

Geologi dan Kajian Kestabilan Lereng Berdasarkan Sifat Fisik-Mekanik Tanah Desa Hargobinangun Dan Sekitarnya, Kec. Pakem, Kab. Sleman, DIY.

Reza Komarulloh¹, Ir. Puji Pratiknyo, M.T², Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, M.Sc²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

² Dosen Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

* *geologmuda95@gmail.com*

SARI

Daerah penelitian secara administrasi berada di Desa Hargobinangun dan sekitarnya, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Secara geografis daerah penelitian berada pada 433500mE - 437500mE dan 9153250mN - 9159500mN (UTM zona 49S) atau 7°39'35.7"- 7°36'12.4"LS, 110°23'49.3" - 110°26'0.19" BT dengan luas 25 km². Penelitian dilakukan melalui pemetaan geologi permukaan. Analisa yang dilakukan adalah analisa geomorfologi, petrografi dan analisa geologi teknik berupa analisa sifat fisik-mekanik tanah dan analisa kestabilan lereng melalui metode *Back Analysis* dan perangkat lunak Geostudio (*Slope/W*).

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 3 subsatuan bentuklahan yaitu Lereng Vulkanik Tengah (V1), Lereng Vulkanik Tengah (V2) dan Lembah Vulkanik (V3). Susunan stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda adalah Satuan breksi-andesit Kaliurang 1, Satuan breksi-andesit Kalikuning, Satuan breksi-andesit Kaliboyong (Merapi Muda), Satuan breksi-andesit Kaliurang 2 (Merapi Baru). Lereng pada daerah penelitian merupakan lereng heterogen yang tersusun atas batuan hasil piroklastik aliran berupa breksi andesit (piroklastik aliran), sisipan batulapili dan tuf serta hasil proses pelaharan berupa breksi andesit (laharik) dan batupasir. Batuan ini memiliki resistensi dan sifat fisik-mekanik yang berbeda sehingga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kestabilan lereng pada daerah penelitian.

Daerah penelitian memiliki potensi longsor dengan jenis *debris slide*. Potensi longsor berkembang pada lereng yang agak curam-curam dan umumnya terdapat pada satuan bentuklahan lembah vulkanik. Analisis kestabilan lereng dengan keragaman sifat fisik dan mekanik tanah di daerah penelitian terhadap 6 lokasi lereng melalui metode *Back Analysis* dan perangkat lunak Geostudio (*Slope/W*) menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi labil yang diindikasikan dengan gejala yang muncul dan nilai faktor keamanan yang rendah (<1,07) pada lereng. Berdasarkan hasil *overlay* peta kelerengan, peta pola pengaliran, peta geologi, peta curah hujan dan peta tata guna lahan untuk penentuan zona kerentanan pada daerah penelitian didapatkan tiga zona kerentanan yaitu zona kerentananrendah, menengah dan tinggi.

Kata kunci:

Kestabilan lereng, Back Analysis, Slope/W, Sifat Fisik-Mekanik

ABSTRACT

The research area is administratively located in Hargobinangun and surrounding areas, Pakem District, Sleman District, Yogyakarta Special Region. Geographically the research area is located at 433500mE - 437500mE dan 9153250mN - 9159500mN (UTM zona 49S) atau 7°39'35.7"- 7°36'12.4"LS, 110°23'49.3" - 110°26'0.19" BT area of 25 km². Research is done through surface geology mapping. The analysis is geomorphology analysis, petrography and geological analysis of technique in the analysis of soil physical-mechanical properties and slope stability analysis through Back Analysis method and Geostudio (*Slope / W*) software.

Geomorphology of the study area is divided into 3 units of land form: Middle Volcanic Slope (V1), Lower Volcanic Slope (V2) and Volcanic Valley (V3). The stratigraphic stratum of the research area from old to young is the breccia-andesite Kaliurang 1, breccia-andesite kalikuning, breccia-andesite kaliboyong, breccia-and andesitic kaliurang 2. Slopes of the research area are heterogeneous slopes composed of pyroclastic flow rocks in the form of breccia-andesite (pyroclastic flow), lapilli stone and tuff inserts and the result of the lahar process in the form of breccia-andesite (lahar), and sandstone. These rocks have different mechanical – physical properties that give different effect on the slope stability in the research area

The research area has avalanche potential with slide debris type. The potential for mass movement develops on moderately steep-slopes and is generally present in volcanic valleys. Slope stability analysis of 6 slope locations through Back Analysis method and Geostudio (Slope / W) software showed that the slope was in unstable condition indicated by emerging symptoms and low safety factor value (<1.07) on the slope. Based on the result of overlay of slope map, drainage pattern map, geological map, rainfall map, and land use map for determination of vulnerability zone in the research area obtained three zone of vulnerability is low, medium and high.

Keywords:

Slope stability, Back Analysis, Slope/W, Mechanical – Physical Properties

I.PENDAHULUAN

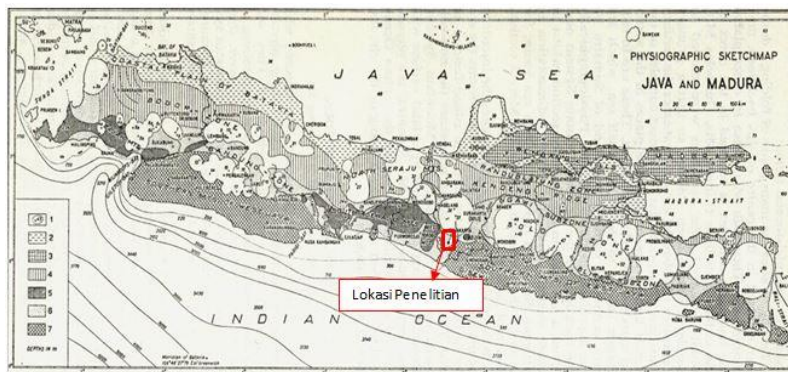
Geologi mempunyai peranan penting dalam penentuan suatu pengembangan maupun pembangunan suatu wilayah secara berkelanjutan. Peranan pentingnya yakni memberikan solusi terhadap permasalahan kelayakan wilayah, konstruksi dan penataan lingkungan. Seiring dengan berjalannya pertumbuhan dan kemajuan ekonomi yang semakin berkembang pada suatu daerah, sebanding dengan pertumbuhan penduduk pada daerah tersebut. Pertambahan penduduk yang pesat, membuat bertambah padatnya daerah pemukiman sehingga mendorong untuk terjadinya pembangunan yang mengarah ke dataran tinggi dan bahkan tidak jarang ditemukan pemukiman yang terletak di sekitar lereng yang curam.

Kondisi lereng yang tidak memenuhi kriteria keamanan dan tidak terpancang akan menjadi ancaman bagi kehidupan disekitarnya serta dapat menimbulkan korban jiwa. Dinamika lereng tersebut dikaji dalam cabang ilmu geologi yaitu geologi teknik dengan pendekatan secara ilmu pengetahuan dan teknis di lapangan. Pengkajian tersebut untuk menentukan tingkat kestabilan dari lereng hingga nantinya dapat digunakan untuk rekomendasi kemiringan serta upaya – upaya yang akan dilakukan agar lereng tersebut stabil.

