

## Investigasi Bidang Gelincir Pemicu Gerakan Tanah (Tanah Longsor) Dengan Metode Geolistrik di Desa Sambirejo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman

Agung Prakoso Wicaksono<sup>1</sup>, Neng Yulia Rahmatussadah<sup>1</sup>, Unggul Prabowo<sup>1</sup>, Obrin Trianda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : [Obrin.Trianda@itny.ac.id](mailto:Obrin.Trianda@itny.ac.id)

### ABSTRAK

Desa Sambirejo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk wilayah yang berpotensi bencana tanah longsor cukup tinggi. Hal ini terbukti dari banyaknya kejadian gerakan tanah, dan telah menimbulkan baik kerusakan fisik maupun korban jiwa. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis batuan pemicu gerakan tanah dengan metode pemetaan geologi permukaan dan pemetaan geologi bawah permukaan. Pemetaan geologi permukaan berguna untuk mengetahui keadaan yang ada dipermukaan seperti litologi, morfologi serta struktur geologi. Pemetaan geologi bawah permukaan berguna untuk mengetahui keadaan geologi yang ada dibawah permukaan seperti litologi dan struktur geologi. Daerah penelitian memiliki topografi bergelombang berlereng curam yang didominasi oleh batuan penyusun berupa Tuff dan Breksi Andesit serta memiliki angka curah hujan yang tinggi setiap awal dan akhir tahun. Penelitian ini menghasilkan pemodelan 2D Geologi bawah permukaan yang berguna untuk menginvestigasi batuan dari pemicu gerakan tanah. Tipe gerakan tanah yang ada adalah rayapan. Hasil penelitian dibaharkan dapat dimanfaatkan sebagai informasi dasar untuk melakukan mitigasi bencana, dan pembangunan wilayah.

**Kata kunci:** Desa Sambirejo, Tanah longsor, Tuff, Breksi Andesit.

### ABSTRACT

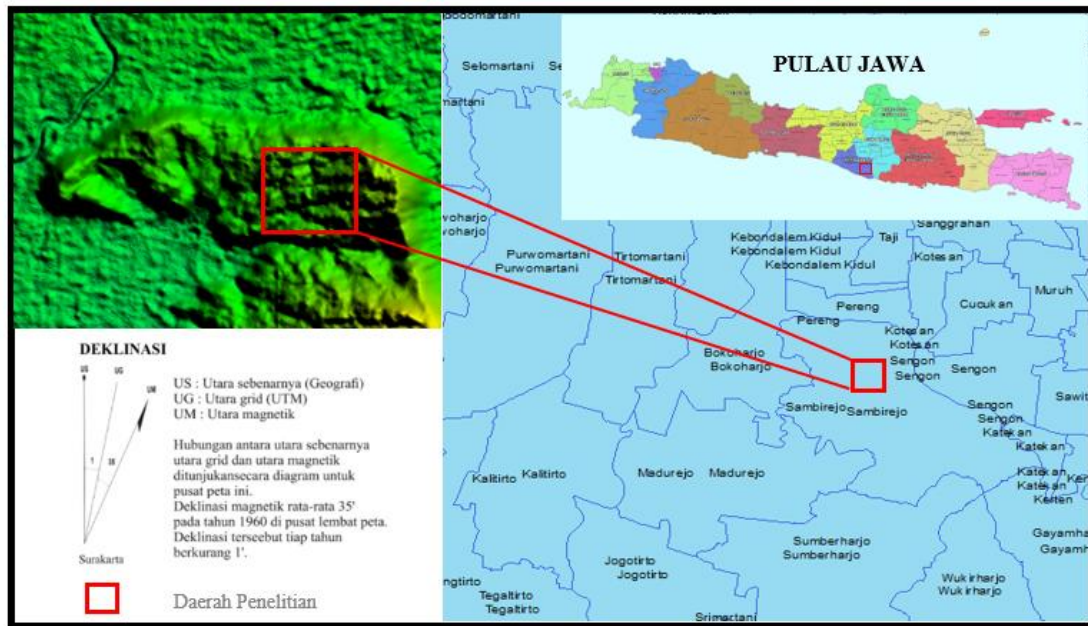
*Sambirejo Village, Prambanan District, Sleman District, Yogyakarta's Special Territory, as well as the most likely landslides disaster is high. This is evident in the multitude of incidents of motion on the ground, and it has resulted in the both physical and loss of life. The study was conducted to analyze ground-movement rock by means of a method of mapping surface geology and subsurface geological mapping. The mapping of surface geology provides insight into such as surfaces area litology, morphology, and geological structures. Sub-surface mapping of geology provides insight into the state of geology below the surface, such as lyric and geological structures. The research area have steep topography dominated by the sedimentary rock of a Tuff and Breksi Andesit and have high rainfall figures every beginning and end of the year. This study produced a subsurface 2D Geological modelling that was useful for investigating rocks from the trigger of soil motion. The existing type of soil movement is creep. Updated research can be used as of basic information on disaster mitigation, and regional building.*

**Keywords:** *Sambirejo Village, Landslides, Tuff, Breksi Andesit.*

### 1. PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda didaerah perbukitan tropis, tanah longsor sendiri merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan maupun pencampuran antara keduanya yang menuruni lereng akibat terganggunya kestabilan tanah. Bencana tanah longsor selain mengakibatkan berubahnya bentuk lahan, hilangnya lapisan permukaan tanah yang subur, juga menimbulkan kerugian dari segi material dan korban jiwa.

