



**ANALISIS DATA RESISTIVITAS DAN UJI PERMEABILITAS
TANAH DI DAERAH RAWAN LONGSOR
DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Gladys Ramadhani Ningtyas
NIM 161810201038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**ANALISIS DATA RESISTIVITAS DAN UJI PERMEABILITAS
TANAH DI DAERAH RAWAN LONGSOR
DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

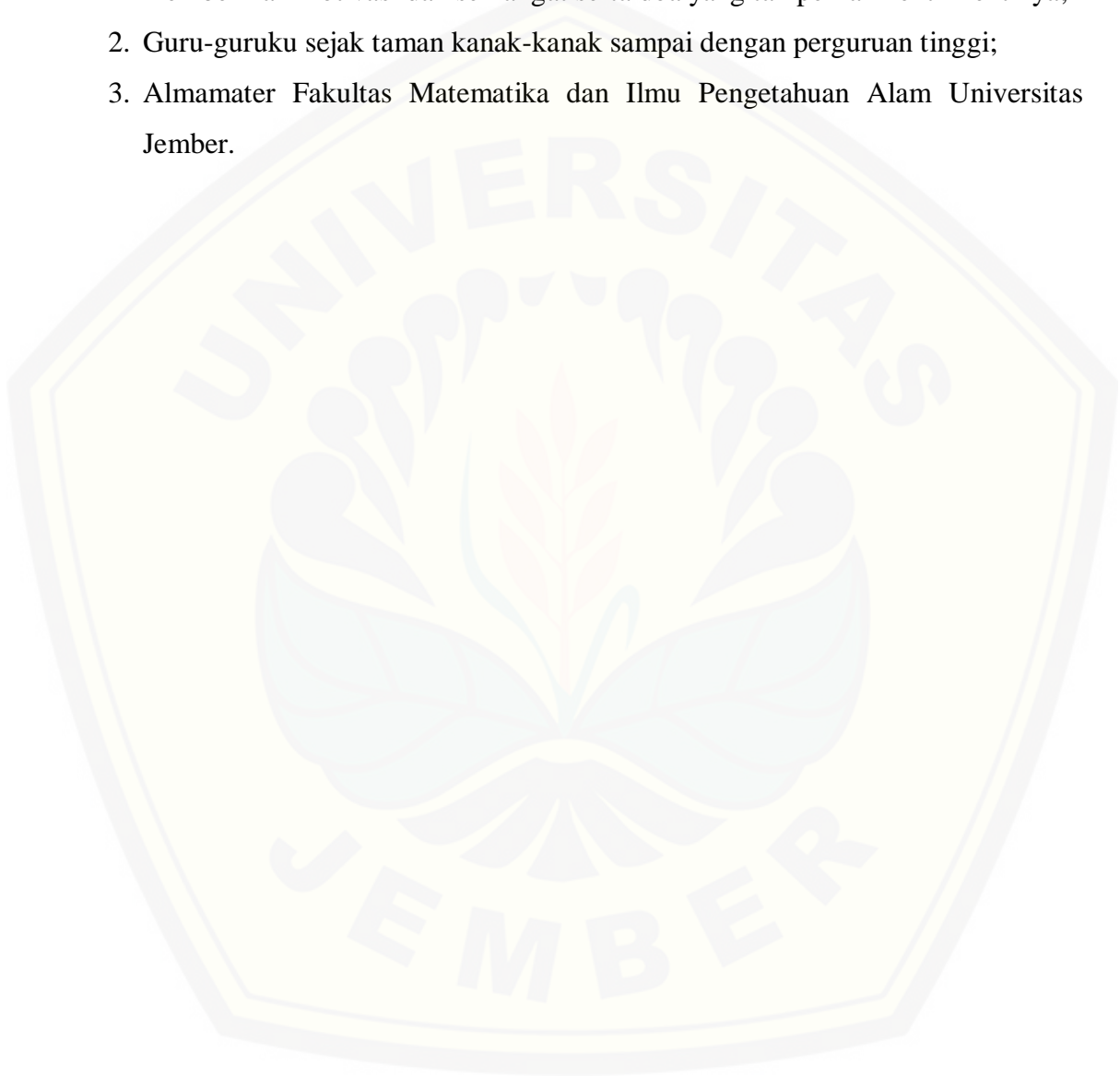
**Gladys Ramadhani Ningtyas
NIM 161810201038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Muhammad Darsono dan Ibunda Rukmi Hadiningtyas yang telah memberikan motivasi dan semangat serta doa yang tak pernah henti-hentinya;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



MOTO

“Sesungguhnya bila kalian bersabar atas kesusahan yang sebentar saja,
maka kalian akan menikmati kesenangan yang panjang”
(Thariq bin Ziyad)¹



1) Felix Y. Siau. 2013. *Beyond The Inspiration*. Jakarta: AlFatih Press.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gladys Ramadhani Ningtyas

NIM : 161810201038

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Data Resistivitas dan Uji Permeabilitas Tanah di Daerah Rawan Longsor Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 Juli 2020

Yang menyatakan,

(Gladys Ramadhani Ningtyas)

NIM 161810201038

SKRIPSI

**ANALISIS DATA RESISTIVITAS DAN UJI PERMEABILITAS TANAH
DI DAERAH RAWAN LONGSOR DESA KEMUNING LOR
KECAMATAN ARJASA KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Gladys Ramadhani Ningtyas
NIM 161810201038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Agus Suprianto, S.Si., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Data Resistivitas Dan Uji Permeabilitas Tanah Di Daerah Rawan Longsor Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember” karya Gladys Ramadhani Ningtyas telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.
NIP. 197003271997022001

Dr. Agus Suprianto, S.Si., M.T.
NIP. 197003221997021001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si.
NIP. 196712151998021001

Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D.
NIP. 196812191994021001

Mengesahkan,
Dekan

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Analisis Data Resistivitas dan Uji Permeabilitas Tanah di Daerah Rawan Longsor Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember; Gladys Ramadhani Ningtyas; 161810201038; 2020; 72 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Salah satu daerah di Jawa Timur yang rawan mengalami bencana longsor yaitu Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. Proses pergerakan dari tanah yang melalui bidang pada lereng dalam bentuk lengkung atau bidang miring dan massa yang bergerak didominasi oleh massa tanah disebut longsor tanah. Salah satu penyebab terjadinya longsor adalah akibat dari kondisi struktur tanah atau batuan yang lemah sehingga memungkinkan massa tanah di atasnya bergerak. Kondisi ini dapat diketahui berdasarkan nilai resistivitasnya dan dapat dideteksi dengan menggunakan metode geolistrik. Tanah longsor selain dipengaruhi oleh jenis tanah, juga dipengaruhi oleh kestabilan tanahnya. Stabilitas tanah adalah kemampuan tanah dalam mempertahankan sifat-sifat fisiknya pada segala kondisi yang terjadi. Salah satu sifat fisis tanah yang mempengaruhi kestabilan tanah yaitu permeabilitas tanah yang berkaitan dengan terjadinya tanah longsor.

Penelitian dilakukan dengan dua metode yaitu pengolahan data geolistrik dan uji laboratorium yang saling berhubungan. Pengolahan data geolistrik dilakukan dengan melakukan ekstraksi data resistivitas menggunakan data dari penelitian sebelumnya berupa data resistivitas 2D dan mengolah lebih lanjut menggunakan *software Rockworks* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas sehingga diketahui jenis tanah yang ada pada lokasi tersebut dalam bentuk 3D. Data yang digunakan yaitu data resistivitas dari penelitian sebelumnya yaitu Amin (2006) dan Pambagyo (2011). Setelah didapatkan data resistivitas dari setiap lintasan yang digunakan maka dilakukan penggabungan data tersebut yang selanjutnya diolah menggunakan *software Rockworks*. Hasil yang diperoleh yaitu kedalaman dan sebaran jenis tanah dari masing-masing lintasan dalam bentuk visualisasi 3D. Hasil ini didukung dengan hasil permeabilitas tanah yaitu

kemampuan dari tanah untuk melewatkan air berdasarkan jenis tanah yang ada di lokasi tersebut.

Dari pengukuran yang telah dilakukan, didapatkan data perpaduan antara metode geolistrik dan uji laboratorium sehingga menghasilkan data yang lebih detail dan lebih spesifik. Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan pola sebaran nilai resistivitas di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember berada pada rentang nilai (8.29 – 149.83) Ωm dengan kedalaman hingga 15.9 m. Nilai resistivitas rendah banyak tersebar pada arah barat dan utara dari lokasi penelitian yaitu merupakan lokasi sawah dan ladang. Pada semua lintasan terdapat sebaran nilai resistivitas tinggi. Pada lokasi longsor pada bagian timur lokasi penelitian diketahui bahwa hanya terdapat jenis tanah lanauan pasiran. Diketahui bahwa pada lokasi penelitian terdapat dua jenis tanah yaitu tanah lanauan pasiran dan tanah lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek.

Untuk mendukung data dari metode geolistrik ini, dilakukan uji laboratorium yaitu dengan pengujian permeabilitas. Nilai permeabilitas pada lokasi penelitian tergolong memiliki permeabilitas lambat hingga permeabilitas sedang hingga cepat. Nilai permeabilitas tanah menunjukkan bahwa tanah lempung lanauan lebih lambat dalam meloloskan air daripada tanah lanauan pasiran. Selain dari nilai permeabilitas tanah, terdapat faktor-faktor lain yang menyebabkan terjadinya tanah longsor sehingga mempengaruhi kestabilan tanah pada lokasi tersebut seperti jenis tanah, penggunaan lahan untuk ladang atau persawahan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Data Resistivitas dan Uji Permeabilitas Tanah di Daerah Rawan Longsor Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