Analisis kestabilan lereng dilakukan pada lereng – lereng alami yang berada di lokasi penelitian yaitu daerah Cangkringan, Desa Kinahrejo. Analisis tersebut dilakukan untuk menentukan tingkat kestabilan dari lereng – lereng tersebut hingga nantinya dapat digunakan untuk rekomendasi kemiringan serta upaya – upaya yang akan dilakukan agar lereng tersebut stabil. Parameter masukan yang digunakan untuk perhitungan adalah data hasil uji laboratorium sampel tanah (*disturb dan undisturb*) pada lokasi penelitian. Parameter-parameter tersebut berupa sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), dan berat isi (γ), Data penunjang hasil pengamatan di lapangan berupa geometri lereng, sudut kemiringan lereng dan elevasi.

II.TINJAUAN PUSTAKA

Kondisi geologi Kecamatan Pakem secara fisiografi berada pada lereng selatan G. Merapi yang terletak di zona depresi tengah Jawa Tengah. G. Merapi tumbuh pada titik pertemuan antara kelurusan vulkanik Ungaran-Telomoyo – Merbabu - Merapi dan Lawu - Merapi – Sumbing - Sindoro –Slemet (Gambar 1)



Gambar 1. Fisiografi pulau jawa (Van Bemmelen, 1949)

Secara morfologi tubuh G. Merapi dapat menjadi 3 satuan - satuan geomorfik, yaitu : Kerucut Vulkanik, Lereng tengah vulkanik, dan Lereng kaki vulkanik. Kerucut vulkanik memiliki karakteristik topografi curam 80% sampai 100% yang dibentuk oleh endapan piroklastik jatuhan maupun aliran, dan kubah lava atau aliran lava yang diproduksi oleh aktifitas Gunung Merapi yang sekarang. Lereng tengah vulkanik memiliki karakteristik topografi yang tinggi, kemiringan lereng 20% sampai 60% dibentuk oleh endapan piroklastik,

aliran lava, lidah lava, kuba lava, dan lahar dari aktivitas Gunung Merapi yang lebih tua sampai yang termuda. Lereng kaki vulkanik memiliki karakteristik topografi landai sampai rata – rata antara 2% sampai 20% yang dibentuk oleh endapan piroklastik berbutir halus sampai kasar, abu bara api, debu lapili, dan breksi serta endapan lahar yang matang dan dari aktivitas Merapi muda serta endapan – endapan fluvial dari vulkanik Merapi ataupun dari alluvial.

Stratigrafi G.Merapi menurut Paripurno (2006). Berdasarkan respon lahar terhadap perbedaan jenis erupsi, dapat dikelompokkan menjadi 5 tahapan, yaitu: Merapi Baru, Merapi Muda, Merapi Dewasa, Merapi Tua, dan Pra Merapi. Hubungan stratigrafi gunungapi G. Merapi berdasarkan respon lahar terhadap perbedaan erupsi dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Hubungan Stratigrafi G. Merapi dengan proses pelaharan

Stratigrafi Gunungapi & Aktivitas	Satuan Lava	Satuan Jatuhan Piroklastika	Satuan Aliran Piroklastika	Satuan Lahar	Penentuan umur dan lokasi pengambilan sampel (Newhall, 2000, Paripurno 2006)
Merapi Baru < 1811	Mlv5 Wahagaruda	Mjp4 Pasarbubar	Map5 Kaliadem	Mlh5 Kalikrasak	Kaliadem 2006
			Map4 Brubuhan	Mlh4 Kaliworo	Turgo 1994; Blongkeng 1950 Woro 1811
Merapi Muda 220 - 1811	Mlv4 Alapalap	Mjp3 Sumber	Map3 Kalurung	Mlh3 Kalikuning	Girikerto 1760; Kaliadem 1739, 1740; Lapangan Golf 1665; Cepagan 1650; Jueh 1570, Turgo 1560; Lumbang 1550; Ngepring 1440; Jarakah 1180; <i>Jueh II</i> ; B oyong 940; Woro 870; Plawangan 680; <i>Kemirikebo 650</i> ; Pelensari 380, 420, 1280, 1290; <i>Kalikuning 340</i> ; Kinahrejo 220, 1260, 1550
Merapi Dewasa 200 SM - 220	Mlv3 Batulawang	Mjp2 Kinahrejo	Map2 Deles	Mlh2 Kaligendol	Sidorejo 120; Gendol 20; <i>Jueh 190 SM</i> ; Deles 200 SM; <i>Sidorejo, 200 SM</i>
Merapi Tua 8787 SM - 200 SM	Mlv3 Batulawang	Mjp1 Seto	Map1 Rogobelah	Mlh1 Kalituwuk	Montong 1010 SM; <i>Kemirikebo 1300 SM</i> ; <i>Boyokuli 3620 SM</i> ; <i>Afriyan, 5040 SM</i> Cepogo 8787 SM, 600 SM
Pra Merapi > 8787 SM	Mlv2 Plawangan Mlv1 Biti				

III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Tahap Persiapan

Tahapan ini dimaksudkan untuk mengetahui keadaan geologi daerah penelitian dari studi literatur, jurnal, makalah, dan laporan penelitian terdahulu.

2. Tahap Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data ini terutama ditekankan terhadap pengambilan data primer lapangan baik data primer geologi maupun data primer sifat fisik - mekanik tanah. Kemudian hasil pengamatan data primer geologi tersebut diplot pada peta topografi yang ada.

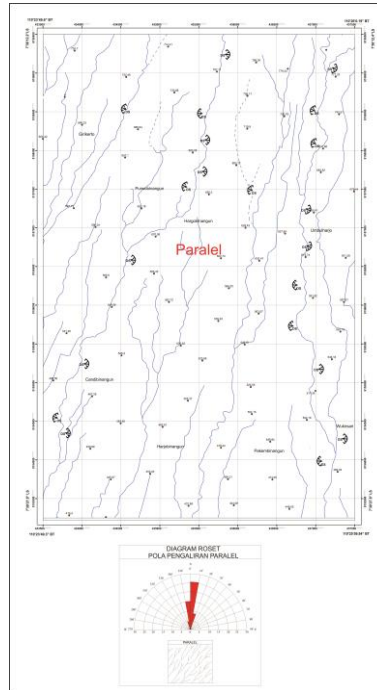
3. Tahap Penyelesaian dan Penyajian Data

Tahapan ini merangkum semua kegiatan yang telah dilakukan baik di lapangan maupun pada saat analisis di laboratorium menjadi satu kesatuan. Penyajian data pada akhirnya berupa : Peta Lintasan dan Lokasi Pengamatan, Peta Pola Pengaliran, Peta Geologi, Peta Kelerengan, Peta Geomorfologi, Peta kerentanan gerakan massa, Profil satuan batuan, Hasil analisis kestabilan lereng, Laporan Tugas Akhir.

IV. GEOLOGI DESA HARGOBINANGUN DAN SEKITARNYA

4.1 Pola Pengaliran

Berdasarkan hasil analisis peta topografi dan pengamatan langsung di lapangan yang didasarkan pada bentuk dan arah aliran sungai, kemiringan lereng, dan kontrol litologi pada daerah penelitian, maka penulis dapat membagi pola aliran yang ada pada daerah penelitian menjadi satu pola pengaliran paralel (Gambar 1) berdasarkan klasifikasi Howard (1967).