Kerugian material akibat bencana tanah longsor di Indonesia tergolong cukup tinggi, setiap tahunnya kerugian material akibat bencana tanah longsor mencapai Rp 8.000.000.000,00 (Nandi, 2007). Daerah Sleman khususnya di Desa Sambirejo, Kecamatan Prambanan dimana penelitian ini dilakukan (Gambar 1), merupakan daerah rawan longsor yang sering kali terjadi di lereng-lereng terjal dan menyebabkan kerugian materi hingga kematian manusia. Bencana seperti ini perlu perhatian khusus dengan menganalisis dan mengetahui penyebab bencana longsor dengan parameter-parameter geologi tertentu.

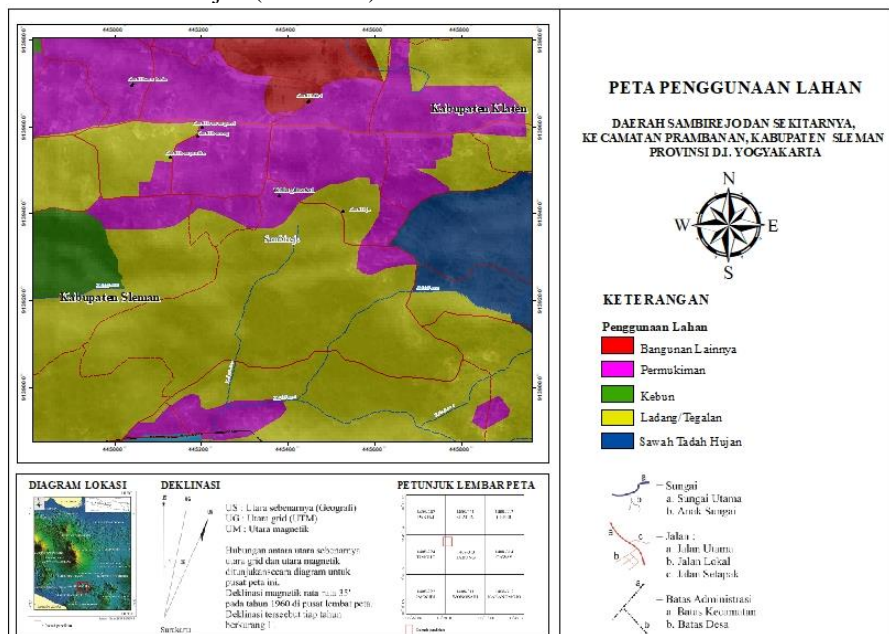


Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

Penelitian ini secara khusus mengkaji dan menganalisis batuan pemicu dari terjadinya gerakan tanah serta faktor-faktor yang mempengaruhinya, untuk kemudian dapat memberikan informasi kepada masyarakat daerah penelitian tentang cara mengenali bencana gerakan tanah. Nilai penting dari penelitian ini adalah dapat memberikan hasil akhir berupa analisis kuantitatif yang merupakan data dari kombinasi nilai – nilai parameter dengan pembobotan secara khusus dari setiap parameter.

**a. Kondisi Geografis**

Daerah Sambirejo dan sekitarnya, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman secara fisiografis berada di Pegunungan Selatan. Daerah tersebut memiliki iklim Tropika basah. Dengan mata pencaharian sebagian besar sebagai petani. Bentuk bentang alam yang secara umum merupakan topografi bergelombang ini pada umumnya dibudidayakan sebagai tegalan dan pemukiman, dan hanya sebagian kecil saja yang dimanfaatkan untuk kebun dan sawah tadah hujan (Gambar 2).