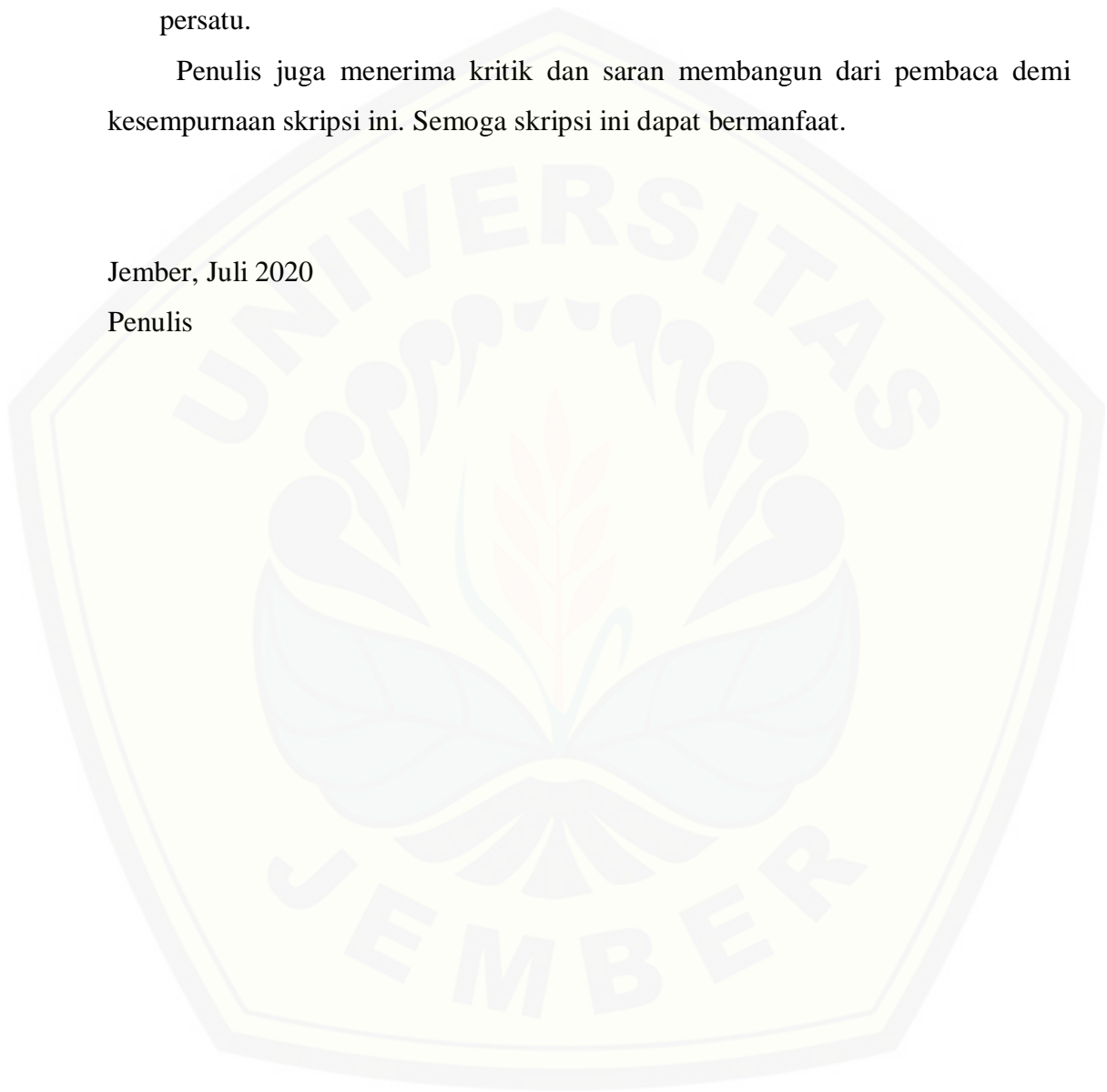
1. Ibu Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Agus Suprianto, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang bersedia meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Ibu Endhah Purwandari S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Kakakku Fajar Septian Putra dan Asri Agustiningrum, serta Adikku Putri Febrianti Ningtyas yang selalu memberi dukungan kepada penulis;
5. Segenap Dosen Jurusan Fisika Universitas Jember yang saya hormati;
6. Bapak Suhar yang telah memberi izin penelitian di Desa Kemuning Lor;
7. Tim Geofisika 2016 atas kerjasama, bantuan dan perhatian serta kekompakan (Ega Abi B., Dimas Sony S., Istirochah, Hanifiah Zulkarnain, Herlina Putri R. S., Ika Dian P., Rara Ajeng D., Toviatus, Vina Soraya, Elvira Ulfa A., Yuni Aristasari);
8. Teman angkatan seperjuangan Phylosophi Einstein' 16 yang telah memberikan dukungan, doa dan semangat;

9. Teman-teman UKM IONS dan BPM FMIPA yang mengajarkan arti organisasi dan membantu mengembangkan bakat peneliti menjadi lebih baik lagi;
10. Semua pihak yang telah berkontribusi, namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima kritik dan saran membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juli 2020

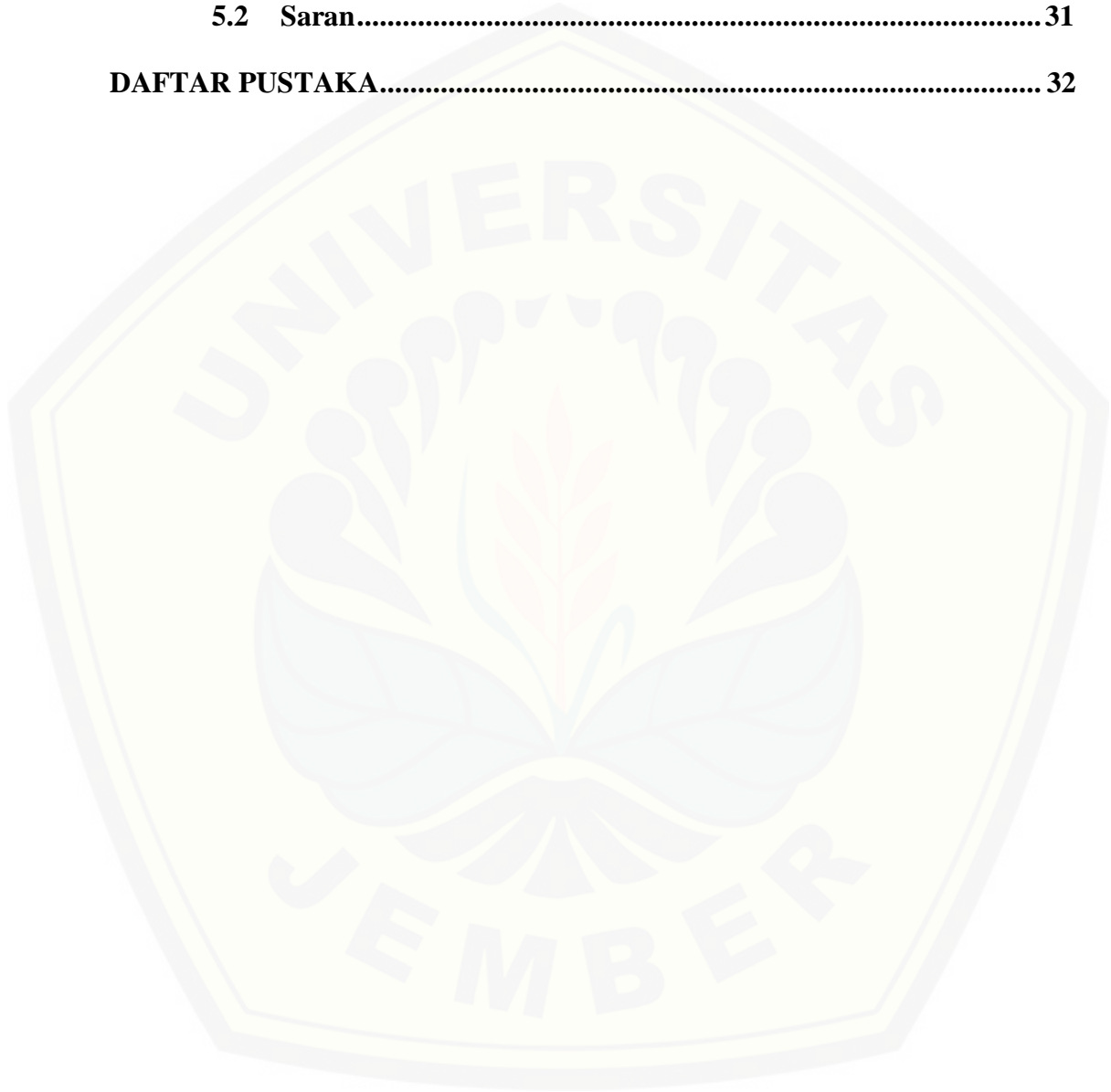
Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Letak Geografis Wilayah	6
2.2 Tanah Longsor	7
2.2.1 Pengertian Tanah Longsor	7
2.2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor	7
2.3 Stabilitas Tanah	10
2.4 Permeabilitas Tanah	11
2.5 Metode Geolistrik Resistivitas	14
2.6 Resistivitas Semu	16
2.7 Software RES2DINV dan Rockworks	17
BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Rancangan Penelitian	19
3.2 Jenis dan Sumber Data	20
3.3 Definisi Operasional Variabel	20
3.4 Metode Analisis Data	21
3.5 Kerangka Pemecahan Masalah	22
3.5.1 Studi Awal.....	22
3.5.2 Survei Lokasi Penelitian	23
3.5.3 Pemilihan Data Sekunder	23
3.5.4 Pengolahan Data dengan <i>software RES2DINV</i>	24
3.5.5 Pengolahan Data dengan <i>software Rockworks</i>	25
3.5.6 Pengambilan Sampel Tanah untuk Uji Laboratorium	25
3.5.7 Pengujian Permeabilitas Tanah	26
3.5.8 Interpretasi dan Analisa Data	27

3.5.9 Penarikan Kesimpulan	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil.....	29
4.1.1 Hasil Pengolahan Data Geolistrik.....	29
BAB 5. KESIMPULAN	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32



DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Nilai harkat permeabilitas tanah	11
2. 2 Nilai resistivitas beberapa jenis tanah	17



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2. 1 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Kabupaten Jember	6
2. 2 Jenis tanah longsor dan bentuk bidang gelincir (a) Bidang gelincir translasi (b) Bidang gelincir rotasi	8
2. 3 Alat permeameter untuk menentukan nilai permeabilitas tanah.....	12
2. 4 Prinsip uji permeabilitas <i>falling head</i>	13
2. 5 Konfigurasi elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropik.....	14
3. 1 Diagram alir rancangan penelitian	19
3. 2 Diagram alir kerangka pemecahan masalah	22
3. 3 Lokasi dan lintasan penelitian Desa Kemuning Lor Arjasa	24
3. 4 Pengambilan sampel tanah	25
3. 5 Pengisian tanah ke dalam tabung	26
3. 6 Tabung yang telah dihubungkan dengan selang	27

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang sering mengalami berbagai bencana karena disebabkan oleh perubahan iklim dan cuaca. Bencana tersebut diantaranya adalah tanah longsor, tsunami, banjir dan sebagainya. Berdasarkan data BNPB (2020), bencana tanah longsor terjadi di sebagian besar wilayah di Indonesia sebanyak 250 bencana selama periode 1 Januari hingga 18 April 2020 dengan wilayah yang banyak terjadi longsor yaitu Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Salah satu daerah di Jawa Timur yang rawan mengalami bencana longsor yaitu Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember (Sugiarto, 2020). Bencana tanah longsor yang terjadi di Indonesia merupakan jenis gerakan massa pada lereng - lereng alam. Proses pergerakan dari tanah yang melalui bidang pada lereng dalam bentuk lengkung atau bidang miring dan massa yang bergerak didominasi oleh massa tanah disebut longsor tanah. Gangguan keseimbangan pada lereng akibat dari ulah manusia atau alamiah dapat menyebabkan bencana alam gerakan tanah ataupun longsor (Lihawa, 2017).