Gambar 1. Peta Pola Pengaliran Desa Hargobinangun dan sekitarnya

4.2 Geomorfologi

Berdasarkan aspek morfografi, morfometri, dan morfogenesis (Van Zuidam, 1983), daerah penelitian dibagi menjadi satu bentuk asal yaitu vulkanik yang dibagi menjadi tiga satuan bentuk lahan yaitu (Gambar 2) (Tabel 2):

Tabel 2. Pembagian satuan bentuk lahan dan aspek geomorfologi daerah penelitian

Aspek Geomorfologi		Satuan Geomorfik	Lereng vulkanik tengah (V1)	Lereng vulkanik bawah (V2)	Lembah vulkanik (V3)
Morfometri	Morfografi		Lereng	Lereng	Lembah
	Morfometri	Kelerengan	7%-15% (4-8 derajat) (miring)	2%-7% (2-4 derajat) (landai)	15%-70% (8-35 derajat) (Agak Curam-Curam)
		Persen Luasan (%)	Menempati 26% dari seluruh luasan daerah-penelitian	Menempati 60% dari seluruh luasan daerah-penelitian	Menempati 14% dari seluruh luasan daerah-penelitian
		Relief (m)	612.5-825	412.5-637.5	412.5-825
		Pola Pengaliran	Paralel	Paralel	Paralel
Bentuk Lembah	U-V	U-V	V		
Morfogenesis	Morfostruktur Aktif	Vulkanisme	Vulkanisme	Vulkanisme	
	Morfostruktur Pasif	Resistensi sedang-lemah, litologi berupa breksi andesit (piroklastik aliran), tuff, batupasir, breksi andesit (laharik), batupasir.	Resistensi sedang-lemah, litologi berupa breksi andesit (laharik) dan batupasir.	Resistensi sedang-lemah, litologi berupa breksi andesit (piroklastik aliran), breksi andesit (laharik), batupasir.	
Morfodinamis		Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	Erosi dan pelapukan	

- Satuan Bentuk lahan Lereng Vulkanik Tengah (V1)

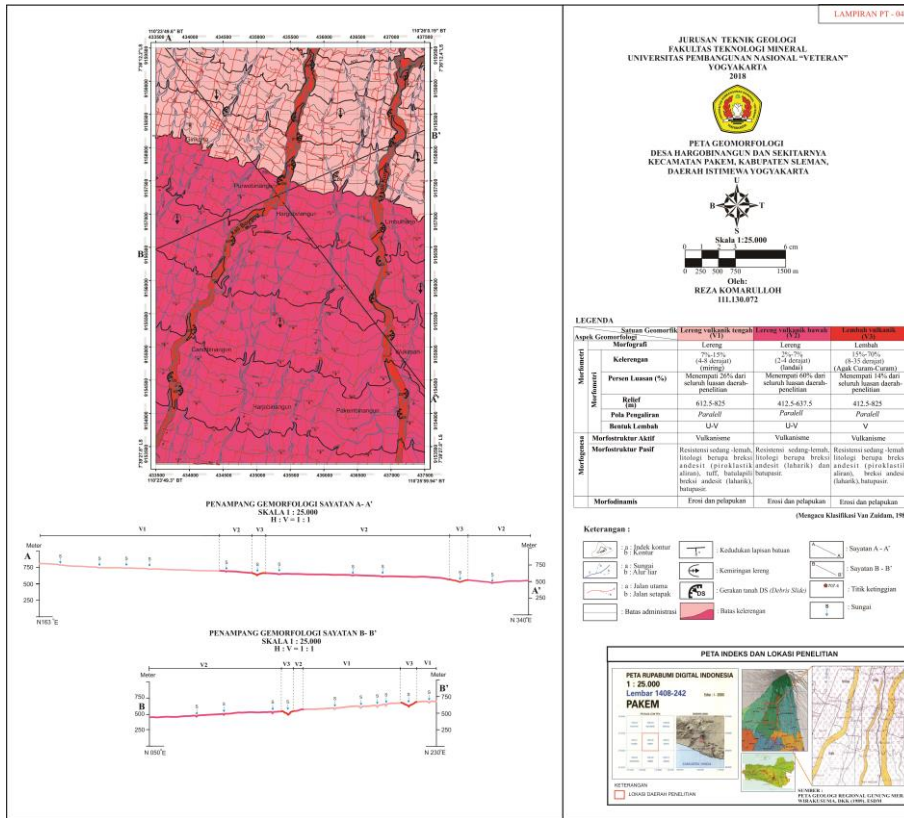
Satuan bentuklahan lereng vulkanik atas menempati 26% luas dari seluruh daerah penelitian, meliputi Desa Desa Umbulharjo, Girikerto. Satuan bentuk lahan ini memiliki kemiringan lereng 7%-15% (4-8derajat) dan terletak pada elevasi 612.5-825mdpl. Satuan bentuklahan ini tersusun atas Satuan breksi-andesit Kaliurang 1 Satuan breksi-andesit Kaliboyong.

- Satuan Bentuk Lahan Lereng Vulkanik Bawah (V2)

Satuan bentuklahan lereng vulkanik tengah ini menempati 60% dari luas seluruh daerah penelitian, meliputi desa Hargobinangun, Purwobinangun, Candibinangun, Pakembinangun, Wukirsari, Harjobinangun. Satuan bentuklahan ini memiliki kemiringan lereng landai 2%-7% (2-4 derajat) dan terletak pada elevasi 412.5-637.5mdpl. Satuan bentuklahan ini tersusun atas Satuan breksi-andesit Kalikuning, Satuan breksi-andesit Kaliboyong.

- Satuan Bentuk Lahan Lembah Vulkanik (V3)

Satuan bentuklahan lembah vulkanik ini menempati 14% dari luas seluruh daerah penelitian dengan kemiringan lereng agak curam-curam 15%-70% (6-35 derajat) dan terletak pada kisaran elevasi 412.5-825mdpl. Satuan bentuklahan ini tersusun atas Satuan breksi-andesit Kaliurang 2.