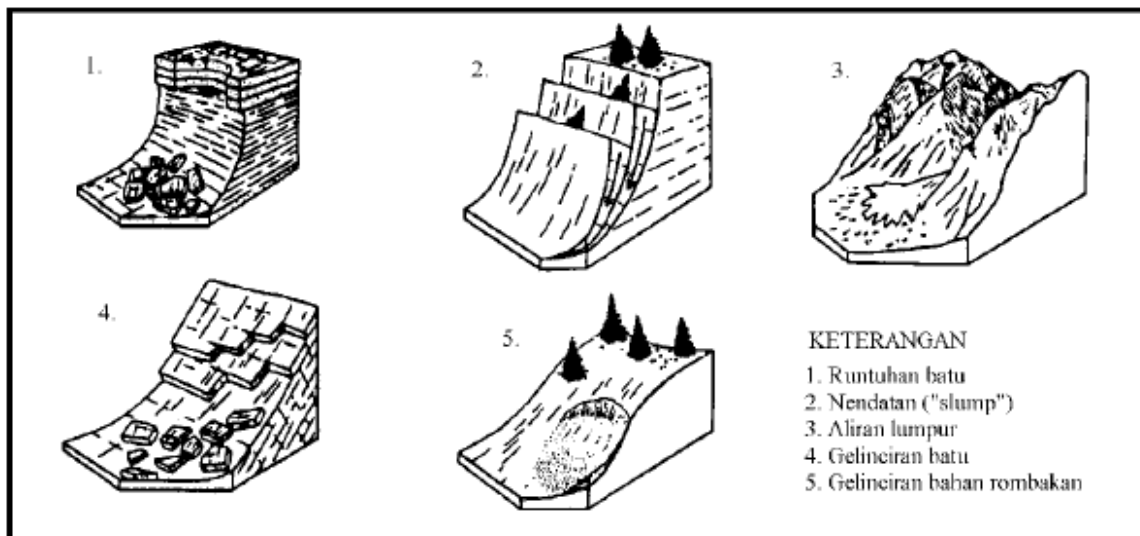
Gambar 2. Peta penggunaan lahan

### b. Gerakan Massa Batuan

Gerakan massa batuan terjadi apabila distribusi gaya yang bekerja pada suatu lereng terganggu. Pada dasarnya gaya yang bekerja pada suatu lereng dapat dibedakan antara gaya yang menyebabkan gerakan dan gaya yang bersifat menahan. Apabila gaya yang bersifat mendorong lebih besar dari pada gaya yang bersifat menahan, maka gerakan massa tanah/batuan akan terjadi.

Gerakan massa dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe, didasarkan atas kecepatan gerakan, ada dan tidak adanya bidang gelincir, bentuk bidang gelincir, serta jenis massa yang bergerak. Sebagai contoh, apabila gerakannya cepat, terdapat bidang gelincir, dan massa yang bergerak merupakan batuan, maka disebut sebagai rock slide, apabila yang bergerak masa tanah disebut sebagai soil slide. Sedangkan apabila gerakannya lambat biasanya berupa aliran, dapat berupa aliran baham rombakan batuan (debris flow), atau aliran tanah basah dan aliran lumpur.

Ada satu jenis lagi gerakan tanah yang sifatnya sangat lambat yang jarang disadari oleh masyarakat yaitu gerak rayapan (creeping). Apabila yang bergerak adalah batuan maka disebut sebagai rayapan batuan (rock creep), sementara itu apabila yang bergerak adalah tanah atau bahan rombakan batuan, disebut rayapan tanah (soil creep). Pada ujung gerakan tanah yang 1 jenis rayapan ini, jika ujung dari wilayah yang mengalami rayapan berupa lereng yang curam, maka gerakan rayapan ini tiba – tiba bisa berubah menjadi gerakan yang sifatnya cepat yaitu 3 bisa jatuhnya (fall) bisa gelinciran (sliding). Secara garis besar, tipe-tipe gerakan massa dapat dilihat pada (Gambar 3).



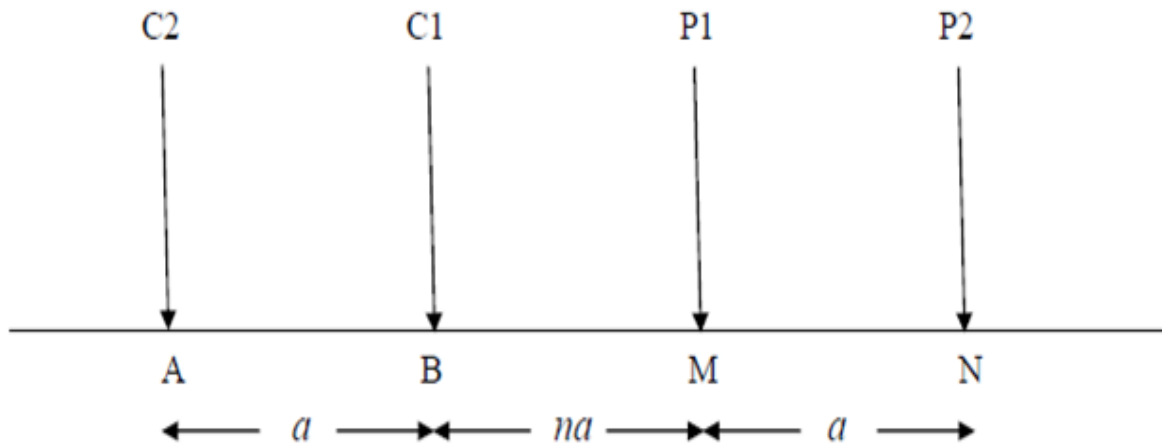
Gambar 3. Jenis-jenis gerakan massa (Hoek & Bray, 1981)

### c. Metode Geolistrik

Metode geolistrik tahanan jenis merupakan suatu metode geofisika yang memanfaatkan sifat tahanan jenis untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Metode ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda potensial yang berada di tempat lain (Telford dkk, 1990).

Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode resistivitas dengan konfigurasi Dipole-Dipole. Metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole dapat diterapkan untuk tujuan mendapatkan gambaran bawah permukaan pada obyek yang penetrasinyarelatif lebih dalam dibandingkan dengan metode sounding lainnya seperti konfigurasi wenner dan konfigurasi schlumberger. Metode ini sering digunakan dalam survei resistivitas karena rendahnya efek elektromagnetik yang ditimbulkan antara sirkuit arus dan potensial (Loke, 1999). Susunan elektroda konfigurasi dipole-dipole dapat dilihat pada (gambar 4).