Salah satu penyebab terjadinya longsor adalah akibat dari kondisi struktur tanah atau batuan yang lemah sehingga memungkinkan massa tanah di atasnya bergerak (Wahyono et al., 2017). Kondisi ini dapat diketahui berdasarkan nilai resistivitasnya (Telford et al., 1990). Nilai resistivitas ini dapat dideteksi dengan menggunakan metode geolistrik (Ulfah, 2018). Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari besaran-besaran listrik yang terukur di permukaan, menggunakan empat buah elektroda. Keempat elektroda ini disusun secara sejajar, yang terdiri dari dua elektroda arus (C1 dan C2) untuk menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah dan dua elektroda potensial (P1 dan P2) untuk mengukur beda potensial, sehingga nilai resistivitas semu dapat dihitung berdasarkan hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang telah ditentukan (Usman et al., 2017). Resistivitas semu ini merupakan nilai pada suatu volume tanah yang berupa nilai rata-rata dari resistivitas sebenarnya (Morais et al., 2008). Nilai resistivitas semu yang telah

didapatkan selanjutnya diolah dengan *software RES2DINV*, lalu diinversi sehingga didapatkan resistivitas yang sebenarnya untuk setiap lapisan. Jenis tanah untuk setiap lapisan ditentukan berdasarkan kesesuaian citra resistivitas terhadap nilai resistivitas setiap jenis tanah yang sesuai dengan klasifikasi tanah pada tabel nilai resistivitas jenis tanah (Telford et al., 1990). Jenis tanah yang berada pada daerah rawan longsor biasanya berupa jenis tanah yang kurang padat karena sangat rentan saat terjadi pergerakan tanah (Hasnawir, 2012).

Tanah longsor selain dipengaruhi oleh jenis tanah, juga dipengaruhi oleh kestabilan tanahnya. Stabilitas tanah adalah kemampuan tanah dalam mempertahankan sifat-sifat fisiknya pada segala kondisi yang terjadi (Allen, 2005). Salah satu sifat fisis tanah yang mempengaruhi kestabilan tanah yaitu permeabilitas tanah yang berkaitan dengan terjadinya tanah longsor (Rustan et al., 2015). Permeabilitas adalah kemampuan dari suatu batuan untuk melewatkan atau meloloskan air. Sifat permeabilitas suatu batuan sangat mempengaruhi jumlah air tanah dalam suatu lapisan batuan (Sari et al., 2014). Oleh karena itu, perpaduan antara metode geolistrik untuk menentukan jenis tanah dengan pengujian sampel tanah untuk uji permeabilitas tanah merupakan hal yang diperlukan untuk mendapatkan detail kestabilan tanah. Uji permeabilitas dilakukan dengan cara tanah dimasukkan ke dalam tabung yang telah terhubung dengan pipa ukur. Air dimasukkan pada pipa ukur hingga mencapai ketinggian air tertentu dan pada selang waktu yang telah ditentukan maka dihitung perbedaan ketinggian airnya (Widyanto, 2014).

Penelitian yang sudah dilakukan terkait kestabilan tanah, diuraikan berikut ini, baik yang menggunakan metode geolistrik maupun uji laboratorium. Amin (2006), menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger* untuk mengidentifikasi daerah rawan longsor di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. Hasil dari penelitian ini yaitu nilai resistivitas pada pada lintasan 1 dan 2 banyak didominasi oleh tanah lanau pasir dan sedikit mengandung tanah lempung dan tanah lanau basah lembek, dimana tanah lempung ini merupakan salah satu tanah yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng dengan nilai resistivitas sekitar (1 - 14.3) Ωm . Selain itu,

Pambagyo (2011), melakukan penelitian di lokasi yang sama dengan menggunakan 5 lintasan yang berbeda. Hasil dari penelitian ini yaitu nilai resistivitas rendah sekitar (7 - 21) Ωm pada kedalaman 2.55 - 6.37 meter. Secara umum nilai resistivitas batuan pada lokasi ini adalah rendah yang menandakan bahwa daerah ini mempunyai nilai porositas tinggi dan dapat menampung fluida yang cukup banyak. Jenis tanah pada daerah ini adalah lempung lanauan dan tanah lanauan basah yang mengalami jenuh air dan mengakibatkan lanau pasiran kehilangan kekuatannya sehingga tanah menjadi tidak stabil dan memungkinkan terjadinya longsor.

Sedangkan penelitian dengan uji laboratorium yaitu uji permeabilitas tanah telah dilakukan oleh Imamuddin dan Hanif (2017) yaitu penggunaan metode *falling head* dalam menentukan daya serap air di FT-UMJ. Hasil dari penelitian ini yaitu nilai koefisien dari titik percobaan pertama sebesar 5.5 m/hari dan titik percobaan kedua 12.302 m/hari sehingga diketahui jenis tanah lempung berlanau yang mempunyai tingkat pengaliran air kategori rendah. Penelitian permeabilitas tanah juga pernah dilakukan oleh Ulfah (2018), yaitu tentang mengidentifikasi bidang gelincir menggunakan parameter resistivitas dan permeabilitas di Desa Lantan Kecamatan Batukliang Utara Kabupaten Lombok Tengah. Hasil dari penelitian ini yaitu nilai permeabilitas tanah atas permukaan diperoleh nilai rata-rata permeabilitas sebesar $5.5 \times 10^{-5} \text{ cm/s} \pm 6.9 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$, sehingga diketahui jenis tanah di lokasi penelitian yaitu lanau padat, lanau lempung, lanau tidak murni dan tergolong sebagai rentang nilai permeabilitas sangat rendah.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, peneliti tertarik untuk melakukan ekstraksi data resistivitas menggunakan data dari hasil-hasil penelitian sebelumnya berupa data resistivitas 2D dan mengolah lebih lanjut menggunakan *software Rockworks* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas sehingga diketahui jenis tanah yang ada pada lokasi tersebut dalam bentuk 3D. Data yang digunakan yaitu data resistivitas dari penelitian sebelumnya yaitu Amin (2006) dan Pambagyo (2011). Setelah didapatkan data resistivitas dari setiap lintasan yang digunakan maka dilakukan penggabungan data tersebut yang selanjutnya diolah menggunakan *software Rockworks*. Hasil yang diperoleh yaitu kedalaman

dan sebaran jenis tanah dari masing-masing lintasan dalam bentuk visualisasi 3D. Hasil ini didukung dengan hasil permeabilitas tanah yaitu kemampuan dari tanah untuk melewatkan air berdasarkan jenis tanah yang ada di lokasi tersebut. Badan Geologi (2018), menjelaskan bahwa lokasi Desa Kemuning Lor memiliki kemiringan lereng yang curam sekitar 41°. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa batuan penyusun pada lokasi tersebut berupa breksi vulkanik dan tuf, yang sudah mengalami pelapukan dengan tanah pelapukan lanau pasiran berwarna coklat sampai coklat kekuningan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait kestabilan tanah dan jenis tanah yang ada pada lokasi tersebut sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan pada daerah rawan longsor tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sebaran jenis tanah di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember berdasarkan data resistivitas dalam 3 Dimensi menggunakan *software Rockworks*?
2. Berapakah nilai permeabilitas tanah di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember?
3. Adakah hubungan antara hasil dari metode geolistrik dengan uji permeabilitas tanah yang telah dilakukan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan menggambarkan sebaran jenis tanah di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember dalam 3 Dimensi menggunakan *software Rockworks*;
2. Menentukan nilai permeabilitas tanah di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember;

3. Mengetahui hubungan antara hasil dari metode geolistrik dengan uji permeabilitas tanah yang telah dilakukan.

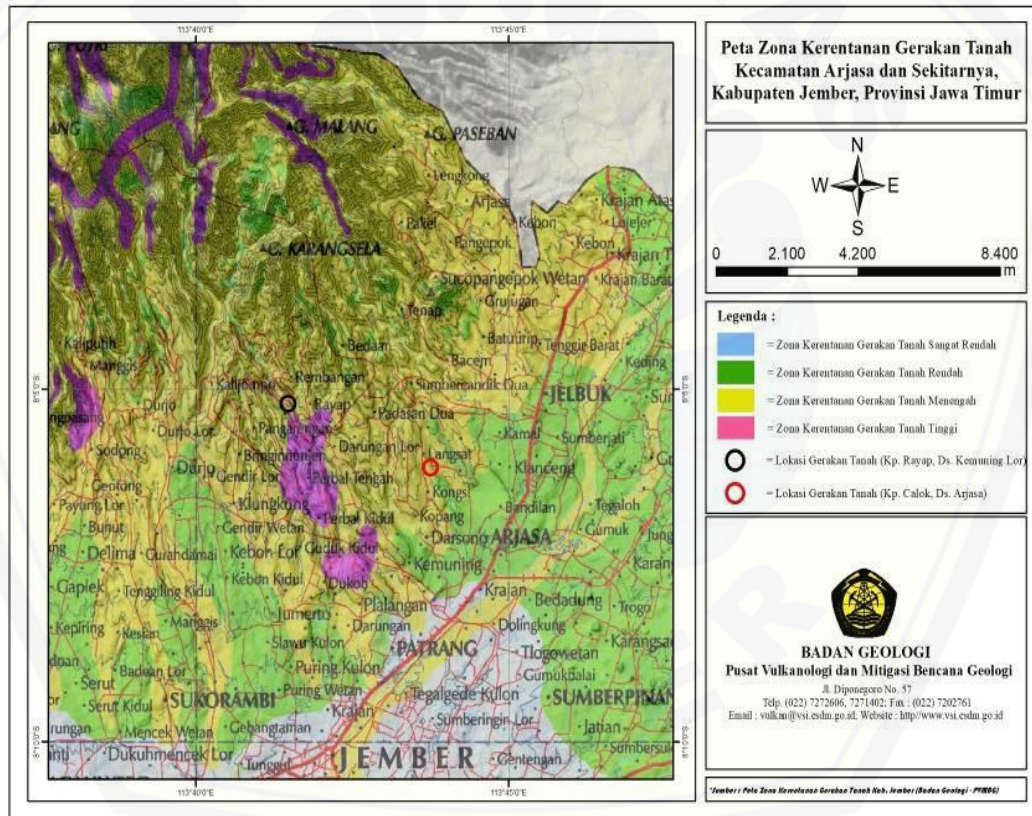
1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat langsung yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah diketahuinya model pola sebaran nilai resistivitas di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Diketahui pula sebaran jenis tanah di lokasi penelitian. Selain itu, diketahuinya nilai permeabilitas dari jenis tanah yang ada pada lokasi penelitian sehingga dapat diketahui kestabilan tanahnya. Manfaat penelitian lainnya yaitu hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan informasi tentang kondisi struktur bawah permukaan terkait dengan jenis tanah dan permeabilitas tanah yang berpengaruh terhadap terjadinya longsor oleh pihak - pihak terkait.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Letak Geografis Wilayah

