99	0.2002	125.6	2.402402	20	40

3	10	40	70	100	2.2	9.99	0.22022	188.4	2.642643	30	55
4	10	50	90	120	1.77	9.99	0.177177	251.2	2.126126	40	70
1	20	30	40	50	3.5	9.99	0.35035	62.8	4.204204	10	35
2	20	40	60	80	2.9	9.99	0.29029	125.6	3.483483	20	50
3	20	50	80	110	2.1	9.99	0.21021	188.4	2.522523	30	65
1	30	40	50	60	8.8	9.99	0.880881	62.8	10.57057	10	45
2	30	50	70	90	4.1	9.99	0.41041	125.6	4.924925	20	60
3	30	60	90	120	3.22	9.99	0.322322	188.4	3.867868	30	75
1	40	50	60	70	2.34	9.99	0.234234	62.8	2.810811	10	55
2	40	60	80	100	1.9	9.99	0.19019	125.6	2.282282	20	70
1	50	60	70	80	2.2	9.99	0.22022	62.8	2.642643	10	65
2	50	70	90	110	1.4	9.99	0.14014	125.6	1.681682	20	80
1	60	70	80	90	3.4	9.99	0.34034	62.8	4.084084	10	75
2	60	80	100	120	2.7	9.99	0.27027	125.6	3.243243	20	90
1	70	80	90	100	2.1	9.99	0.21021	62.8	2.522523	10	85
1	80	90	100	110	1.98	9.99	0.198198	62.8	2.378378	10	95
1	90	100	110	120	1.65	9.99	0.165165	62.8	1.981982	10	105