Spasi antara dua elektroda arus dan elektroda potensial sama yaitu  $a$ . Konfigurasi ini mempunyai faktor lain yaitu  $n$  yang merupakan rasio jarak antara elektroda C1 dan P1 ke C2–C1 atau P1–P2 dengan jarak pisah  $a$ . Pengukuran ini dilakukan dengan memindahkan elektroda potensial pada suatu penampang dengan elektroda arus tetap, kemudian pemindahan elektroda arus pada spasi  $n$  berikutnya diikuti oleh pemindahan elektroda potensial sepanjang penampang seterusnya hingga pengukuran elektroda arus pada titik terakhir di penampang.



Gambar 4. Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi dipole-dipole  
(Sumber : Reynolds, 1997)

#### d. Tujuan

1. Mengetahui batuan pemicu terjadinya gerakan tanah di lokasi penelitian.
2. Melakukan pemodelan 2D geologi bawah permukaan daerah penelitian.

#### e. Manfaat

1. Mengetahui kesadaran masyarakat terhadap bahaya bencana tanah longsor di lokasi penelitian.
2. Meningkatkan edukasi kepada masyarakat tentang bencana tanah longsor.
3. Membantu program pemerintah tentang tanggap bencana tanah longsor.

### METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi :

#### a) Input

##### a. Masalah gerakan tanah

Tahapan ini dilakukan dengan mencari masalah yang ada di daerah penelitian.

##### b. Studi Pustaka

Tahapan ini dilakukan dengan mempelajari literatur yang terkait dengan masalah gerakan tanah dan kondisi geologi regional yang ada di sekitar lokasi penelitian.

#### b) Proses

##### a. Kajian lapangan

Dalam tahapan ini dilakukan dengan dua metode yaitu metode geologi permukaan yang berguna untuk mengetahui litologi, morfologi, kelerengan dan struktur geologi yang ada di permukaan dan metode geologi bawah permukaan untuk mengetahui kondisi litologi yang ada di bawah permukaan.

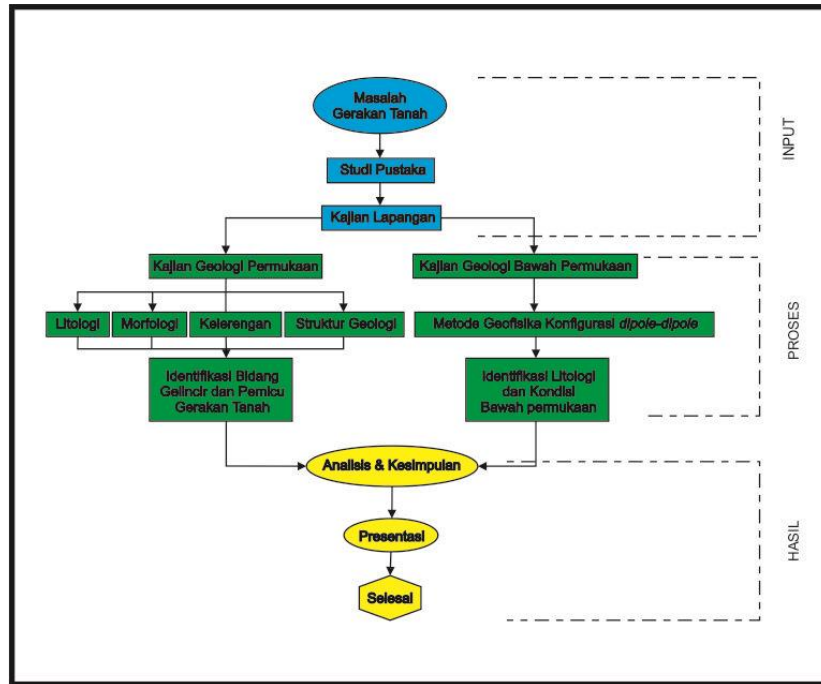
#### c) Hasil

##### a. Analisis

Tahapan analisis ini merupakan tahapan lanjut setelah didapatkan data lapangan.

##### b. Kesimpulan

Pada tahapan ini dilakukan interpretasi terhadap data lapangan, data hasil analisis studio serta hasil analisa laboratorium terkait dengan gerakan tanah di daerah penelitian, yang kemudian dikaitkan dengan data sekunder yang ada.