Gambar 2. Peta Geomorfologi Desa Hargobinangun dan sekitarnya

4.3 Stratigrafi Daerah Telitian

Penamaan satuan pada daerah telitian berdasarkan tatanama litostratigrafi tidak resmi berdasarkan ciri – ciri di lapangan dan mengacu pada peneliti terdahulu menurut Paripurno (2006), maka stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda yaitu Satuan breksi-andesit Kaliurang 1, Satuan breksi-andesit Kalikuning, Satuan breksi-andesit Kaliboyong, dan Satuan breksi-andesit Kaliurang 2. (Tabel 3) (Gambar 3)

Tabel 3. Kolom kesebandingan satuan batuan Desa Hargobinangun dan sekitarnya (Mengacu Paripurno, 2006)

UMUR GEOLOGI		STRATIGRAFI GUNUNGAPI DAN AKTIVITAS	SATUAN ALIRAN PIROKLASTIK	SATUAN LAHAR	
ZAMAN	KALA				
KUARTER	HOLOSEN	MERAPI BARU < Tahun1811		Mih3	
		MERAPI MUDA Tahun 220 - Tahun1811	Map	Mih1	Mih2

a. Satuan breksi-andesit Kaliurang 1

Satuan breksi-andesit Kaliurang tersusun atas breksi andesit (piroklastik aliran) dengan fragmen berupa andesit piroksen, ditemukan arang kayu secara setempat. Pada beberapa lokasi pengamatan, breksi andesit (piroklastik aliran) ditemukan bersama dengan sisipan tuf dan batulapili. Satuan ini diendapkan pada tahap Merapi Muda yang memiliki kisaran umur tahun 220- tahun1811 (Paripurno, 2006).

b. Satuan Breksi-andesit Kalikuning

Satuan ini tersusun atas litologi berupa breksi andesit (laharik) dan batupasir. Breksi andesit (laharik) dicirikan oleh hadirnya komponen ukuran butir yang relatif kasar (krikil - bongkah) pada debris-flow dengan

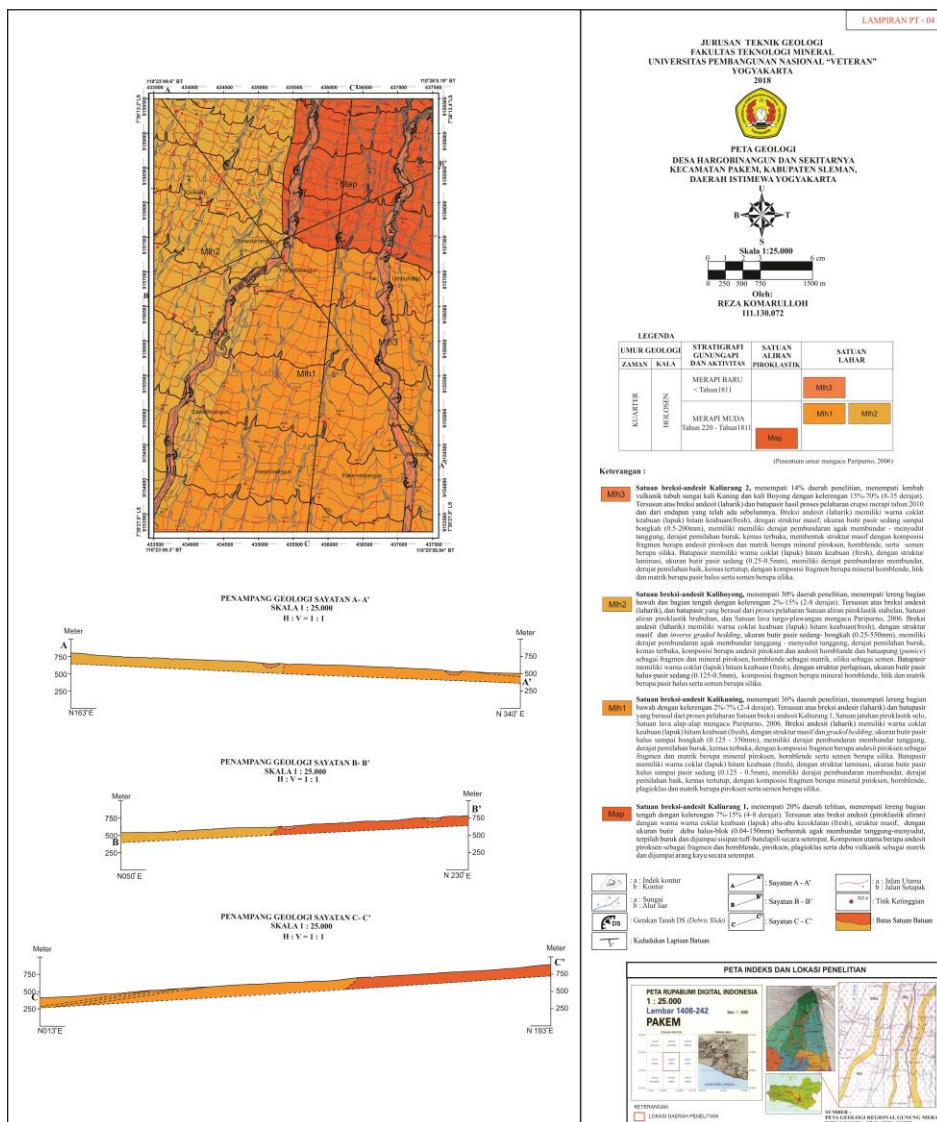
struktur masif dan *graded bedding*, sedangkan batupasir komponen ukuran butir yang relatif halus (pasir halus - pasir sedang) pada *mud-flow* dengan struktur laminasi. Komponen utama pada breksi andesit (laharik) satuan ini berupa andesit piroksen. Satuan ini diendapkan pada tahap Merapi Muda yang memiliki kisaran umur tahun 220-tahun1811 (Paripurno, 2006).

c. Satuan Breksi-andesit Kaliboyong

Satuan ini tersusun atas litologi berupa breksi andesit (laharik) dan batupasir. Breksi andesit (laharik) dicirikan oleh hadirnya komponen ukuran butir yang relatif kasar (krikil - bongkah) pada *debris-flow* membentuk struktur masif dan *Inverse graded bedding*, sedangkan batupasir komponen ukuran butir yang relatif halus, (pasir sedang - pasir kasar) pada *mud-flow* membentuk struktur perlapisan. Komponen utama pada breksi andesit (laharik) satuan ini berupa andesit piroksen, andesit hornblende serta batuapung (*pumice*). Satuan ini diendapkan pada tahap Merapi Muda yang memiliki kisaran umur tahun 220- tahun 1811 (Paripurno, 2006).

d. Satuan Breksi-andesit Kaliurang 2

Satuan breksi-andesit Kaliurang 2 merupakan satuan termuda dari daerah penelitian yang merupakan endapan lahar baru hasil erupsi merapi tahun 2010. Satuan ini tersusun atas breksi andesit (laharik) dan batupasir yang mengisi tubuh dan tebing Kali Kuning dan Kali Boyong litologi yang masih berupa material lepas dimana komponen penyusunnya yang tidak saling berikatan. Breksi andesit (laharik) dicirikan oleh hadirnya komponen ukuran butir yang relatif kasar (krikil - bongkah) pada *debris-flow* dengan struktur masif dan *graded bedding*, sedangkan batupasir komponen ukuran butir yang relatif halus (pasir sedang) pada *mud-flow* dengan struktur laminasi. Komponen utama pada breksi andesit (laharik) satuan ini berupa andesit piroksen. Satuan ini diendapkan pada tahap Merapi Baru yang memiliki kisaran umur < Tahun 1811 (Paripurno, 2006).