Desa Kemuning Lor merupakan kawasan yang berada di Kecamatan Arjasa. Berdasarkan literatur Bappekab (2018), Desa Kemuning Lor terletak pada ketinggian 175.45 m dan luas wilayah sebesar 10.89 km². Secara administratif, Desa Kemuning Lor berbatasan dengan beberapa desa yakni Desa Panduman (Kecamatan Jelbuk) di sebelah utara, Desa Darsono (Kecamatan Arjasa) di sebelah timur, Desa Baratan (Kecamatan Patrang) di sebelah selatan dan Desa Bintoro (Kecamatan Patrang) di sebelah barat (Violetta, 2018).



Gambar 2. 1 Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Kabupaten Jember (Badan Geologi, 2018)

Berdasarkan Gambar 2. 1, Desa Kemuning Lor termasuk dalam Zona Potensi Gerakan Tanah Menengah. Gerakan Tanah Menengah memiliki pengertian bahwa daerah tersebut saat terjadi gerakan tanah maka potensinya tergolong menengah.

Zona ini dapat aktif kembali pada daerah yang berbatasan dengan tebing jalan, lembah sungai atau lereng yang mengalami gangguan jika curah hujan yang terjadi di atas normal (Badan Geologi, 2018).

2.2 Tanah Longsor

2.2.1 Pengertian Tanah Longsor

Tanah yang runtuh ataupun pergerakan tanah dalam jumlah besar yang terjadi secara mendadak disebut tanah longsor. Daerah terjal yang memiliki kestabilan tanah yang tidak stabil biasa terjadi tanah longsor. Kemiringan dari tanah tersebut mempengaruhi terjadinya tanah longsor. Pergerakan tanah akan menurun dengan banyaknya karakter memindahkan tempat ketika stabilitas kemiringan terganggu (Susila, 2009).

Prinsip dari tanah longsor yaitu apabila gaya penahan lebih kecil daripada gaya pendorong pada lereng bagian atas maka akan menyebabkan longsor. Gaya pendorong dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu beban, intensitas hujan yang tinggi, keterjalan lereng, adanya lapisan kedap air, ketebalan solum tanah dan berat jenis tanah. Sedangkan faktor yang mempengaruhi gaya penahan yaitu kerapatan dan kekuatan akar tanaman, kekuatan batuan dan ketahanan geser tanah (Priyono, 2015).

2.2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Faktor penyebab terjadinya tanah longsor yang sangat berpengaruh yaitu bidang gelincir (*slip surface*) dengan ciri-ciri yaitu kontak yang terjadi antara batuan yang dapat meloloskan air dengan batuan yang tidak dapat meloloskan air (kedap air), kontak yang terjadi antara batuan dasar dengan tanah penutup, dan kontak yang terjadi antara batuan atau tanah retakan dengan batuan kompak (Ulfah, 2018). Selain itu bidang gelincir tersebut biasanya berupa lapisan lempung karena memiliki ciri kedap air dan licin. Menurut bentuknya bidang gelincir dibedakan menjadi dua yaitu translasi dan rotasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 (Sugito et al., 2010).



Gambar 2. 2 Jenis tanah longsor dan bentuk bidang gelincir (a) Bidang gelincir translasi
(b) Bidang gelincir rotasi (Nandi, 2007)

Gambar 2.2 menjelaskan bahwa bidang gelincir terjadi dalam dua bentuk yaitu longoran translasi dan rotasi. Massa tanah dan batuan yang bergerak pada bidang gelincir yang berbentuk merata atau menggelombang landai disebut longoran translasi. Sedangkan longoran rotasi adalah proses Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang berbentuk cekung (Nandi, 2007).

Menurut Zakaria (2009) jika diukur dari permukaan kedalaman bidang gelincir dibagi menjadi 4 kelas yaitu sangat dangkal (<1.5 m), dangkal (1.5 - 5 m), dalam (5 - 20 m), dan sangat dalam (>20 m). Tingkat bahaya longsor akan semakin besar apabila bidang gelincir semakin dalam. Sebaliknya, semakin dangkal bidang gelincir maka semakin kecil tingkat bahaya longsor.

Selain bidang gelincir, Menurut Bokko (2019) terdapat beberapa faktor penyebab tanah longsor lainnya yaitu sebagai berikut:

1. Jenis Tanah

Jenis tanah juga mempengaruhi penyebab terjadinya longsor. Tanah yang mempunyai tekstur renggang, lembut yang sering disebut tanah lempung atau tanah liat dapat menyebabkan longoran. Saat musim penghujan kemungkinan longsor akan lebih besar pada tanah jenis ini. Selain itu kontur tanah ini mudah pecah jika udara terlalu panas dan menjadi lembek jika terkena air yang mengakibatkan rentan pergerakan tanah.

2. Curah Hujan

Air yang menguap pada permukaan tanah dengan jumlah yang besar terjadi karena musim kemarau yang panjang, hal ini mengakibatkan pori-pori atau rongga muncul pada tanah dan terjadi retakan serta merekahnya permukaan tanah. Saat

terjadi hujan, air akan menyusup ke bagian tanah yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali dan kandungan air menjadi jenuh dalam waktu singkat. Longsor dapat terjadi saat hujan lebat karena air akan melewati tanah yang merekah sehingga pada bagian dasar lereng air akan masuk dan terakumulasi lalu menimbulkan gerakan lateral.

3. Kemiringan Lereng

Lereng yang terjal terbentuk akibat dari pengikisan air sungai, air laut, mata air, dan angin. Kemiringan lereng dinyatakan dalam bentuk derajat atau persen dimana kemiringan 100% sama dengan kemiringan 45° . Lereng yang semakin curam menyebabkan semakin besar kecepatan aliran permukaan, dengan itu memperbesar energi angkut air dan juga memperbesar jumlah aliran permukaan.

Pemetaan ancaman tanah longsor berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng dibagi menjadi lima kriteria yaitu lereng datar dengan kemiringan 0-8%, landai berombak hingga bergelombang dengan kemiringan 8-15%, agak curam berbukit dengan kemiringan 15-25%, curam hingga sangat curam 25-40%, sangat curam dengan kemiringan $>40\%$. Wilayah dengan kemiringan lereng 0-15% akan stabil terhadap kemungkinan terjadinya longsor, sedangkan di atas 15% berpotensi untuk terjadi longsor.

4. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan banyak digunakan untuk lingkungan terbangun seperti lahan pertanian dan pemukiman. Pemukiman yang menutupi lereng mempengaruhi kestabilan tanah karena tanaman yang berada disekitar pemukiman tidak dapat menopang air dan meningkatkan kohesi tanah. Lahan persawahan memiliki akar yang kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan menyebabkan tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga akan mudah terjadi longsor.

5. Getaran

Getaran bisa timbul akibat dari getaran mesin, gempa bumi, ledakan dan getaran lalu lintas kendaraan, hal ini menyebabkan tanah, badan jalan, lantai dan dinding rumah menjadi retak.

6. Susut muka air danau atau bendungan

Susutnya muka air yang cepat di danau akan mengakibatkan gaya penahan lereng menjadi hilang sehingga mudah terjadi longsor dan penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.

7. Adanya beban tambahan

Beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Hal ini mengakibatkan sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah.

8. Pengikisan / erosi

Pengikisan sering terjadi pada air sungai ke arah tebing. Selain itu akibat dari penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai maka tebing akan menjadi terjal.

9. Adanya material timbunan pada tebing

Pemotongan tebing dan penimbunan lembah biasa dilakukan untuk mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan dengan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya sehingga ketika hujan maka akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah.

2.3 Stabilitas Tanah

Stabilitas tanah didefinisikan sebagai kemampuan suatu tanah dalam mempertahankan sifat-sifat tanah dalam berbagai kondisi yang dapat terjadi. Ada beberapa jenis tanah yang termasuk tanah-tanah yang stabil, seperti batuan keras, kerikil, pasir dan juga lanau. Sedangkan jenis tanah yang termasuk ke dalam tanah yang tidak stabil adalah lempung, karena jenis tanah ini sangat mudah berubah dimensinya saat kelembaban atau kadar airnya berubah-ubah. (Allen, 2005). Sifat - sifat tanah yang dapat diperbaiki dengan cara stabilitas dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan (Saleh dan Harwadi, 2017).

2.4 Permeabilitas Tanah

Permeabilitas merupakan sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir melewati rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke energi yang lebih rendah. Sehingga permeabilitas tanah digambarkan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah (Hardiyatmo, 2012). Koefisien permeabilitas tanah sangat tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, viskositas, bentuk partikel dan struktur tanah. Semakin kecil ukuran partikel tanah, semakin kecil pula ukuran pori dan semakin rendah kemampuan tanah tersebut untuk melewatkan fluida (Koentjoro, 1992). Tabel 2. 1 menunjukkan nilai harkat permeabilitas tanah.