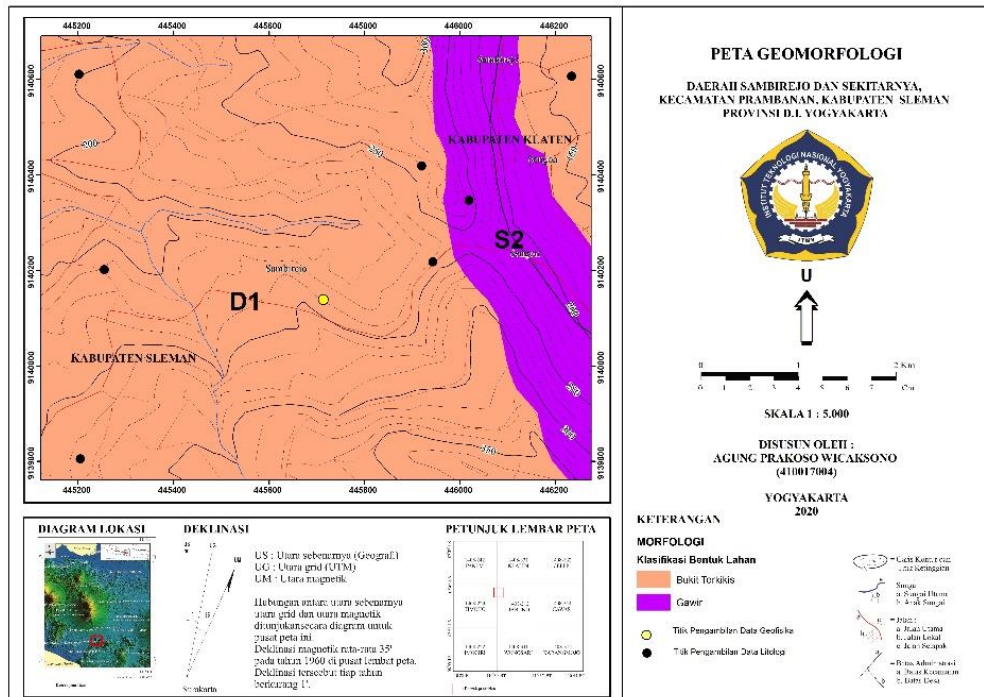


Gambar 5. Diagram alur penelitian

**HASIL DAN ANALISIS**

**Geomorfologi**

Desa Sambirejo dan sekitarnya secara geomorfologi merupakan daerah perbukitan bergelombang dan lereng terjal dengan kemiringan lereng bervariasi antara 8% hingga 70%. Berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985), dapat dibagi menjadi 2 satuan bentuklahan yaitu Denudasional dan Struktural.



Gambar 6. Peta Geomorfologi Daerah penelitian (Van Zuidam, 1985)



Tabel 1. Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian

Satuan Geomorfik			
Bentuk Asal	Bentuk Satuan	Simbol	Pemerian
Denudasional	Bukit Terkikis	D1	Bentuk perbukitan dengan beda tinggi 15-50m, morfologi miring sampai agak curam dengan kemiringan lereng 8°-30° menempati 85% dari luas daerah penelitian.
Struktural	Gawir	S2	Bentuk lereng terjal dengan ketinggian mencapai 300mdpl, morfologi curam dengan kemiringan lereng 30°-70°, menempati 15% dari luas daerah penelitian.

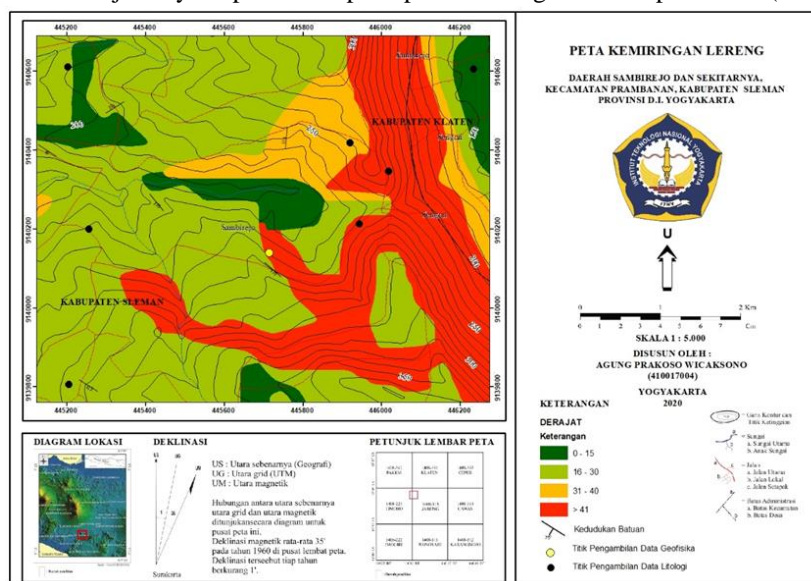
(Mengacu pada Klasifikasi Van Zuidam, 1985)



Gambar 7. Geomorfologi Lokasi Penelitian

**Kemiringan lereng**

Parameter kelerengan merupakan tingkat kemiringan yang tercermin dalam morfologi. Semakin besar tingkat kelerengan pada umumnya akan semakin menambah kemungkinan terjadinya gerakan tanah pada suatu daerah. Hal ini juga berhubungan dengan adanya gaya gravitasi yang menarik massa batuan dari atas ke bawah. Semakin tinggi tingkat kelerengan maka batuan akan semakin mudah tertarik ke bawah sehingga mengakibatkan terjadinya gerakan tanah. Untuk setiap parameter mempunyai nilai/bobotnya sendiri-sendiri. Pada daerah penelitian untuk faktor kelerengan dibagi menjadi 4 yaitu kelerengan rendah (0°-15°), zona kelerengan sedang (16°-30°), zona kelerengan tinggi (31°-40°) dan zona kelerengan sangat tinggi (>41°). Kelerengan rendah (berwarna hijau tua) seluas ±15% , kelerengan sedang seluas ±50% (berwarna hijau muda), kelerengan Tinggi seluas ±15% (berwarna orange) dan kelerengan Sangat Tinggi (berwarna merah) seluas ±30%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta kelerengan daerah penelitian (Gambar 8)