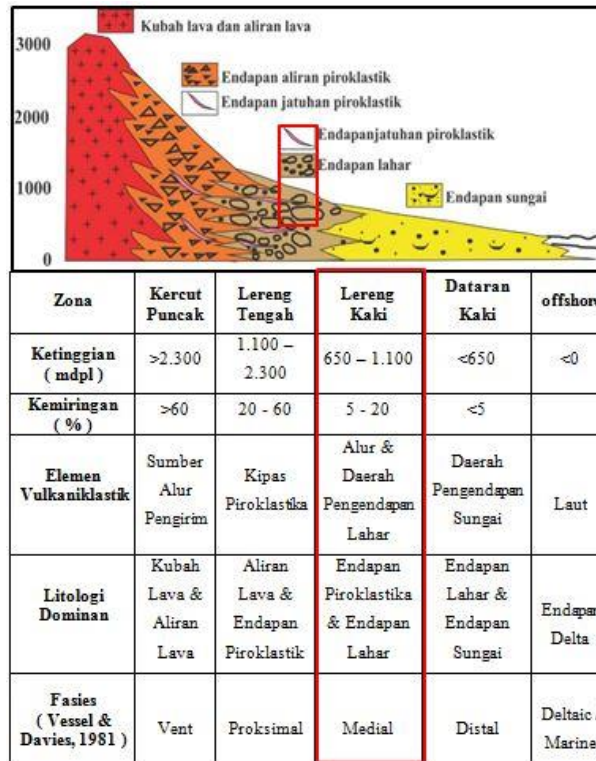


Gambar 3. Peta Geologi Desa Hargobinangun dan sekitarnya

4.4 Fasies Pengendapan

Penentuan fasies daerah penelitian dilakukan berdasarkan pengamatan di lapangan, analisis geomorfologi, analisis stratigrafi berupa pembuatan penampang profil dan peta geologi serta dari penampang sayatan pada peta geologi menunjukkan bahwa daerah penelitian berada fasies medial (Vessel & Davies, 1981).

Fasies medial pada daerah penelitian tersusun atas endapan lahar berupa endapan breksi andesit (laharik) dan batupasir serta mengandung endapan piroklastik berupa breksi andesit (piroklastik aliran) dan sisipan batulapili dan tuf (Gambar 4).



Gambar 4. Model fasies berdasarkan posisi relatif terhadap sumber pada gunungapi strato Vessel dan Davies (1981)

4.5 Struktur Daerah Penelitian

Pada daerah penelitian tidak ditemukan struktur geologi yang berkembang. Struktur geologi hanya berupa kedudukan lapisan batuan yang relatif kecil dan mengarah selatan – tenggara mengikuti morfologinya (*initial dip*). Berdasarkan data - data lapangan yaitu berupa kedudukan lapisan batuan dengan kisaran arah strike N085°E – N110°E dan kemiringan lapisan berkisar 6° - 11°.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Kestabilan Lereng

Dalam melakukan analisis gerakan tanah pada daerah penelitian, penulis menggunakan analisis pada sifat fisik dan sifat mekanik sampel tanah di beberapa lereng daerah penelitian. Setelah dilakukan pengujian laboratorium seperti *basic properties* dan *direct shear test* didapatkan beberapa parameter seperti kohesi, kadar air, berat isi, dan sudut geser dalam (Tabel 4). Hasil tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software* yaitu *GeoStudio 2012* sehingga didapatkan faktor keamanan dari lereng tersebut apakah labil, kritis, atau labil yang mengacu pada Bowles 1991. Setelah mendapatkan faktor keamanan pada lereng tersebut, dapat diketahui daerah yang berpotensi mengalami gerakan tanah dengan kelas rendah, sedang, dan tinggi.

Analisis faktor keamanan lereng menggunakan *software GeoStudio 2012* dengan metode Morgenstern-Price. Program ini mengolah data dengan memasukan data dimensi lereng (2D), kohesi, sudut geser dalam dan berat isi tanah (unit weight). Setelah input data maka komputer akan memproses sehingga akan keluar nilai dari faktor keamanannya.

Tabel 4. Sifat fisik dan sifat mekanik sampel tanah di beberapa lereng daerah penelitian

No	Analisa lereng	Litologi	berat isi (kN/m ³)	berat isi kering (kN/m ³)	kadar air	kohesi (kN/m ³)	sudut geser dalam (.. °)
1	Lereng kali Kuning 1	Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
2		Batupasir	18.49	17.87	3.5	3.97	38 °
3		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
4		Batupasir	18.33	17.87	2.6	6.13	40 °
5		Breksi andesit (laharik)	18.3	17.87	2.4	10.82	36 °
6	Lereng kali Kuning 2	Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
7		Batupasir	18.49	17.87	3.5	3.97	38 °
8		Breksi andesit (laharik)	18.85	17.87	5.5	10.46	36 °
9		Batulapili	18.45	15.86	17	27.04	32 °
10		Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.46	15.86	16.4	25.6	34 °
11		Batulapili	18.47	15.88	16	27.04	32 °
12		Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.45	17.87	2.5	11.9	35 °
13		Batupasir	18.33	17.87	2.6	6.13	40 °
14	Breksi andesit (laharik)	19.33	18.75	3.1	3.25	39 °	
15	Lereng kali Kuning 3	Breksi andesit (laharik)	18.3	17.87	2.4	10.82	36 °
16		Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.46	15.86	16.4	25.6	34 °
17		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
18		Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.46	15.86	16.4	25.6	34 °
19		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	3.5	11.9	35 °
20	Lereng kali Boyong 1	Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
21		Batupasir	18.49	17.87	3.5	3.97	38 °
22		Breksi andesit (laharik)	19.33	18.75	3.1	3.25	39 °
23	Lereng kali Boyong 2	Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.46	15.86	16.4	25.6	34 °
24		Batupasir	18.49	17.87	3.5	3.97	38 °
25		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
26	Lereng kali Boyong 3	Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.46	15.86	16.4	25.6	34 °
27		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
28		Breksi andesit (piroklastik aliran)	18.46	15.86	16.4	25.6	34 °
29		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.9	3.97	41 °
30		Batulapili	18.49	15.9	2.74	27.04	32 °
31		Breksi andesit (laharik)	18.45	17.87	2.5	11.9	35

Berdasarkan pengamatan di lapangan, terdapat 6 lokasi yang rentan terhadap gerakan massa. 3 lokasi terletak pada Kali Boyong dan 3 lokasi terletak pada kali Kuning. Jenis gerakan massa dari lima lokasi tersebut adalah *debris slide* karena terdiri dari material heterogen yang berbutir kasar dan belum terkompaksi.

1. Analisis Lereng Kalikuning 1

Lokasi lereng berada pada koordinat X: 437191, Y: 9153706, Z: 451mdpl. Lereng kali Kuning 1 memiliki tinggi 4.5 meter, kemiringan (*slope*) 81° dan menghadap kearah N 106°E. Material hasil longsoran berukuran debu sampai bongkah. Longsoran ini memiliki arah N 106° E dan membentuk sudut 30° (*Angle of repose*). Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 0,753 yang dalam klasifikasi Bowles (1991), termasuk dalam kondisi labil dan longsoran sering terjadi. Memiliki FK <1,07 yang menandakan lereng tersebut tidak aman.

2. Analisis Lereng Kalikuning 2

Lokasi lereng berada pada koordinat X: 437098, Y: 9158080, Z: 706mdpl. Lereng kali Kuning 2 memiliki tinggi 14 meter, kemiringan (*slope*) 81° dan menghadap kearah N127⁰E. Material hasil longsoran berukuran debu sampai bongkah. Longsoran ini memiliki arah N 127⁰ E dan membentuk sudut 30° (*Angle of repose*). Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 0,911 yang dalam klasifikasi Bowles (1991), termasuk dalam kondisi labil dan longsoran sering terjadi. Memiliki FK <1,07 yang menandakan lereng tersebut tidak aman.