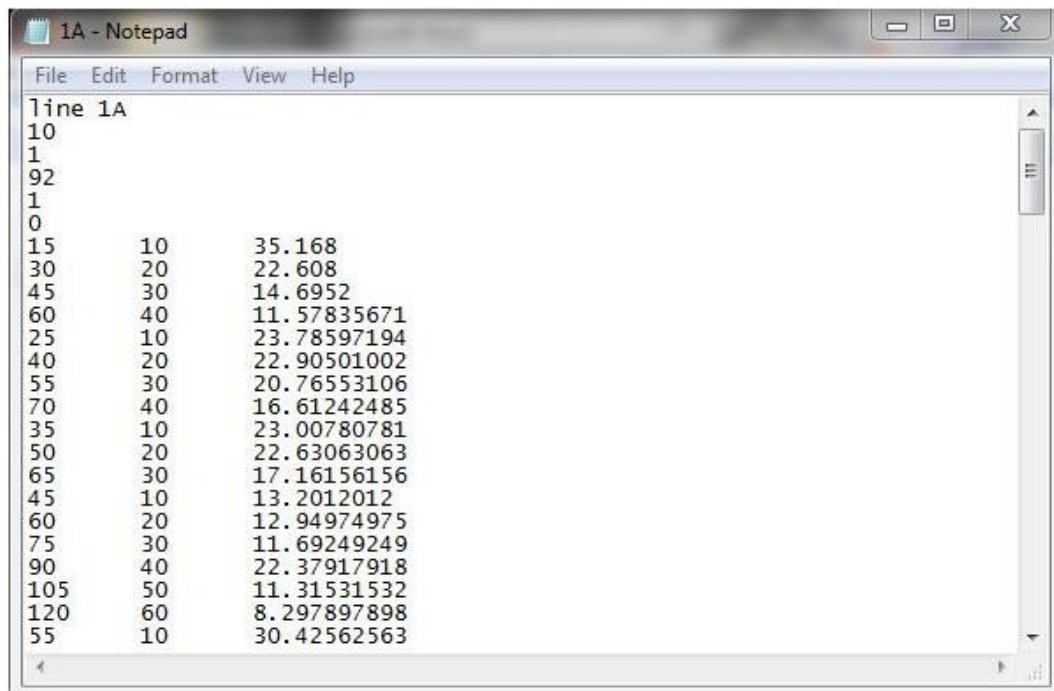
Lintasan 2D

n	C1	P1	P2	C2	V(mV)	I(mA)	R	K	rho	spasi	datum
1	0	10	20	30	8.9	10	0.89	62.8	10.68	10	15
2	0	20	40	60	5.1	9.99	0.510511	125.6	6.126126	20	30
3	0	30	60	90	2.05	9.99	0.205205	188.4	2.462462	30	45
4	0	40	80	120	4.3	9.99	0.43043	251.2	5.165165	40	60
1	10	20	30	40	7.2	9.99	0.720721	62.8	8.648649	10	25
2	10	30	50	70	1.71	9.99	0.171171	125.6	2.054054	20	40
3	10	40	70	100	2.22	9.99	0.222222	188.4	2.666667	30	55
4	10	50	90	120	2.9	9.99	0.29029	251.2	3.483483	40	70
1	20	30	40	50	3.38	9.99	0.338338	62.8	4.06006	10	35
2	20	40	60	80	1.57	9.99	0.157157	125.6	1.885886	20	50
3	20	50	80	110	1.19	9.99	0.119119	188.4	1.429429	30	65
1	30	40	50	60	5.6	9.99	0.560561	62.8	6.726727	10	45
2	30	50	70	90	1.8	9.99	0.18018	125.6	2.162162	20	60
3	30	60	90	120	1.27	9.99	0.127127	188.4	1.525526	30	75
1	40	50	60	70	3.4	9.99	0.34034	62.8	4.084084	10	55
2	40	60	80	100	2.08	9.99	0.208208	125.6	2.498498	20	70
1	50	60	70	80	2.48	9.99	0.248248	62.8	2.978979	10	65
2	50	70	90	110	1.7	9.99	0.17017	125.6	2.042042	20	80

1	60	70	80	90	4.12	9.99	0.412412	62.8	4.948949	10	75
2	60	80	100	120	1.59	9.99	0.159159	125.6	1.90991	20	90
1	70	80	90	100	2.54	9.99	0.254254	62.8	3.051051	10	85
1	80	90	100	110	4.33	9.99	0.433433	62.8	5.201201	10	95
1	90	100	110	120	3.86	9.99	0.386386	62.8	4.636637	10	105

Pengolahan data di Notepad

Lintasan 1A



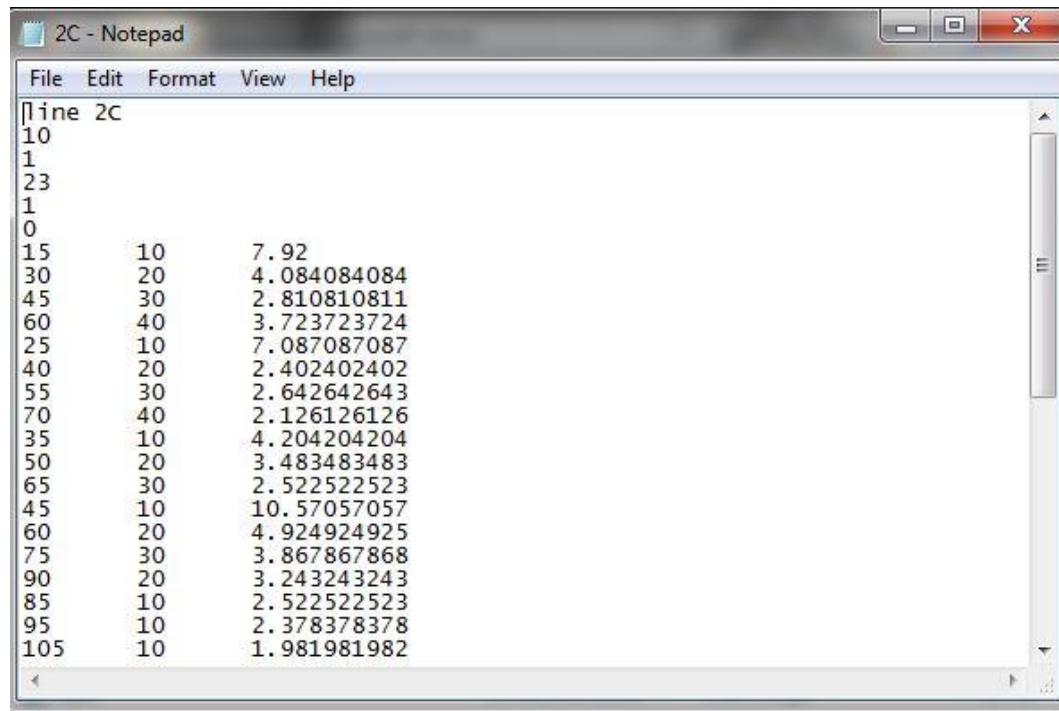
Lintasan 2A

```
File Edit Format View Help
line 2A
10
1
23
1
0
15      10      24.4292
30      20      21.352
45      30      20.724
60      40      16.8304
25      10      23.6756
40      20      20.5984
55      30      16.7676
70      40      10.5504
35      10      11.932
50      20      8.0384
65      30      4.8984
45      10      8.3524
60      20      7.6616
75      30      12.0576
55      10      7.0336
70      20      4.8984
65      10      18.7772
80      20      13.6904
```