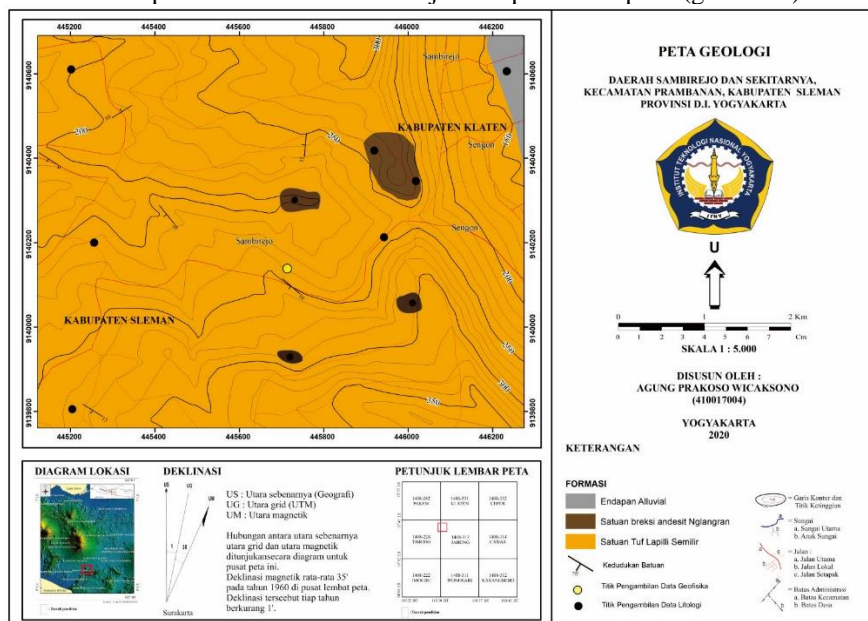
Gambar 8. Peta Kemiringan Lereng daerah penelitian (M.Rusli.A, 2013)

Tabel 2. Parameter kelerengan (Muh. Rusli A, 2013)

Parameter Kelerengan	Intensitas Kepentingan	
	Derajat Nilai	Skor
>41°	Sangat Tinggi	4
31° - 40°	Tinggi	3
16° - 31°	sedang	2
0° - 15°	Rendah	1

**Stratigrafi**

Secara stratigrafis, daerah penelitian disusun Formasi Semilir dan Formasi Nglanggeran (Surono, dkk 2009). Dari kajian stratigrafi pada daerah penelitian dijumpai beberapa litologi, antara lain Satuan Tuf Lapili dari Formasi Semilir yang sangat mendominasi kehadirannya didaerah lokasi penelitian, kemudian dilokasi penelitian juga dijumpai beberapa litologi berupa Breksi dengan fragmen Andesit dari Formasi Nglanggeran serta dijumpai sedikit Endapan Alluvial. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada (gambar 9).



Gambar 9. Peta geologi daerah penelitian (Surono, dkk 2009)

Tabel 3. Stratigrafi Daerah Penelitian

Umur		Formasi	Stratigrafi		Pemerian
Zaman	Kala		Warna	Satuan batuan	
Kuarter	Holosen	Endapan		Endapan Pasir halus-Kerikil	Satuan ini tersusun oleh endapan lepas dengan ukuran pasir halus-kerikil, berwarna coklat abu-abu, tersingkap 5% dari seluruh total daerah penelitian.
Tersier	Miosen Awal	Nglanggeran		Breksi Andesit	Satuan ini tersusun berupa breksi dengan fragmen yang berupa andesit dengan warna coklat kehitaman, tersingkap di lokasi penelitian sekitar 6% dari total seluruh yang ada didaerah penelitian.
		Semilir		Lapilli Tuf	Satuan ini tersusun oleh litologi berupa tuf sampai dengan lapilli, dengan warna coklat keabuan, tersingkap 89% dari total daerah penelitian.



Gambar 10. Litologi Tuf Lapili



Gambar 11. Litologi Breksi Andesit

### Curah hujan

Curah hujan menjadi salah satu faktor eksternal yang sangat penting sebagai penyebab terjadinya tanah longsor. Hal tersebut dikarenakan litologi pada daerah penelitian bersifat terdapat beberapa litologi yang sifatnya bahan lepas, sehingga jika terkena air akan sangat mudah bergerak menuju kearah yang lebih landau. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil bahwa kejadian gerakan tanah yang terjadi pada daerah lokasi penelitian cenderung muncul pada musim penghujan dengan curah hujan yang sangat intensif dan biasanya terjadi pada awal tahun antara bulan Januari – Maret dan pada akhir tahun yaitu pada bulan Oktober – Desember 2020.



Gambar 12. Grafik Curah Hujan di Kecamatan Prambanan (Sumber BMKG)

### Identifikasi Bidang Gelincir Pemicu Gerakan Tanah

Berdasarkan hasil penelitian dan pengambilan data primer dilapangan diidentifikasi daerah penelitian termasuk dalam tipe longsor rayapan hal tersebut ditunjukkan dengan pergerakan massa batuan menuruni lereng dengan sangat lambat, dengan arah longoran yang cenderung mengarah ke utara memotong jalur jalan. Seperti yang ditunjukkan pada (gambar 13).





Gambar 13. Arah Gerakan Tanah (Rayapan) lensa kamera menghadap ke barat

Litologi disekitar lokasi gerakan tanah didominasi sebagian besar oleh litologi dari satuan Tuf lapili Semilir, dengan tataguna lahan berupa jalan serta ladang milik warga sekitar, yang mana akibat dari adanya pergerakan tanah menuruni bukit tersebut mengakibatkan terputusnya jalan yang menghubungkan satu desa dengan desa yang lain.