3. Analisis Lereng Kalikuning 3

Lokasi lereng berada pada koordinat X: 437243, Y: 9158960, Z: 760mdpl. Lereng kali Kuning 3 memiliki tinggi 12 meter, kemiringan (*slope*) 78° menghadap kearah N 265⁰E dan terdapat gejala pembubungan (*bulging*). Material hasil longsoran berukuran debu sampai bongkah. . Longsoran ini memiliki arah N 265⁰ E dan membentuk sudut 40° (*Angle of repose*). Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 0,85 yang dalam klasifikasi Bowles (1991), termasuk dalam kondisi labil dan longsoran sering terjadi. Memiliki FK <1,07 yang menandakan lereng tersebut tidak aman.

1. Analisis Lereng Kaliboyong 1

Lokasi lereng berada pada koordinat X: 433797, Y: 9154847, Z: 491 mdpl. Lereng kali Boyong 1 memiliki tinggi 7 meter, kemiringan (*slope*) 78° dan menghadap kearah N053⁰E. Material hasil longsoran berukuran debu sampai bongkah. Longsoran ini memiliki arah N053⁰E dan membentuk sudut 32° (*Angle of repose*). Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 0,737 yang dalam klasifikasi Bowles (1991), termasuk dalam kondisi labil dan longsoran sering terjadi. Memiliki FK <1,07 yang menandakan lereng tersebut tidak aman.

2. Analisis Lereng Kaliboyong 2

Lokasi lereng berada pada koordinat X: 435432 Y: 9157490 Z: 650mdpl. Lereng kali Boyong 2 memiliki tinggi 8 meter, kemiringan (*slope*) 80° , menghadap kearah N110⁰E dan terdapat gejala pembubungan (*bulging*). Material hasil longsoran berukuran debu sampai bongkah. Longsoran ini memiliki arah N110⁰E dan membentuk sudut 26° (*Angle of repose*). Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 1.036 yang dalam klasifikasi Bowles (1991), termasuk dalam kondisi labil dan longsoran sering terjadi. Memiliki FK <1,07 yang menandakan lereng tersebut tidak aman.

3. Analisis Lereng Kaliboyong 3

Lokasi lereng berada pada koordinat X: 435670 Y: 9158612 Z: 713mdpl. Lereng kali Boyong 3 memiliki tinggi 10 meter, kemiringan (*slope*) 80° , menghadap kearah N106⁰E dan terdapat gejala pembubungan (*bulging*). Material hasil longsoran berukuran debu sampai bongkah. Longsoran ini memiliki arah N106⁰E dan membentuk sudut 28° (*Angle of repose*). Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 0,996 yang dalam klasifikasi Bowles (1991), termasuk dalam kondisi labil dan longsoran sering terjadi. Memiliki FK <1,07 yang menandakan lereng tersebut tidak aman.

5.2 Faktor Pengontrol Kestabilan Lereng

Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dapat menghasilkan tegangan geser dan suatu gerakan akan terjadi kecuali tahanan geser pada setiap permukaan runtuh yang mungkin terjadi lebih besar dari tegangan geser yang bekerja.

1. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

- Kadar air dan berat isi tanah pada daerah penelitian berbanding terbalik, hal itu disebabkan karena terdapatnya fragmen batuan sebagai komponen yang dapat memberikan beban berlebih pada lereng

- Kadar air dan nilai kohesi pada daerah penelitian memiliki nilai kohesi yang relatif rendah saat kandungan kadar air relatif rendah pada litologi batupasir dan breksi andesit (laharik) dan beberapa litologi breksi andesit (piroklastik aliran) dan batulapili, menyebabkan lereng dapat mengalami gerakan massa (longsor).

- Kohesi dan sudut geser dalam pada daerah penelitian litologi penyusun lereng berupa material vulkanik, nilai sudut geser dalam akan berbanding terbalik dengan kohesi. Hal tersebut terjadi karena adanya komponen berukuran besar (bongkah) yang hadir sebagai fragmen pada lapisan dapat memberikan tekanan dan beban terhadap komponen yang lebih halus, sehingga nilai kohesi akan relatif rendah karena material menjadi terurai (lepas) akan tetapi nilai sudut geser dalam akan relatif tinggi. Maka material tersebut berpotensi terjadi gerakan

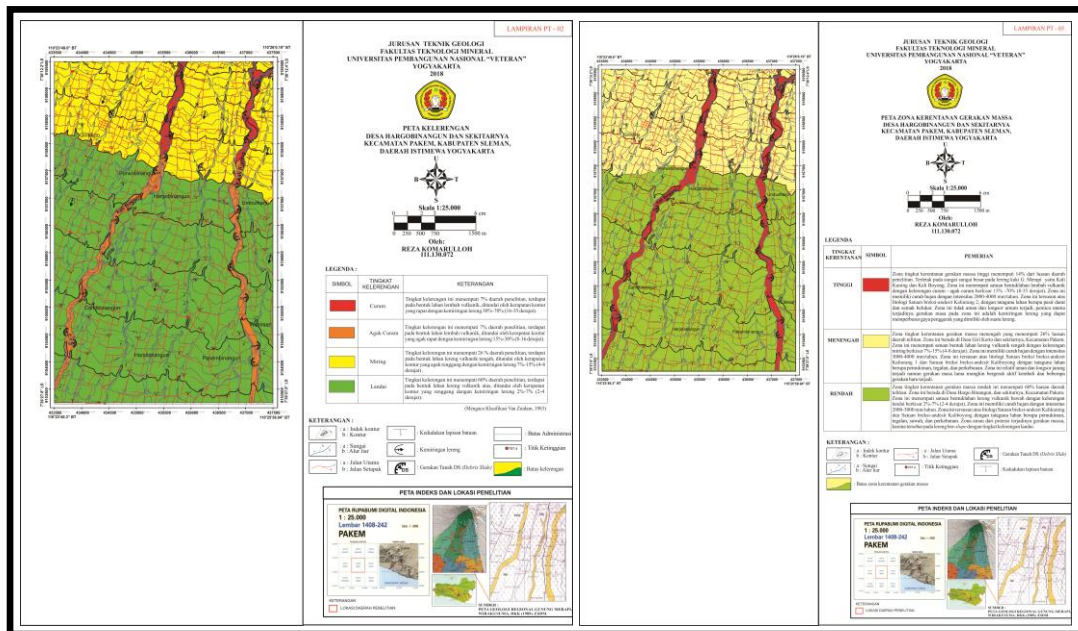
massa karena material rentan apabila terkena tegangan luar yang dan gaya tarik menarik antar partikel dalam batuan dan tanah juga rendah.

2. Kelerengan

Pada daerah penelitian lokasi dengan tingkat kemiringan lereng agak curam- curam 15%-70% (8-35 derajat) menjadi lokasi yang paling banyak terjadinya gerakan massa dengan jumlah kejadian sebanyak 19 dan tingkat kemiringan lereng miring 7%-15% (4-8 derajat) sehingga lereng relatif agak stabil dan pernah mengalami longsor dengan kejadian sebanyak 2 (Gambar 5).