Tabel 2. 1 Nilai harkat permeabilitas tanah

Kelas Permeabilitas (cm/jam)	Nilai	Kode
Cepat	>25.4	1
Sedang sampai cepat	12.7 – 25.4	2
Sedang	6.3 – 12.7	3
Sedang sampai lambat	2.0 – 6.3	4
Lambat	0.5 – 2.0	5
Sangat lambat	<0.5	6

Sumber: Arsyad (2010)

Pengaruhnya permeabilitas tanah dengan longsor adalah bahwa tanah yang permeabilitasnya cepat kurang mendukung terhadap terjadinya longsor daripada tanah yang permeabilitasnya lambat. Semakin lambat permeabilitas tanah maka air yang tertahan dalam tanah akan semakin banyak sehingga akan menjadikan tanah menjadi jenuh. Tanah yang jenuh air berpotensi untuk berkembang apabila hujan semakin deras dan lama. Penjenuhan ini mengakibatkan butir – butir tanah tertekan sehingga mengakibatkan massa tanah bergerak (Sugiharyanto et al., 2009)

Menurut (Waskito et al., 2016), untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas (k) dapat dilakukan melalui pengujian laboratorium maupun pengujian di lapangan. Pengujian nilai koefisien permeabilitas (k) di laboratorium dapat menggunakan alat permeameter. Terdapat 2 jenis metode yang biasa

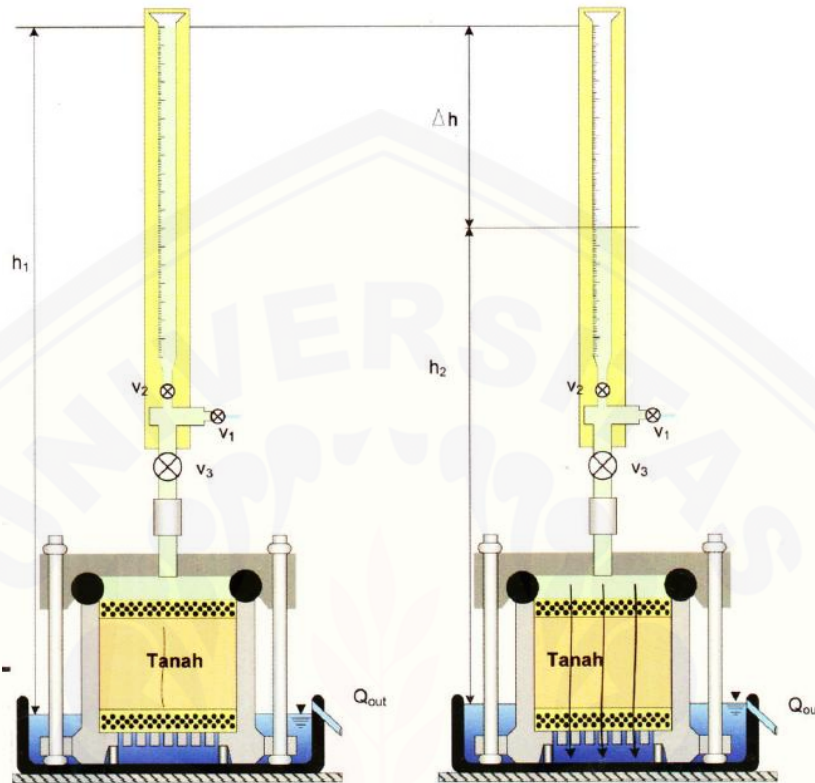
digunakan dalam menentukan nilai koefisien permeabilitas (k) di laboratorium, yaitu *Constant Head Test* dan *Falling Head Test*. *Constant Head* adalah metode percobaan yang dilakukan dengan mempertahankan besarnya perbedaan tekanan selama proses pengujian. Sedangkan *Falling Head* adalah metode percobaan yang didasarkan pada perubahan perbedaan tekanan selama pengujian. *Constant Head Test* digunakan untuk tanah yang memiliki butiran kasar dan memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi, seperti pasir, kerikil. Sedangkan *Falling Head Test* digunakan untuk tanah yang memiliki butiran halus dan memiliki koefisien permeabilitas yang rendah seperti tanah lempung (Budi, 2011).



Gambar 2. 3 Alat permeameter untuk menentukan nilai permeabilitas tanah

Menurut Imamuddin dan Hanif (2017), Uji permeabilitas yang digunakan yaitu metode *falling head* karena sesuai dengan tanah yang diteliti yaitu tanah berbutir halus. Prinsip dari uji permeabilitas dengan metode *falling head* tersebut

yaitu tanah benda uji dimasukkan kedalam tabung, lalu pipa pengukur didirikan diatas benda uji.



Gambar 2. 4 Prinsip uji permeabilitas *falling head* (Budi, 2011)

Air dituangkan melalui pipa pengukur dan dibiarkan mengalir melewati benda uji. Debit rembesan dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = k \frac{h}{L} A = -a \frac{dh}{dt} \quad (2.1)$$

$$dt = \frac{aL}{Ak} \left(-\frac{dh}{h} \right) \quad (2.2)$$

Hasil integral dari persamaan tersebut:

$$t = \frac{aL}{Ak} \log \frac{h_1}{h_2} \quad (2.3)$$

$$K = 2.303 \frac{aL}{At} \log \frac{h_1}{h_2} \quad (2.4)$$

keterangan:

a = Luas buret (cm²)

L = Tinggi sampel tanah (cm)

A = Luas permukaan sampel tanah (cm^2)

t = Waktu (s)

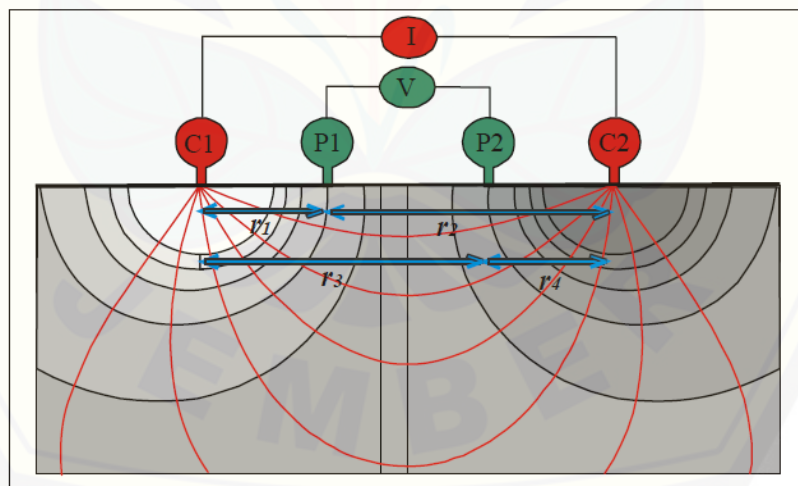
h_1 = Ketinggian pada saat $t = 0$ (cm)

h_2 = Ketinggian pada saat t diperhitungkan (cm)

K = Nilai permeabilitas tanah (cm/s)

2.5 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu dari kelompok metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan dengan mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Hal yang dipelajari yaitu mencakup tentang pendeteksian besaran medan potensial dan medan elektromagnetik yang diakibatkan oleh aliran arus listrik. Prinsip dari metode ini yaitu elektroda arus diinjeksikan arus listrik ke dalam bumi, selanjutnya distribusi medan potensial diukur dengan elektroda potensial. Variasi nilai resistivitas dihitung dengan berdasarkan besar arus dan potensial yang terukur (Santoso, 2002).



Gambar 2. 5 Konfigurasi elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropik (Telford et al., 1990)

Menurut Telford et al. (1990), Gambar 2. 5 menjelaskan bahwa penurunan potensial yang terukur mengikuti asumsi bahwa bumi merupakan medium homogen isotropis. Jika medium tersebut dialiri arus listrik searah I maka elemen arus δI yang melewati elemen permukaan δA dengan densitas arus J adalah:

$$\delta I = J \delta A \quad (2.5)$$

Berdasarkan hukum Ohm, hubungan antara kerapatan arus listrik J dengan medan listrik E dan konduktivitas medium σ dapat dinyatakan:

$$J = \sigma E \text{ atau } J = -\sigma \nabla V \quad (2.6)$$

Apabila tidak ada arus yang terakumulasi di dalam media $\nabla \cdot J = 0$, sehingga:

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \quad (2.7)$$

Dengan menggunakan teorema vektor, $\nabla \cdot (\phi A) = \nabla \phi \cdot A + \phi \nabla \cdot A$ diperoleh:

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (2.8)$$

Jika σ berharga konstan, maka suku pertama ruas kiri menjadi berharga nol sehingga didapatkan persamaan Laplace:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.9)$$

Untuk medium yang mempunyai bentuk simetri bola dan homogen isotropis, maka persamaan Laplace dapat dituliskan:

$$\frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.10)$$

Dengan dikalikan r^2 dan diintegrasikan maka didapatkan persamaan 2.11:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.11)$$

Lalu diintegrasikan kembali dan penyelesaian umum persamaan Laplace untuk model bumi simetris dan homogen isotropis adalah:

$$V = -\frac{A}{r} + B \quad (2.12)$$

dengan A dan B adalah konstanta integrasi. Oleh karena itu $V = 0$ jika $r = \infty$, maka diperoleh $B = 0$, dengan demikian beda potensial (V) yang terjadi nilainya berbanding terbalik dengan jari – jari atau jarak bidang equipotensial dari titik sumber (r). Jika sumber arus berada di permukaan bumi, maka permukaan yang dilalui arus adalah permukaan setengah bola, sehingga:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.13)$$

Apabila terdapat 2 elektroda yang dibuat dengan jarak tertentu pada Gambar 2.5, maka potensial pada titik-titik tersebut dekat permukaan akan dipengaruhi oleh

kedua elektroda arus tersebut. Potensial pada titik P1 yang dipengaruhi oleh elektroda C1 adalah:

$$V_{11} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_1} \quad (2.14)$$

Potensial pada titik P1 yang dipengaruhi oleh elektroda C2:

$$V_{12} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_2} \quad (2.15)$$

Sehingga potensial pada titik P1 yang dipengaruhi oleh elektroda arus C1 dan C2 adalah:

$$V_{11} + V_{12} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \quad (2.16)$$

Dengan cara yang sama, potensial P2 yang dipengaruhi oleh elektroda arus C1 dan C2 adalah:

$$V_{21} + V_{22} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \quad (2.17)$$

Maka beda potensial pada titik P1 dan P2 adalah:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.18)$$

keterangan :

I = arus (A)

A = elemen luas (m²)

V = potensial listrik (volt)

J = rapat arus (A/m²)

σ = konduktivitas listrik (ohm/m)

E = medan listrik (V/m)

r = jarak (m)

2.6 Resistivitas Semu

Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada asumsi bahwa bumi homogen isotropis, nilai resistivitas yang terukur merupakan nilai resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada jarak elektrodanya. Namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan – lapisan dengan ρ yang berbeda – beda, sehingga potensial

yang terukur dipengaruhi oleh lapisan – lapisan tersebut. Dalam hal ini, resistivitas yang terukur adalah resistivitas semu (Mukaddas, 2009). Bentuk umum persamaan resistivitas semu:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.19)$$

Dengan

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (2.20)$$

K merupakan faktor geometri yang bergantung pada bentangan dan spasi elektroda yang digunakan (Telford et al., 1990).