Lintasan 2B

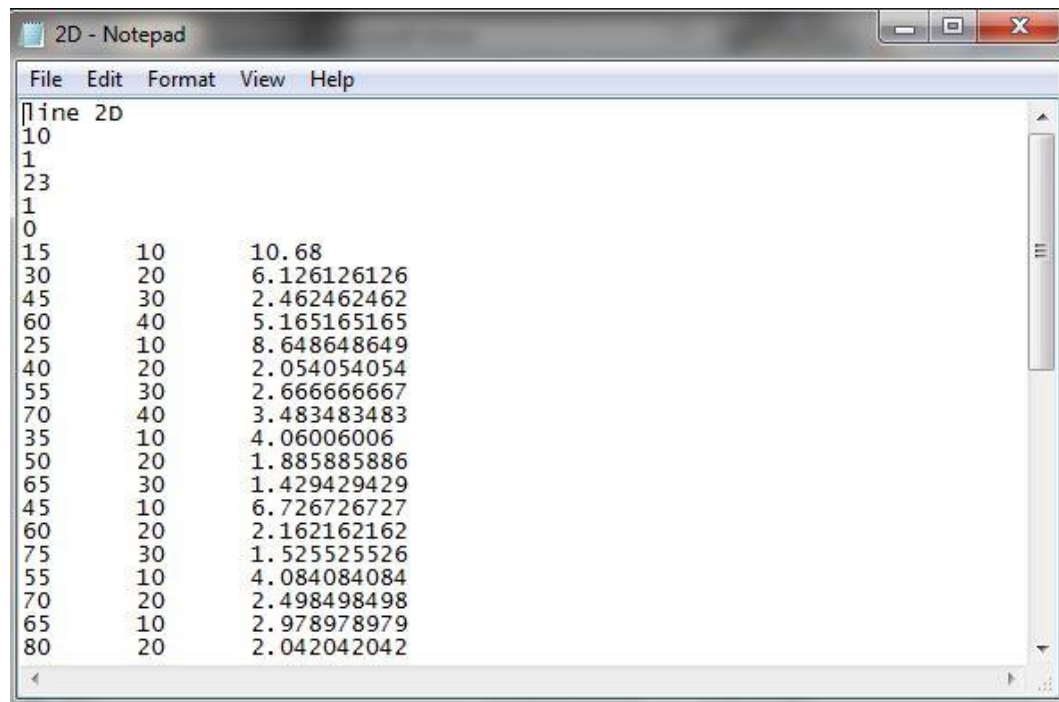
```
File Edit Format View Help
line 2B
10
1
23
1
0
15      10      16.642
30      20      13.816
45      30      12.6228
60      40      15.3232
25      10      16.47007007
40      20      10.30950951
55      30      9.806606607
70      40      8.046446446
35      10      21.56196196
50      20      11.18958959
65      30      29.98558559
45      10      12.38398398
60      20      11.81821822
75      30      19.99039039
55      10      6.600600601
70      20      8.046446446
65      10      9.303703704
80      20      8.423623624
```

Lintasan 2C



```
2C - Notepad
File Edit Format View Help
line 2C
10
1
23
1
0
15      10      7.92
30      20      4.084084084
45      30      2.810810811
60      40      3.723723724
25      10      7.087087087
40      20      2.402402402
55      30      2.642642643
70      40      2.126126126
35      10      4.204204204
50      20      3.483483483
65      30      2.522522523
45      10      10.57057057
60      20      4.924924925
75      30      3.867867868
90      20      3.243243243
85      10      2.522522523
95      10      2.378378378
105     10      1.981981982
```