Jalan tersebut juga merupakan rute bagi penumpang jeep wisata yang ada di sekitaran wisata tebing breksi, dengan hal tersebut maka rute yang biasanya dilalui sekarang sudah tidak bisa dilalui karena jalan turun mengikuti pergerakan dari pergerakan tanah dilokasi penelitian. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 14 dan 15.



Gambar 14. Kondisi jalan yang masih baik, Gambar 15. Kondisi jalan rusak akibat gerakan tanah (arah lensa foto menghadap timur)

### **Integrasi Data Geologi, Geofisika dan Gerakan Tanah**

Hasil dari pengambilan data geologi permukaan kemudian dikorelasikan dengan data geolistrik untuk memperkuat indikasi pemicu dari pergerakan didaerah penelitian. Tebal lapisan yang mengalami pergerakan tanah di daerah lokasi penelitian diperkirakan memiliki tebal sekitar 10 meter sedangkan jika dilihat dari keseluruhan bukit memiliki tebal sekitar 20 meter.



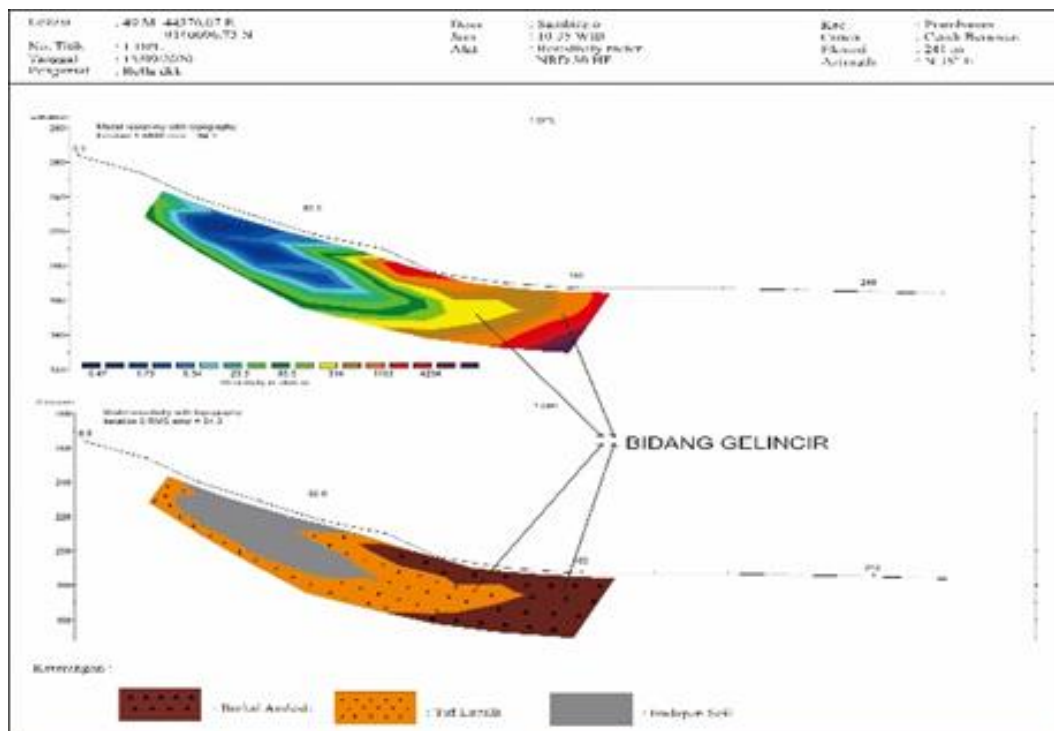
Gambar 16. Lokasi Bentangan Elektroda

Penelitian ini digunakan dengan menggunakan metode geolistrik Pengambilan data geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole yang dilakukan di sebelah utara lereng wisata tebing breksi. Jalur lintasan pada lokasi penelitian terbentang sepanjang 260 meter dengan jarak antar spasi elektroda berkisar 10 meter dan 20 meter dengan koordinat 49 M 44576.07 9140096.73.

### Pemodelan 2D Geologi Bawah Permukaan

Hasil pemodelan bawah permukaan diinterpretasikan bahwa terdapat 3 litologi yang mempengaruhi dari pergerakan tanah di lokasi penelitian yaitu Endapan Soil dengan nilai resistivitas berkisar antara 6-13 Ohm meter, kemudian nilai resistivitas 15-270 Ohm meter yang diinterpretasikan sebagai Tuff lapilli hal ini jika bisa dilihat kenampakan berupa litologi Tuf Lapili di permukaan dan yang terakhir dengan nilai Resistivitas  $> 400$  Ohm meter yang diinterpretasikan sebagai Breksi Andesit.