Nilai resistivitas semu digunakan untuk menentukan penampang dari resistivitas semu terhadap kedalaman semu untuk setiap lintasan pengukuran. Resistivitas semu yang diperoleh kemudian dijadikan input untuk melakukan penggambaran lapisan resistivitas bawah permukaan dalam bentuk penampang 2D dengan bantuan komputer menggunakan *software RES2DINV*. Penampang 2D akan memperlihatkan variasi resistivitas yang nantinya dijadikan dasar untuk interpretasi kondisi bawah permukaan (Syamsuddin et al., 2016). Tabel 2. 2 menjelaskan nilai resistivitas dari beberapa jenis tanah.

Tabel 2. 2 Nilai resistivitas beberapa jenis tanah

Jenis tanah (batuan)	Resistivitas (Ωm)
Tanah lempung, basah-lembek	1.5 – 3.0
Lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek	3 – 15
Tanah lanauan pasiran	15 – 150
Batuan dasar berkekar terisi tanah lembab	150 - 300
Pasir kerikil bercampur lanau	\pm 300
Pasir kerikil terdapat lapisan lanau	300 – 2400
Batuan dasar berkekar terisi tanah kering	300 – 2400
Endapan pasir dan kerakalan berbutir kasar dan kering	2400
Batuan dasar tak lapuk	2400
Air tawar	20 – 60
Air laut	0.18 – 0.24

Sumber: Roy E. Hunt (1984)

2.7 *Software RES2DINV dan Rockworks*

Software RES2DINV merupakan program komputer yang akan secara otomatis menghitung resistivitas dalam arah 2D lapisan bawah tanah dengan data

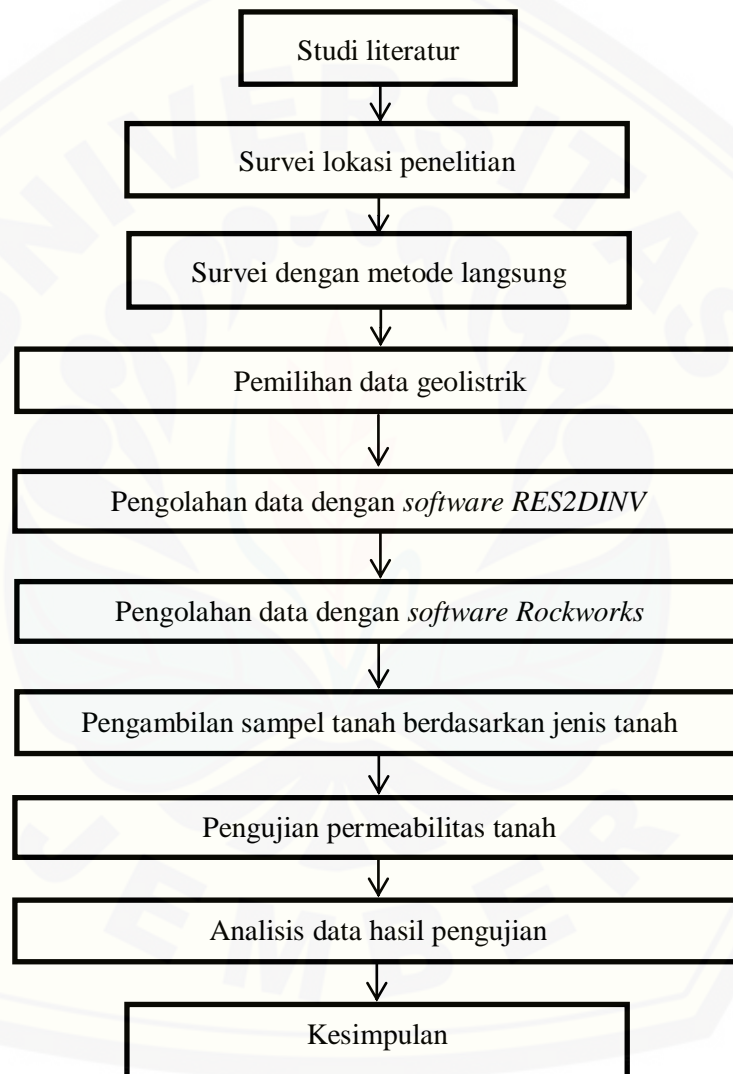
yang diperoleh dari pengukuran geolistrik. Untuk menentukan jenis dan lapisan geologi tanah diperoleh dengan mencocokkan nilai resistivitas sebenarnya hasil perhitungan dengan nilai resistivitas berbagai material tanah (Sholichin et al., 2014). Cara menggunakan *RES2DINV* yaitu buka *software* tersebut lalu klik menu file, kemudian pilih *read* data file, masukkan data lintasan yang akan di jalankan (*.dat) dan input datanya kemudian oke. Pilih menu “*inversion*” dan pilih “*least square inversion*” (Romosi, 2016).

Untuk melakukan pengolahan selanjutnya maka dilakukan pengolahan data menggunakan *software Rockworks* sehingga diperoleh citra 3D. Untuk data nilai resistivitas yang digunakan adalah data nilai resistivitas hasil inversi dari *software RES2DINV* (Fitrianto et al., 2017). *Rockwork* digunakan untuk menggabungkan data dan menampilkannya dalam bentuk 3D. Interpretasi data dilakukan dengan membaca dan mengevaluasi penampang berdasarkan nilai ρ dan h yang diperoleh, informasi geologi, serta semua informasi yang ada pada saat survei. Dengan menggabungkan informasi-informasi tersebut, maka dapat diinterpretasikan lapisan – lapisan yang terekam (Lutfinur, 2015).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dilakukan dengan tujuan menganalisis data resistivitas dan permeabilitas tanah di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Rancangan penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 3. 1



Gambar 3. 1 Diagram alir rancangan penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah rawan longsor di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Survei langsung ke lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi di lokasi tersebut. Selanjutnya dilakukan pemilihan data geolistrik dari penelitian sebelumnya yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan. Data yang digunakan yaitu nilai resistivitas semu. Nilai resistivitas semu tersebut diolah dengan *software RES2DINV*. Selanjutnya data diolah dalam bentuk citra 3D dengan *software Rockworks* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas sehingga diketahui jenis tanah yang ada di lokasi penelitian. Untuk mendukung hasil dari lapangan maka dilakukan uji laboratorium yaitu uji permeabilitas tanah.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang diperoleh dari dua metode yang telah dilakukan bersifat kuantitatif. Data kuantitatif adalah data yang dinyatakan dalam bentuk angka. Data kuantitatif pada penelitian ini berupa nilai resistivitas tanah. Sedangkan data kuantitatif yang diperoleh dari uji laboratorium yaitu permeabilitas tanah. Sumber data pada penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data primer yang digunakan adalah data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di lokasi penelitian oleh Amin (2006) dan Pambagyo (2011) dimana data yang diolah adalah nilai resistivitas. Selain itu data primer pada penelitian ini yaitu nilai permeabilitas tanah. Data sekunder yang digunakan merupakan data dari hasil survei langsung ke lokasi penelitian sehingga diketahui kondisi di lokasi tersebut untuk mendukung data primer.

3.3 Definisi Operasional Variabel

Variabel penelitian merupakan faktor-faktor penentu yang menjadi objek dalam penelitian yang dilakukan. Variabel-variabel yang diamati dan diukur dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

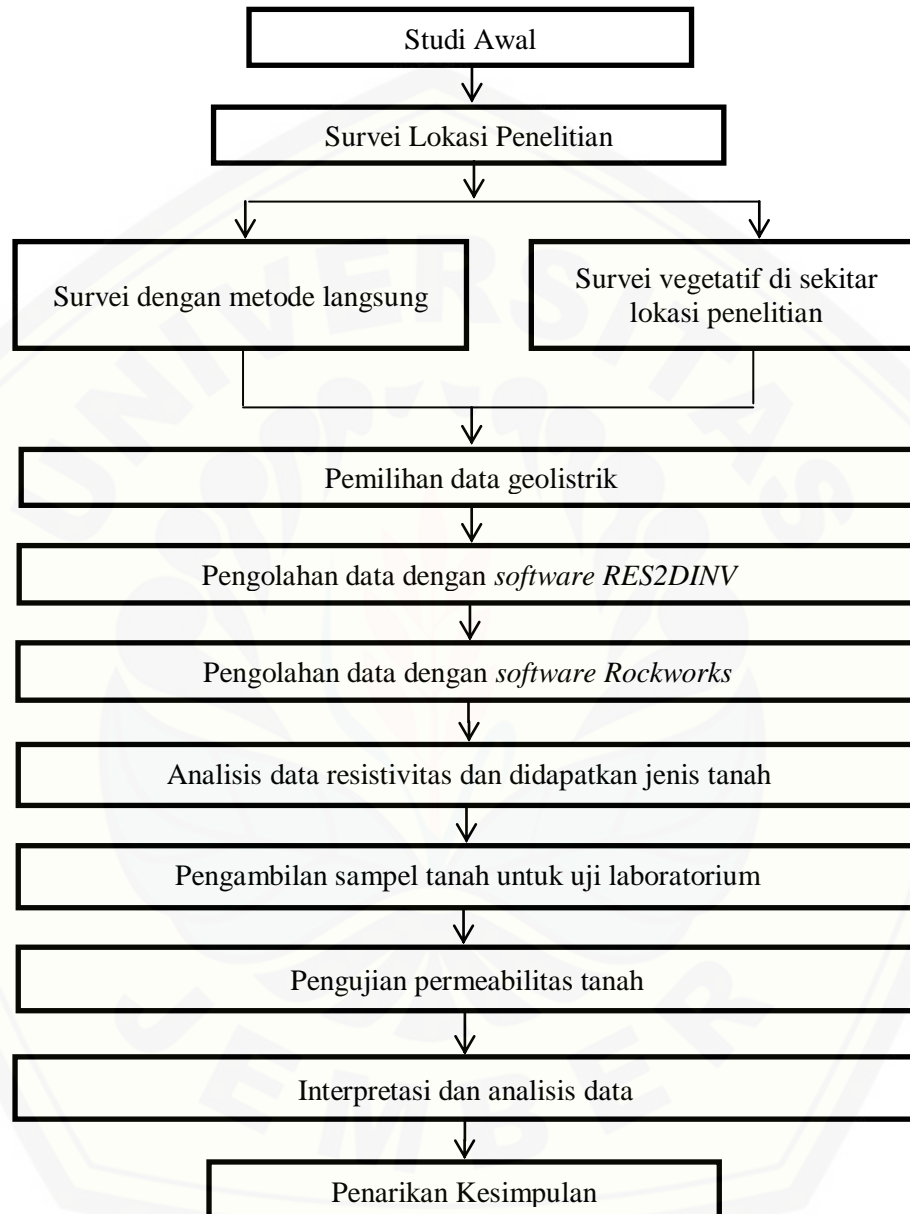
1. Koordinat titik data dan kedalaman pada data sekunder yang digunakan.
2. Nilai resistivitas dari data sekunder yang digunakan.
3. Nilai permeabilitas tanah (K).