Lintasan 2D

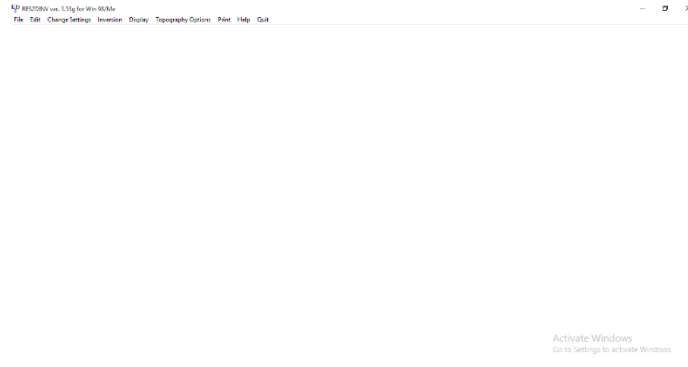


```
2D - Notepad
File Edit Format View Help
line 2D
10
1
23
1
0
15      10      10.68
30      20      6.126126126
45      30      2.462462462
60      40      5.165165165
25      10      8.648648649
40      20      2.054054054
55      30      2.666666667
70      40      3.483483483
35      10      4.06006006
50      20      1.885885886
65      30      1.429429429
45      10      6.726726727
60      20      2.162162162
75      30      1.525525526
55      10      4.084084084
70      20      2.498498498
65      10      2.978978979
80      20      2.042042042
```

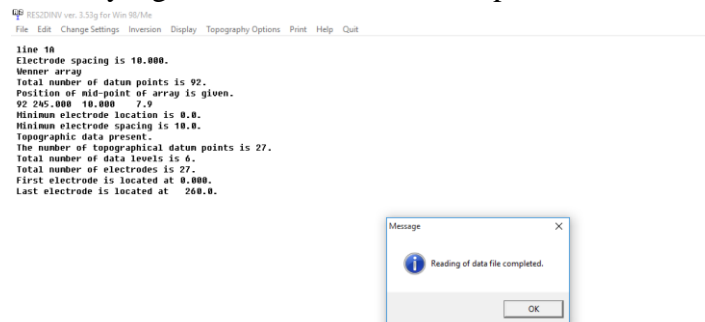
LAMPIRAN 4

Membuat model bawah permukaan 2D menggunakan *software* Res2Dinv

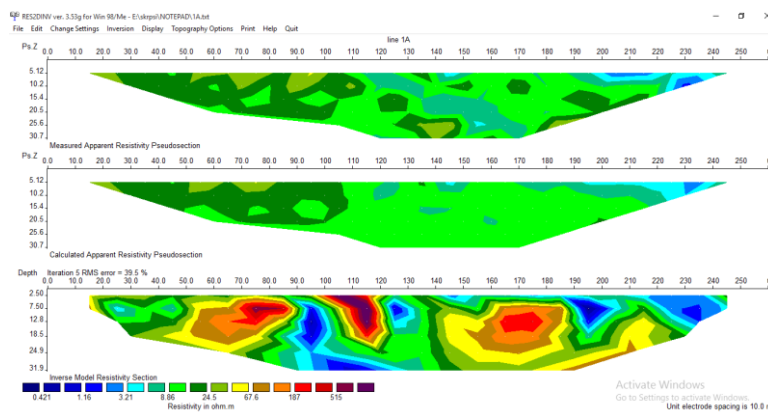
- 1) Buka *software* res2dinv, maka akan muncul:



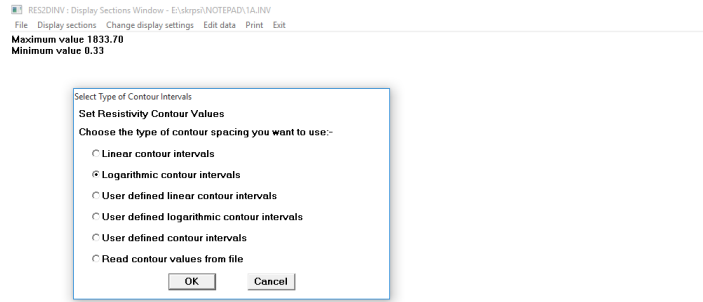
- 2) Klik menu file, kemudian klik read data file, masukan data yang telah disimpan dalam *Notepad*. pilih lintasan yang akan di modelkan, klik open, maka akan muncul:



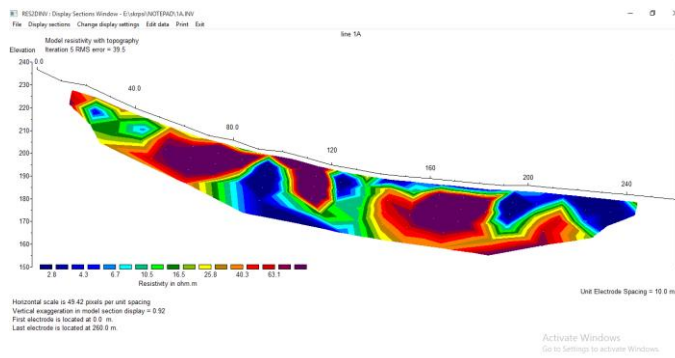
- 3) Setelah itu klik menu inversion dan pilih last square inversion, maka akan muncul permodelan 2D



- 4) Klik menu display untuk mengkorelasi model 2D, klik read contour values from file, maka akan muncul:

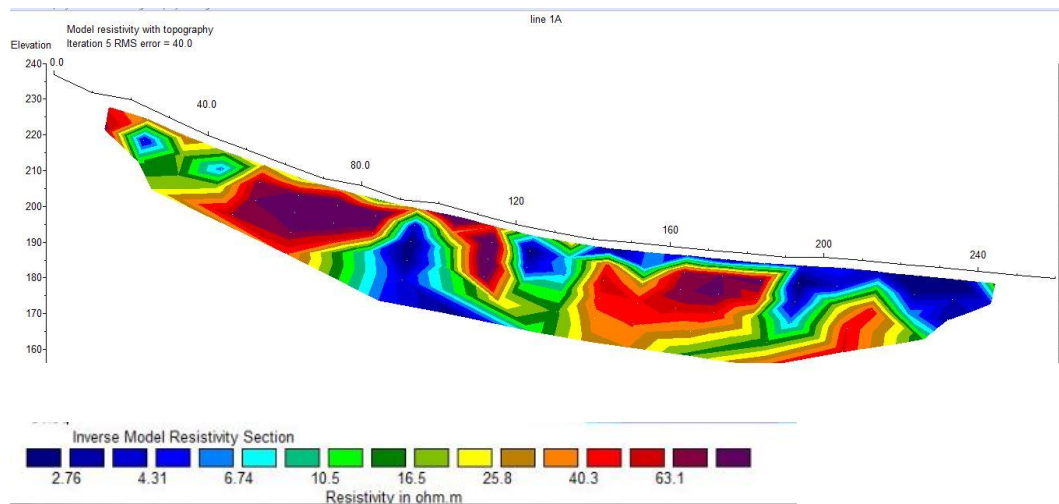


5) Hasil akhir model penampang 2D sebagai berikut:

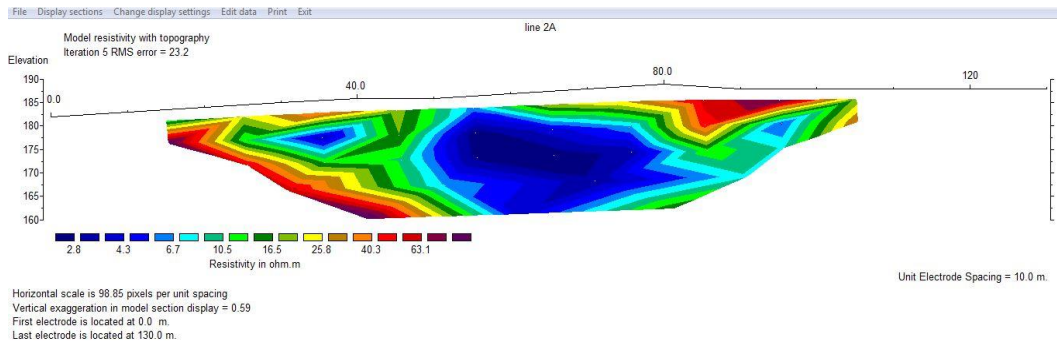


HASIL RES2DINV

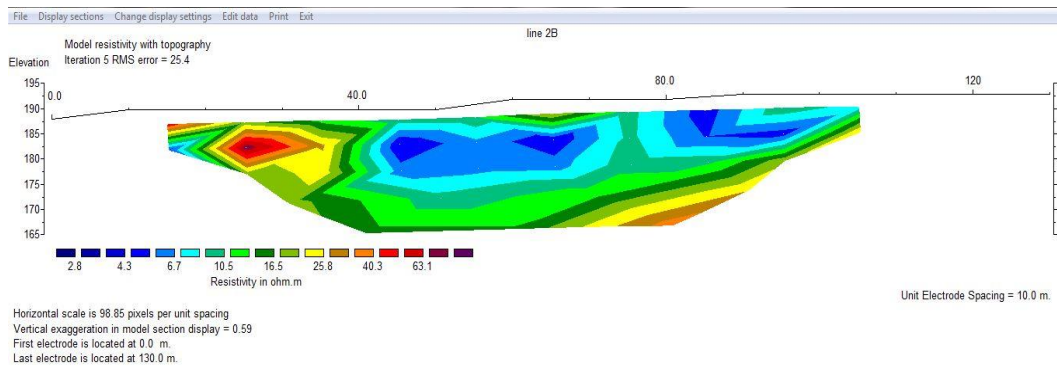
Lintasan 1A



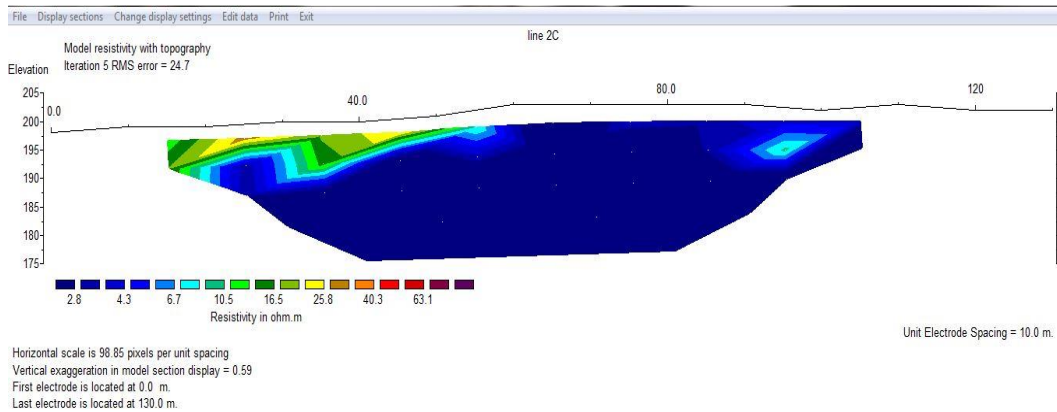
Lintasan 2A



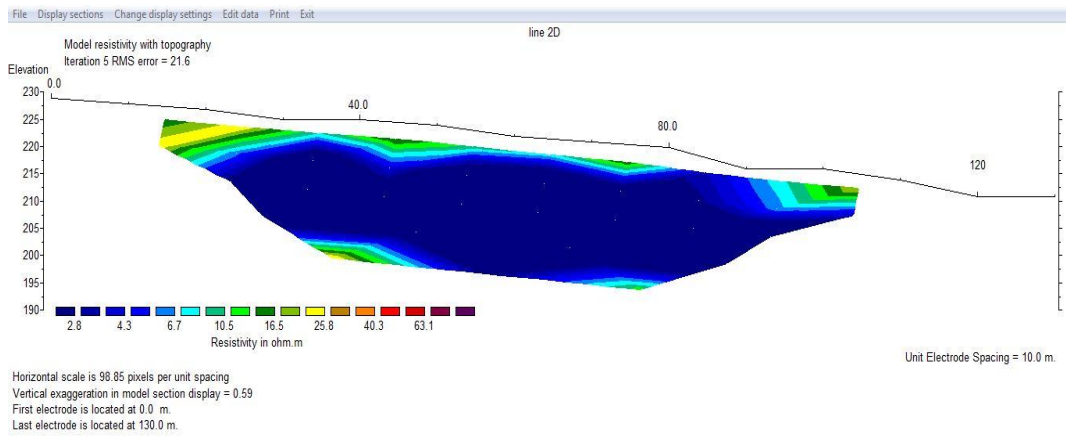
Lintasan 2B



Lintasan 2C

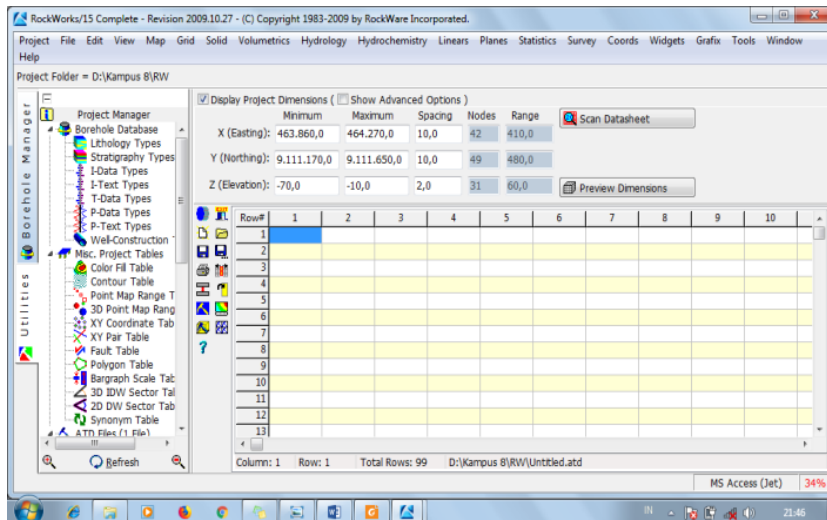