3. Kondisi litologi

Pada daerah penelitian yang terdiri atas batuan produk vulkanik Kuartar yang sangat mempengaruhi gerakan massa yang terjadi. Kondisi batuan yang belum kompak mengingat daerah telitian berada pada lokasi gunung api aktif sehingga materialnya penyusun merupakan material material baru berperan penting sebagai faktor pemicu gerakan massa.

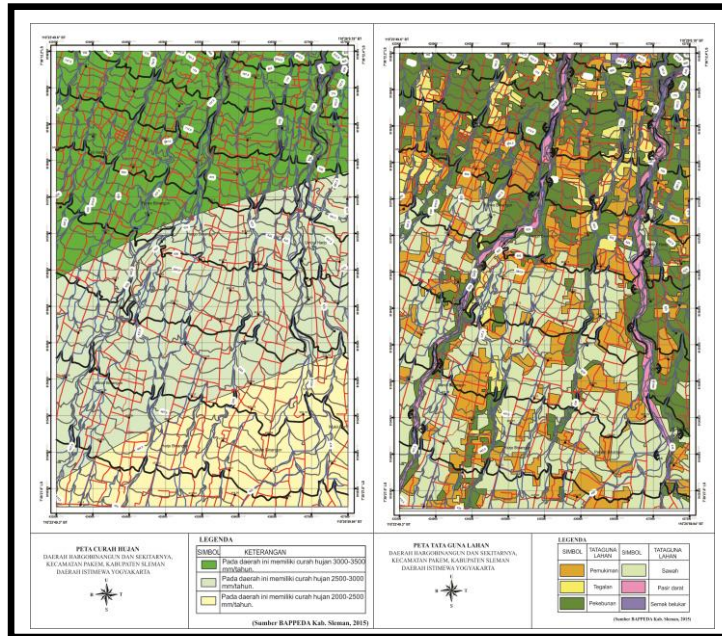


Gambar 5. Peta Kelerengan dan Kerentanan Desa Wonokerto dan sekitarnya

4. Faktor Curah Hujan dan iklim merupakan faktor penting yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk permukaan lahan (Gambar 6).

5. Faktor tutupan lahan

Merupakan faktor penting yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk lereng. Beban yang diberikan pada bagian atas lereng dapat menyebabkan geometri lereng berubah dan bangunan bangunan yang ada seperti pemukiman dapat meyebabkan air permukaan tidak terkendali (Gambar 6).



Gambar 7. Peta, Curah hujan dan Tataguna lahan Desa Hargobinangun dan sekitarnya

5.1 Zona Kerentanan Gerakan Massa

Zona kerentanan gerakan massa adalah suatu zona yang mempunyai kesamaan kerentanan relatif untuk terjadi gerakan massa. Berdasarkan penentuan zona kerentanan gerakan massa menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) (Gambar 5).

1. Zona Kerentanan Gerakan Massa Rendah

Menempati satuan bentuklahan lereng vulkanik bawah dengan tingkat ketererangan landai berkisar 2%-7% (2-4 derajat) yang menempati 60% dari luasan daerah penelitian. Batuan penyusun: Satuan breksi-andesit kali Kuning dan Satuan breksi-andesit kali Boyong. Zona ini memiliki curah hujan dengan intensitas 2000-3000 mm/tahun.

2. Zona Kerentanan Gerakan Massa Menengah

Menempati satuan bentuklahan lereng vulkanik tengah dengan tingkat ketererangan miring berkisar 7%-15% (4-8 derajat) yang menempati 26% dari luasan daerah penelitian. Batuan penyusun: Satuan breksi-andesit Kaliurang 1 dan Satuan breksi-andesit Kaliboyong. Zona ini memiliki curah hujan dengan intensitas 3000-3500 mm/tahun.

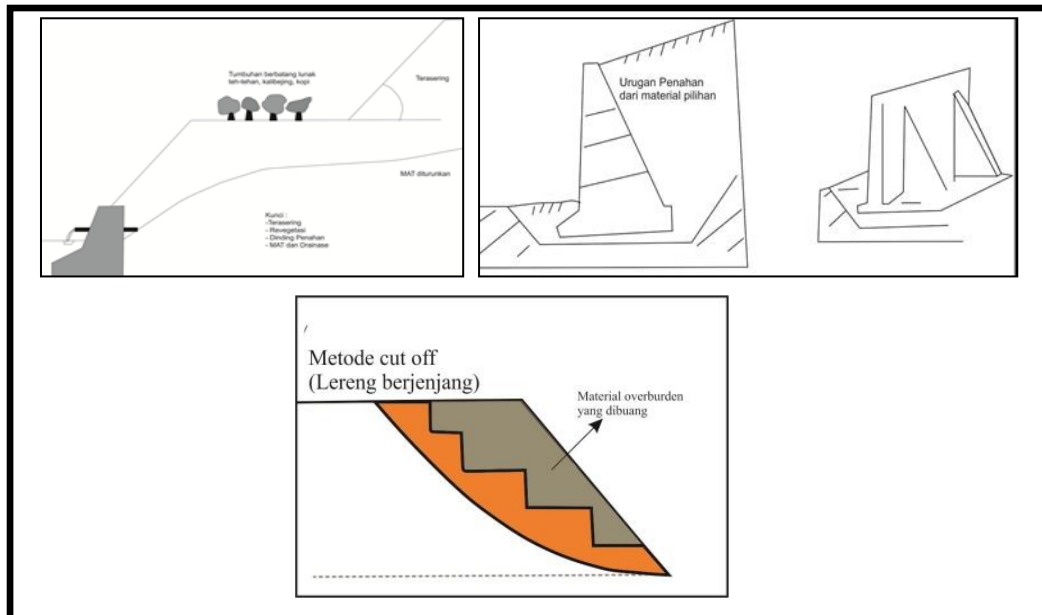
3. Zona Kerentanan Gerakan Massa Tinggi

Menempati satuan bentuklahan lembah vulkanik, secara umum berada pada kondisi ketererangan yang berelief agak curam - curam berkisar 15%-70% (8-35 derajat)) yang menempati 14% dari luasan daerah penelitian. Batuan penyusun: Satuan breksi-andesit Kaliurang 2. Zona ini memiliki curah hujan dengan intensitas 2000-3500 mm/tahun.

VI. SISTEM PENANGGULANGAN GERAKAN MASSA (MITIGASI)

Sistem penanggulangan bencana alam atau mitigasi adalah upaya untuk mengurangi dampak bencana terhadap manusia dan harta benda.