Dari pemodelan 2D Geologi bawah permukaan dapat dilihat bahwasannya terdapat 3 buah litologi yang mengontrol terjadinya pergerakan tanah di lokasi penelitian antara lain Tuf Lapili, Breksi Andesit dan Endapan Alluvial, yang mana litologi Tuf lapili dan breksi andesit diinterpretasi kuat sebagai bidang gelincir dari pergerakan tanah tersebut (Gambar 17)



Gambar 17. Pemodelan 2D

Tabel 5. Nilai tahanan jenis lokasi penelitian  
(mengacu pada klasifikasi Telford,1990)

No	Resistivitas (Ohm meter)	Lapisan
1	6-13	Endapan Soil
2	15-90	Tuf
3	98-270	Tuf Lapili
4	>400	Breksi Andesit

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi terhadap data geologi permukaan dan geofisika dengan metode geolistrik, dapat disimpulkan bahwa :

1. Daerah penelitian memiliki kondisi morfologi perbukitan terkikis dengan bentukan awal Danudasional (D1) dan Gawir dengan bentukan asal Struktural (S2)
2. Litologi penyusun yang ada di daerah penelitian didominasi berupa satuan Tuf Lapili yang menempati sebanyak 80% dari total daerah penelitian, kemudian ada satuan Breksi Andesit Nglanggeran yang menempati sebanyak 10% dari total daerah penelitian dan sisanya terdapat Endapan Alluvial sebanyak 5%.
3. Hasil dari pemodelan 2D bawah permukaan dari data Geofisika didapatkan bahwa bidang gelincir pemicu gerakan tanah yang ada di daerah penelitian diidentifikasi sebagai Tuf Lapili dari Formasi Semilir serta Breksi dari Formasi Nglanggeran.
4. Hasil dari kajian geologi dan geolistrik didapatkan hasil tentang penyebab terjadinya tanah longsor bukan hanya bersumber dari litologinya saja melainkan banyak faktor lain yang dapat mempengaruhinya seperti ; Kondisi Iklim (Curah Hujan), Morfologi , Kemiringan Lereng dan Struktur Geologi.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penyelesaian penelitian geologi ini tidak terlepas dari dorongan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak selama persiapan sampai akhir penyusunan makalah ini. Penyusun mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Terima kasih Kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Ditjen Dikti Kemendikbud-ristek atas insentif Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Artikel Ilmiah Tahun 2020 .
2. Orang Tua penulis, yang senantiasa memberikan dukungan moril dan materil dalam proses penyusunan seminar ReTII.
3. Obrin Trianda, S.T., M.T selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, masukan dan ilmu dalam penyusunan seminar ReTII.
4. Bapak Dr. Ir. Setyo Pambudi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral Institut Teknologi Nasional Yogyakarta atas dukungannya.
5. Bapak Ignatius Adi Prabowo, S.T., M.Si selaku ketua Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Nasional Yogyakarta atas dukungannya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bemmelen, van, R.W. 1949. *Geologi of Indonesia. Vol. Ia General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago*. Government Printing Office, The Hague.
- [2] Bronto, S., Hartono, G., Astuti, B., dan Mulyaningsih, S., 2008b. Formasi Wonolelo: usulan nama satuan litostratigrafi baru untuk batuan gunung api Tersier di daerah Bantul, Yogyakarta. Prosiding Seminar

- Nasional Ilmu Kebumihan “Tantangan dan Strategi Pendidikan Geologi dalam Pembangunan Nasional”, Jurusan Teknik Geologi, FT UGM, Yogyakarta.
- [3] Damtoro, J. (2007). *Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Mendeteksi Mineral Mangan (Physical)*. Jember: Universitas Jember.
- [4] Dibiyosaputro, S. (1992). *Longsorlahan Di Daerah Kecamatan Kokap*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- [5] Grandis, H. (1986). Penerapan Metode Gaya Berat dan Tahanan Jenis Dalam Eksplorasi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi. Tugas Akhir Jurusan GM-ITB.
- [6] Hartono, G., 2010. Petrologi Batuan Beku dan Gunung Api. Unpad Press, Bandung
- [7] Hoek E & Bray J.W, 1981, Rock Slope Engineering, Rev 3rd ed, The Institute of Mining and 4 Metalurgy, London
- [8] Loke, M. H. (1999). *A Practical Guide to 2D and 3D Surveys*. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, 8-10.
- [9] Nandi. (2007). *Longsor*. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi FPIPS UPI
- [10] Novian, M.I., Setiawan, P.K.D., Salahuddin Husein, S. dan Rahardjo, W., 2007. Stratigrafi Formasi Semilir bagian atas di Dusun Boyo, Desa Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, DIY. Makalah disampaikan pada Seminar dan Workshop Potensi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah, Inna Garuda, 27-29 November 2007.
- [11] Surono, S. (2009). Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 19(3), 209-221.
- [12] Surono, Toha, B. & Sudarno, I, 1992. Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, Skala 1 : 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [13] Telford W.M., L.P Geldart, dan R.E Sheriff, 1990, Applied Geophysics, Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge. pp. 522-524
- [14] Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photo-Interpretation Terrain Analysis and Geomorphology Mapping*. ITC: Smith Publisher The Hague.
- [15] Waluyo, H. E. (2000). *Teori Dan Aplikasi Metode Resistivitas*. Yogyakarta: UGM
- [16] Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley and Sons Ltd.
- [17] Surono, 2008a. Sedimentasi Formasi Semilir di Desa Sendang, Wuryantoro, Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, 18 (1) : 29-41.
- [18] Prastowo R, Trianda O, Novitasari S. (2018). *Identifikasi kerentanan gerakan tanah berdasarkan data geologi daerah kalirejo kecamatan kokap, kabupaten kulonprogo, yogyakarta*. Kurvatek Vol.03