Lintasan 2D

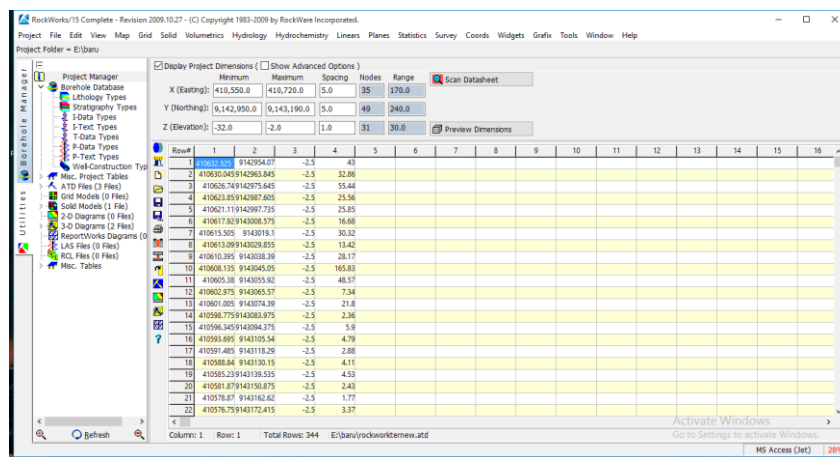


Membuat model bawah permukaan 3D menggunakan *Software Rockworks 15*

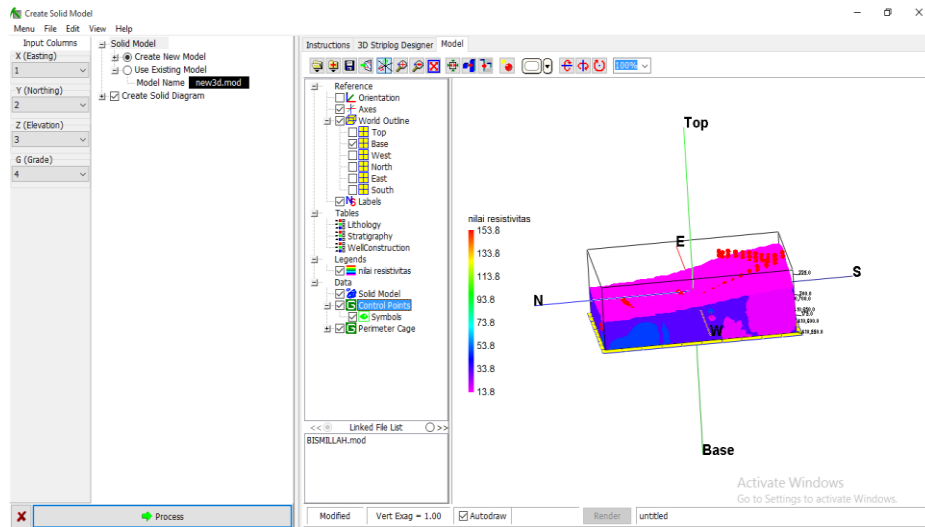
1. Buka software Rockwork 15, maka akan muncul tampilan Awal Menu Utilities *Software rockwork 15*:



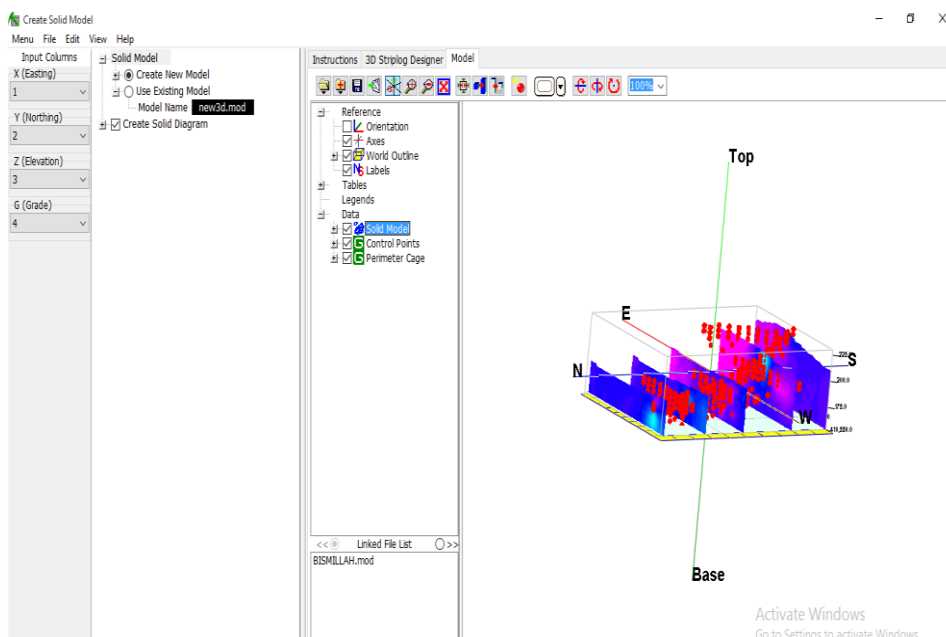
2. Mengisi kolom *utilities* sesuai dengan data yang diperlukan seperti data *longitude*, *latitude*, kedalaman, dan nilai Resistivitas dari kelima lintasan pada *datasheet* pemodelan 3D



3. Menyimpan *file utilites* dengan cara klik *file, save as*, kemudian *save as type(*.adt)*, *save*.
4. Melakukan *scant data* dengan cara klik *scant data sheet* dan pastikan *input coloums X-coloum(1) Y coloum(2)*, dan *Y coloum(3)* kemudian *process*.
5. Membuat model solid 3D dengan cara klik *solid – model - process*. Maka akan menghasilkan tampilan *solid model 3D* kelima lintasan:



6. Melakukan penyimpanan gambar dengan cara klik *file - Export - JPEG - file name - Ok*.
7. Setelah melakukan Solid model 3D disimpan selanjutnya melakukan *iso leveling* dengan cara klik *solid - klik kanan - options - pilih iso level value - pilih nilai yang berkolerasi dengan resistivitas rendah dan resistivitas tinggi - apply - close*.
8. Melakukan penyayatan dengan cara klik *solid - fance - fance selection map pilih horizontals* maka hasilnya sebagai berikut:



9. Simpan *file* dalam bentuk format *file* JPEG dengan cara klik *file – Export – JPEG – file name – save – Ok*. Dengan begitu file secara otomatis dapat dibuka dalam format file JPEG.

LAMPIRAN 5
DOKUMENTASI PENELITIAN



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 31. Dokumentasi penelitian, (a) Mengukur koordinat pada lokasi penelitian, (b) Survai lokasi penelitian, (c) Pengambilan data hari ke dua, (d) Pengambilan data hari pertama