1. Mengurangi beban pada bagian atas lereng
2. Pengaturan *Drainase*, Revegetasi dan pembuatan dinding penahan
3. Memasang dinding penahan
4. Pembuatan lereng berjenjang guna mengurangi tegangan geser pada lereng/ memperkecil *slope* lereng.
5. Memasang alat pantau gerakan massa, *EWS* (*early warning system*)



Gambar 4. Gambar sistem penanggulangan gerakan massa

VII. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data di lapangan dan analisis yang dilakukan maka hasil penelitian geologi dan kajian kestabilan lereng Daerah Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut:

Pola pengaliran yang berkembang pada daerah penelitian adalah pola pengaliran paralel. Geomorfologi daerah penelitian tersusun atas (V1), subsatuan bentuklahan lereng vulkanik tengah (V1), subsatuan bentuklahan lereng vulkanik bawah (V2) dan subsatuan bentuklahan lembah vulkanik (V3)

Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas Satuan breksi-andesit Kaliurang 1 terdiri dari breksi andesit (piroklasik aliran) dengan sisipan batulapili dan tuf, Satuan breksi-andesit Kalikuning dan Satuan breksi-andesit Kaliboyong terdiri dari breksi andesit (laharik), dan batupasir. Ketiga satuan tersebut terbentuk pada tahap Merapi Muda (220-1811) serta Satuan breksi-andesit Kaliurang 2 yang terbentuk pada tahap Merapi Baru (>1811) terdiri dari breksi andesit (laharik), dan batupasir. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian adalah kedudukan lapisan batuan dengan jurus $N085^{\circ}E-N110^{\circ}E$ dan kemiringan lapisan $6^{\circ}-8^{\circ}$ mengikuti bentukan morfologi. Analisis geomorfologi dan stratigrafi yang dilakukan menunjukkan bahwa daerah penelitian adalah termasuk ke dalam fasies medial.

Daerah penelitian memiliki potensi gerakan massa dengan jenis *debris slide*. Gerakan massa ditemukan 21 titik kejadian pada daerah penelitian, pada subsatuan bentuklahan lembah vulkanik yang merupakan tubuh sungai dari kali Kuning dan kali Boyong terjadi 19 titik kejadian dan pada pada subsatuan bentuklahan lereng vulkanik tengah 2 titik kejadian. Dilakukan kajian kestabilan lereng dengan menggunakan analisis pengamatan visual yang ditunjang menggunakan analisis perangkat lunak *Slope/W* yang dilakukan pada 6 (enam) lereng di daerah penelitian menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan yang tidak stabil dengan nilai faktor keamanan 0.75 (lereng kali Kuning 1), 0.98 (lereng kali Kuning 2), 0.86 (lereng kali Kuning 3) , 0.67 (lereng kali Boyong 1), 1.03 (lereng kali Boyong 2), 0.96 (lereng kali Boyong 3).

Daerah penelitian memiliki zona kerentanan tiga zona kerentanan gerakan massa yaitu, zona kerentanan gerakan massa rendah dengan luas 55% daerah penelitian zona kerentanan gerakan massa menengah dengan luas 30% daerah penelitian, zona kerentanan gerakan massa tinggi memiliki luas 15%. Penanggulangan gerakan tanah dilakukan dengan meningkatkan nilai faktor keamanan pada lereng, yaitu dengan memperkuat gaya penahan (memasang dinding penahan, penambat) dan mengurangi gaya penggerak (mengendalikan air permukaan, revegetasi). Potensi geologi yang terdapat pada daerah penelitian meliputi potensi positif berupa potensi sumber daya alam yaitu keberadaan bahan galian C dan potensi negatif berupa gerakan massa.

VIII. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta, kepada kedua orangtua dan saudara, kepada Tim Merapi, dosen pembimbing, serta teman teman angkatan 2013.

IX. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1991, *Analisa dan Desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Braja, M.D., (1995), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta. Craig R.F., 1994, *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Bronto, Sutikno, 2006, Fasies Gunungapi dan Aplikasinya, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 2, hal. 59-7.
- Cas, R.A.F. & Wrigth, J.V., 1987, *Volcanic Successions Modern and Ancient: A geological approach to processes, product and successions*. London.
- Fisher, R.V, Schmincke, H.U., 1984, *Pyroclastic rocks*, Springer-Verlag Berlin, New York.
- Fisher, R.V., *Grant Heiken dan Jeffrey B. Hullen*, 1997, *Volcanoes*, Princeton University Press, New Jersey.
- Hansen, M.J., (1984), *Strategies for Classification of Landslides*, (ed.: Brunsten, D, & Prior, D.B., 1984, *Slope Instability*, John Wiley & Sons, p.1-25
- Howard, A.D., (1967), *Drainage Analysis in Geology Interpretation*, *AAPG Bull Vol 51 no II*.
- Irvine, T.R., dan Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification to the common volcanic rocks, *Canadian Journal of Earth Science*,
- Kementrian ESDM, Badan Geologi, PVMBG, Juni 2011, *Aktivitas Gunung Merapi dan Ancaman Bahayanya*.
- MacDonald, G.A. (1972), *Volcanoes*, Prentice-Hall, California, U.S.A.
- Mcphie, J., Doyle, M., dan Allen, R., 1993, *Volcanic Textures: A guide to The Interpretation of Texture in Volcanic Rocks, Centre of Ore Deposit and Exploration Studies*, University of Tasmania.
- Newhall, C., Bronto, S., Alloway, B.V, et all., 2000. *10,000 years of explosive eruptions of Merapi volcano, Central Java: Archaeological and modern implications. Journal Volcanology and Geothermal Research*, 100,
- Paripurno, E.T., 2006, *Karakteristik lahar gunungapi Merapi sebagai respon perbedaan jenis erupsi sejak Holosen*, Disertasi, Universitas Padjajaran, Bandung (tidak dipublikasikan).
- Pettijohn, F.J., 1975, *Sedimentary Rock*, Third edition, Marker dan Bow Publisher.
- Sutarno, 2012, Studi Kerentanan Gerakan Massa Batuan dan Daerah Rawan Longsor Lahan Di Kabupaten Purworejo, *Jurnal Ilmu Tanah Dan Agroklimatologi* 9 (2):131-137
- Terzaghi, K., (1950). "Mechanism of Landslides", *Application of Geology to Engineering Practice*, Berkey. Geological Society of America. Reprinted in *From Theory to Practice in Soil Mechanics*, New York, John Wiley and Sons. Unwin Ltd.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia* .Vol.1A. Martinus Nijhoff, The Hague, Netherland.
- Van Zuidam, R.A., 1983, *Guide to geomorphologic interpretation and mapping, section of geology and geomorphology*, Copyright Reserved, ITC Tfinschede The Nederland.
- Varnes .D.J., 1978 , *Slope Movement Types and Process Landslide Analyses and Control*, ed by R. Schuster , Acad Of Science, Washington. DC.
- Verhoef, P.N.W., 1989, *Geologi untuk Teknik Sipil*, Penerbit Erlangga, 322 hal.

- Vessel, R.K., and Davies, D.K., 1981, *Stratigraphy and geochemistry of Merapi volcano, Central Java, Indonesia*, University of Auckland.
- Wesley, L. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbitan Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Williams, H., Turner F.J., and Gilbert C.M., 1954, "*Petrography. An Introduction to Study of Rocks, In Thin Sections*", University of California, Barkeley, W.H. Freeman and Company, San Fransisco, 406 pp.
- Wirakusumah, A.D., dkk., 1989. *Peta Geologi Gunung Merapi, Propinsi Daerah Istimewah Yogyakarta dan Jawa Tengah*, Direktorat Vulkanologi.