3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan untuk memperoleh hasil. Analisis data yang pertama yaitu melakukan survei langsung ke lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi dan vegetatif di lokasi tersebut. Selanjutnya menentukan data geolistrik yang akan digunakan dan telah diolah menggunakan *RES2DINV* sehingga didapatkan data berupa koordinat, kedalaman dan nilai resistivitas sebenarnya dalam bentuk 2D dengan bentuk format xyz. Setelah itu dilakukan pengolahan dengan menggunakan *software Rockworks* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas pada lokasi penelitian. Setelah didapatkan sebaran nilai resistivitas di lokasi penelitian maka dilakukan *iso-leveling* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas rendah dan tinggi. Nilai resistivitas digunakan untuk menentukan jenis tanah di lokasi tersebut dalam bentuk 3D dengan lebih terperinci. Untuk mendukung hasil tersebut, maka dilakukan uji laboratorium. Hasil dari uji laboratorium ini mendeskripsikan kemampuan tanah untuk melewatkan air dan udara pada lapisan tanah karena hal ini mempengaruhi kerentanan tanah dari longsor berdasarkan jenis tanah yang telah diketahui.

3.5 Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian diilustrasikan dalam Gambar 3. 2:



Gambar 3. 2 Diagram alir kerangka pemecahan masalah

3.5.1 Studi Awal

Studi awal merupakan hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu sebelum menentukan suatu permasalahan yang digunakan sebagai acuan penelitian. Studi awal juga digunakan untuk penyesuaian antara penelitian yang dilakukan dengan

teori - teori yang sudah ada. Studi awal yang digunakan didapat dari berbagai sumber buku, jurnal penelitian, artikel ilmiah dan skripsi yang sesuai dengan tema penelitian yang dilakukan.

3.5.2 Survei Lokasi Penelitian

Survei lokasi penelitian dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai lahan dan kondisi lokasi yang akan digunakan. Penelitian ini mengacu pada peta lokasi data yang digunakan. Survei lokasi dilakukan di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Berdasarkan kondisi geologi dan hasil survei menunjukkan bahwa lokasi tersebut berada di daerah yang rawan longsor yang terletak didekat sawah dan ladang milik warga. Pada lokasi penelitian banyak didominasi oleh tumbuhan seperti bambu, pohon pisang, sengon dan rumput.

3.5.3 Pemilihan Data Geolistrik

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data geolistrik dari nilai resistivitas pada penelitian sebelumnya. Pemilihan data ini diambil berdasarkan penelitian sebelumnya di lokasi penelitian yang sama dengan menggunakan metode yang sama dan telah mencakup seluruh lokasi penelitian. Data yang dipilih yaitu dari penelitian Amin (2006) dan Pambagyo (2011). Penelitian Amin (2006) dilakukan pada bulan Juli hingga Agustus 2005 dengan menggunakan 2 lintasan. Lintasan 1 berada pada titik koordinat ($8^{\circ}6'28.30''\text{LS}-113^{\circ}42'29.20''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'27.4''\text{LS}-113^{\circ}42'31.47''\text{BT}$). Lintasan 2 berada pada titik koordinat ($8^{\circ}6'28.33''\text{LS}-113^{\circ}42'32.49''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'25.60''\text{LS}-113^{\circ}42'31.56''\text{BT}$). Penelitian Pambagyo (2011) dilakukan pada bulan Februari 2011 dengan menggunakan 5 lintasan. Lintasan 1 berada pada titik koordinat ($8^{\circ}6'28.43''\text{LS}-113^{\circ}42'32.13''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'25.44''\text{LS}-113^{\circ}42'30.81''\text{BT}$). Lintasan 2 berada pada titik koordinat ($8^{\circ}6'28.46''\text{LS}-113^{\circ}42'32.04''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'25.48''\text{LS}-113^{\circ}42'30.68''\text{BT}$). Lintasan 3 berada pada titik koordinat ($8^{\circ}6'26.84''\text{LS}-113^{\circ}42'31.96''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'27.86''\text{LS}-113^{\circ}42'29.85''\text{BT}$). Lintasan 4 berada pada titik koordinat ($8^{\circ}6'25.44''\text{LS}-113^{\circ}42'31.36''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'26.14''\text{LS}-113^{\circ}42'29.28''\text{BT}$). Lintasan 5 berada pada

titik koordinat ($8^{\circ}6'25.31''\text{LS}-113^{\circ}42'31.30''\text{BT}$) – ($8^{\circ}6'25.74''\text{LS}-113^{\circ}42'29.73''\text{BT}$). Data yang digunakan yaitu nilai resistivitas semu dan koordinat dari masing-masing lintasan. Data yang sudah terkumpul selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan *software RES2DINV* dan didapatkan hasil berupa nilai resistivitas sebenarnya, nilai kedalaman. Setelah diketahui hasil tersebut, selanjutnya dikonstruksi menggunakan *software Rockworks*. Gambar 3.3 merupakan lokasi dan lintasan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Lintasan merah merupakan lintasan Amin (2006) dan lintasan kuning merupakan lintasan Pambagyo (2011).



Gambar 3. 3 Lokasi dan lintasan penelitian Desa Kemuning Lor Arjasa

3.5.4 Pengolahan Data dengan *software RES2DINV*

Data dari penelitian sebelumnya yang digunakan yaitu nilai resistivitas semu. Data tersebut selanjutnya diolah menggunakan *software RES2DINV*. Untuk mengolah dalam bentuk citra 3D maka hasil dari pengolahan *software RES2DINV* harus disimpan dalam bentuk file format xyz. File tersebut dibuka menggunakan *excel*. Sehingga didapatkan nilai resistivitas sebenarnya dan kedalaman dari setiap lapisan tanah. Nilai resistivitas sebenarnya digunakan untuk mengetahui jenis tanah di lokasi penelitian. Pengolahan ini dilakukan pada setiap lintasan pada data yang digunakan.

3.5.5 Pengolahan Data dengan *software Rockworks*

Setelah diolah dengan *software RES2DINV* dan didapatkan nilai resistivitas sebenarnya dan nilai kedalaman dari setiap lintasan yang digunakan, maka selanjutnya diolah dengan *software Rockworks*. *Rockworks* merupakan aplikasi yang menunjukkan kondisi struktur bawah permukaan dalam bentuk 3D. Data yang didapatkan dari setiap lintasan akan digabungkan menjadi satu gambaran pada *Rockworks* sehingga dapat diketahui sebaran nilai resistivitas pada lokasi penelitian. Nilai resistivitas dapat menentukan jenis tanah dari semua lintasan pada lokasi penelitian berdasarkan nilai resistivitas dari Tabel 2. 2. Selanjutnya dilakukan *iso-leveling*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas rendah dan resistivitas tinggi berdasarkan rentang nilai resistivitas dari jenis tanah yang telah sesuai dengan Tabel 2.2.

3.5.6 Pengambilan Sampel Tanah untuk Uji Laboratorium

Pengambilan sampel tanah di lapangan diambil berdasarkan jenis tanah yang sesuai dengan data geolistrik yang didapat pada lokasi penelitian. Sampel diambil dari 3 lokasi yang berbeda yaitu pada daerah sawah, ladang dan daerah longsor. Sampel tanah yang diuji yaitu tanah yang memiliki butiran halus karena sesuai dengan metode uji laboratorium yang akan digunakan. Sampel tanah berbutir halus merupakan sampel tanah terganggu dan tidak berupa bongkahan, karena tanah yang hancur dan sedikit basah karena mengandung air.



Gambar 3. 4 Pengambilan sampel tanah

3.5.7 Pengujian Permeabilitas Tanah

Pengujian permeabilitas tanah dilakukan untuk mengetahui kecepatan air meresap ke dalam tanah dengan menggunakan alat Permeameter seperti pada Gambar 2. 3. Alat Permeameter dibuat sendiri di rumah selama selang waktu 2 minggu. Kertas saring dimasukkan terlebih dahulu ke dalam tabung lalu diisi dengan sampel tanah yang telah diambil dari lokasi penelitian hingga penuh, kemudian dimasukkan kembali kertas saring. Fungsi dari kertas saring yaitu untuk menyaring tanah supaya tidak keluar melalui tabung bawah dan hanya dapat meloloskan air.



Gambar 3. 5 Pengisian tanah ke dalam tabung

Selanjutnya, ditutup dengan penutup tabung dengan erat. Tinggi tabung (L), diameter tabung, diameter selang diukur. Penutup tabung yang telah terpasang dan diukur, selanjutnya dihubungkan dengan selang ukur.



Gambar 3. 6 Tabung yang telah dihubungkan dengan selang

Lalu dimasukkan air hingga mencapai ketinggian tertentu (h_1). Ketika air mulai berkurang maka *stopwatch* dihidupkan. Setelah mencapai waktu yang telah ditentukan (t), perubahan ketinggian air dicatat (h_2). Setelah didapatkan hasil dengan pembacaan, maka dihitung nilai permeabilitas (k) diperoleh dengan menggunakan persamaan 2. 4.

3.5.8 Interpretasi dan Analisa Data

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan *software RES2DINV* berupa nilai resistivitas diinterpretasikan untuk mengetahui jenis tanah dilokasi penelitian. Lalu hasil dari *software RES2DINV* di-inputkan ke *software Rockworks* untuk menggabungkan nilai resistivitas dari setiap lintasan pada lokasi penelitian. Sehingga diketahui sebaran nilai resistivitas dan didapatkan sebaran resistivitas rendah dan resistivitas tinggi untuk menentukan jenis tanah. Hasil tersebut didukung dengan hasil yang telah diperoleh dari uji laboratorium. Setelah interpretasi data dari metode geolistrik dan uji laboratorium, maka dianalisa hasil yaitu diperoleh jenis tanah pada setiap kedalaman dari seluruh lintasan pada lokasi penelitian tersebut secara 3D dan nilai permeabilitas tanah

untuk mendeskripsikan kecepatan jenis tanah tersebut untuk meloloskan air yang mempengaruhi tingkat kerentanan tanah longsor.

3.5.9 Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan untuk memperoleh informasi yang didapat dari hasil dan pembahasan yang diperoleh. Penarikan kesimpulan ini dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang digunakan pada penelitian ini. Dari data geolistrik didapatkan nilai resistivitas untuk mengetahui jenis tanah berdasarkan Tabel 2.2 sehingga dapat ditarik kesimpulan yaitu jenis tanah yang terdapat pada lokasi penelitian. Nilai permeabilitas yang diperoleh dari penelitian disesuaikan dengan Tabel 2.1 sehingga kesimpulan yang dapat diambil yaitu seberapa cepat air meresap ke dalam tanah. Kesimpulan yang dapat ditarik dari data geolistrik dan permeabilitas yaitu hubungan antara hasil tersebut mempengaruhi kestabilan dari tanah longsor yang ada di lokasi penelitian.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode geolistrik menghasilkan rentang nilai resistivitas yang berbeda pada setiap lintasan. Dengan menggunakan *Rockworks* diketahui hasil dalam bentuk 3D memiliki sebaran nilai resistivitas tanah pada semua lintasan berada pada rentang nilai (8.29 – 149.83) Ωm . Dari nilai tersebut diketahui bahwa jenis tanah pada lokasi penelitian terdiri dari lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek serta tanah lanauan pasiran.
2. Nilai permeabilitas yang diperoleh pada tiap sampel menghasilkan nilai yang berbeda. Pada sampel 1 jenis tanah lanauan pasiran di lokasi ladang didapatkan nilai permeabilitas yaitu 15.63 cm/jam. Pada sampel 2 jenis tanah lanauan pasiran di lokasi longsor diperoleh nilai permeabilitas sebesar 9.67 cm/jam. Sampel 3 jenis tanah lanauan pasiran di lokasi longsor diperoleh nilai permeabilitas sebesar 8.92 cm/jam. Sampel 4 jenis tanah lanauan pasiran diambil pada lokasi persawahan dan didapatkan nilai permeabilitas yaitu 3.02 cm/jam. Sampel 5 diambil pula pada lokasi persawahan dengan jenis tanah lempung lanauan dan didapatkan nilai permeabilitas sebesar 1.31 cm/jam. Sampel 6 diambil pada lokasi ladang dengan jenis tanah lempung lanauan dan didapatkan nilai permeabilitas sebesar 6.79 cm/jam.
3. Hubungan dari metode geolistrik dengan uji permeabilitas tanah yaitu diketahui bahwa jenis tanah di lokasi penelitian yaitu lempung lanauan dan tanah lanauan basah lembek serta tanah lanauan pasiran yang memiliki kemampuan melewatkan air agar tidak mudah longsor. Hal ini diketahui dari nilai permeabilitas tanah tersebut. Nilai permeabilitas tanah menunjukkan bahwa tanah lempung lanauan lebih lambat dalam meloloskan air daripada tanah lanauan pasiran.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari metode geolistrik dengan uji permeabilitas, dapat ditentukan kestabilan tanah pada lokasi tersebut. Untuk selanjutnya, diharapkan mendapatkan hasil yang lebih akurat dengan dilakukan uji lapangan dengan lintasan yang berbeda dan pengambilan sampel tanah diambil dari setiap lintasan. Selain itu juga dilakukan stabilisasi untuk meningkatkan kestabilan tanah tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Allen, E. 2005. *Dasar-Dasar Kontruksi Bangunan: Bahan-Bahan dan Metodenya Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Amin, A. H. 2006. Studi Kasus Kestabilan Lereng Di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember Dengan Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*) Dan Metode Geolistrik Resistivitas. *Skripsi*. Jember: FMIPA Universitas Jember.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB.
- Badan Geologi. 2018. <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gerakan-tanah/kejadian-gerakan-tanah/1992-laporan-singkat-pemeriksaan-gerakan-tanah-di-kecamatan-arjasa-kabupaten-jember-jawa-timur>. [Diakses pada: 9 Desember 2019].
- Bappekab. 2018. *Kecamatan Arjasa Dalam Angka*. Jember: Badan Pusat Statistik.
- BNPB. 2020. <https://bnpb.go.id/infografis/infografis-data-bencana-tgl-18-april-2020>. [Diakses 12 Mei 2020].
- Bokko, J. 2019. Analisis Kelongsoran Jalan Poros Sangalla-Batualu Dengan Program Plaxis. *Dynamic Saint*. 4 (1): 764-772.
- Budi, G. S. 2011. *Pengujian Tanah di Laboratorium Penjelasan dan Panduan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Fitrianto, T. N., Supriyadi, dan T. M. Mukromin. 2017. Pencitraan 3D Data Geolistrik Resistivitas dengan Rockworks Berdasarkan Hasil Inversi Res2DInv untuk Mengetahui Persebaran Batuan Konglomerat di Desa Surodadi, Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 7 (2): 107.
- Hardiyatmo, C. H. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hasnawir. 2012. *Mitigasi Bencana Sedimen: Teori dan Aplikasi*. Makassar: Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Imamuddin, M., dan B. A. Hanif. 2017. Penggunaan Metode Falling Head Dalam Menentukan Daya Serap Air Untuk Mereduksi Genangan Di Kampus Ft-Umj. *Prosiding Semnastek*. 1-2 November. 1-5.

- Koentjoro, H. 1992. *Permeabilitas Sebagai Salah Satu Metode Pengujian Ketahanan Beton*. Yogyakarta: Universitas Kristen Petra.
- Lihawa, F. 2017. *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsoran*. Yogyakarta: Deepublish.
- Lutfinur, I. 2015. Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta). *Skripsi*. Semarang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Morais, F., L. A. P. Bacellar, dan P. R. A. Aranha. 2008. Study of flow in vadose zone from electrical resistivity surveys. *Revista Brasileira de Geofísica*. 26 (2): 115-122.
- Mukaddas, A. 2009. Interpretasi Lapisan Batuan Bawah Permukaan Berdasarkan Analisis Data Geolistrik. *MEKTEK*. 11 (3).
- Nandi. 2007. *Longsor*. Bandung: FPIPS UPI.
- Pambagyo, A. N. 2011. Karakteristik Geohidrologi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2 Dimensi di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Skripsi*. Jember: FMIPA Universitas Jember.
- Priyono. 2015. Hubungan Klasifikasi Longsor, Klasifikasi Tanah Rawan Longsor Dan Klasifikasi Tanah Pertanian Rawan Longsor. *Gema*. 27 (49): 61412.
- Romosi, M. 2016. Pendugaan Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis, Masw, Dan Data Mekanika Tanah Di Desa Cimuncang Kec. Malausma Kab. Majalengka. *Skripsi*. Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Roy, E. Hunt. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. New York: Mcgraw Hill.
- Rustan, L. Handayani, dan F. D. E. Latief. 2015. Karakterisasi Parameter Fisis Tanah pada Daerah Rawan Longsor Menggunakan Analisis Citra Digital (Digital Image Analysis), *Proceedings of Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains* 8 dan 9 Juni 2015 Bandung. 73-76.
- Saleh, A. R., dan F. Harwadi. 2017. Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Abu Sekam Padi (Rha) Dan Kapur (Caco3) Di Kampung Satu Kota Tarakan. *JURNAL TEKNIK UBT*. 1 (1): 1 - 6.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.

- Sari, S. D., Akmam, dan N. Y. Sudiar. 2014. Analisa Sebaran Air Tanah Menggunakan Inversi Robust Constrain Data Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Di Daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. *PILLAR OF PHYSICS*. 4: 113-120.
- Sholichin, M., R. Asmaranto, dan S. Pratiwi. 2014. Penerapan Program Resistivity 2D Untuk Analisa Potensi Air Tanah Di Cekungan Air Tanah Pasuruan. *Jurnal Pengairan*. 5 (2).
- Sugiarto, M. R. 2020. <https://surabaya.tribunnews.com/2020/01/05/pemetaan-kawasan-rawan-bencana-berikut-sejumlah-kecamatan-di-jember-rawan-banjir-longsor-dan-rob>. [Diakses 12 Mei 2020].
- Sugiharyanto, M. Nursa'ban, dan N. Khotimah. 2009. Studi Kerentanan Longsor Lahan di Kecamatan Samigaluh dalam Upaya Mitigasi Bencana Alam. *Jurnal. Hasil Penelitian Strategis Nasional Universitas Negeri Yogyakarta*. 6 (1).
- Sugito, S., Z. Irayani, dan I. Permana Jati. 2010. Investigasi bidang gelincir tanah longsor menggunakan metode geolistrik tahanan jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas. *Berkala Fisika*. 13 (2): 49-54.
- Susila, H. P. 2009. *Bencana Alam Geologi*. Jakarta: PT Pustaka Tiga Kelana.
- Syamsuddin, Hasanuddin, dan O. L. Yuanita. 2016. Identifikasi Posisi Aquifer Menggunakan Metoda Resistivitas Konfigurasi Wenner Alpha dan Wenner Beta (Studi Kasus: Kebun Percobaan Pertanian UNHAS). *Prosiding Seminar Nasional Geofisika 2016*. 6 Agustus 2016. *Optimalisasi Geosains dalam era MEA: 149*.
- Telford, M. W., L. P. Geldart, S. R. E, dan A. D. Keyes. 1990. *Applied Geophysic*. London: Cambridge University Press.
- Ulfah, S. 2018. Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Parameter Resistivitas Dan Permeabilitas Di Desa Lantan Kecamatan Batukliang Utara Kabupaten Lombok Tengah. *Skripsi*. Mataram: Universitas Mataram.
- Usman, B., R. H. Manrulu, A. Nurfalaq, dan E. Rohayu. 2017. Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Fisika Flux*. 14 (2): 65-72.
- Violetta, R. F. 2018. Perencanaan Lanskap Agrowisata Di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember, Jawa Timur. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Wahyono, S. C., T. A. Hidayat, P. Pariadi, P. Hapsari, R. F. Novianti, R. K. Dewi, dan O. Minarto. 2017. Aplikasi Metode Tahanan Jenis 2D untuk Mengidentifikasi Potensi Daerah Rawan Longsor di Gunung Kupang, Banjarbaru. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*. 8 (2): 95-103.
- Waskito, F., T. Yulianto, dan D. J. Suprpto. 2016. Analisis Rembesan Pada Bendungan Cengklik Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Dan Uji Permeabilitas Untuk Menghitung Debit Rembesan. *Youngster Physics Journal*. 5 (4): 425-432.
- Widyanto, B. E. 2014. *Pengaruh Penambahan Kapur Pada Inti Bendungan Terhadap Besarnya Debit Rembesan*. Banten: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Zakaria, Z. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*. Bandung: Laboratorium Geologi Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran Bandung.