



## **PENGARUH DISKONTINUITAS DAN PELAPUKAN LAVA ANDESIT TERHADAP SIFAT MEKANIK BATUAN DI GIRIPURWO, GIRIMULYO, KULONPROGO, DIY**

**Arie Noor Rakhman<sup>1)</sup>, Nur Widi Astanto Agus Triheriyadi<sup>2)</sup>**

<sup>1) 2)</sup> Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta  
Jl. Kalisahak 28, Yogyakarta 55222 Indonesia  
\* email korespondensi: arie\_rakhman@akprind.ac.id

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh diskontinuitas dan pelapukan massa batuan lava andesit terhadap sifat karakteristik sifat mekanik batuan beku lava andesit di Daerah Giripurwo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Data penelitian berupa kondisi geologi, sifat fisik batuan, derajat pelapukan disertai hasil uji kuat tekan, absorpsi atau penyerapan air dan petrografi pada batuan lava andesit. Model struktur batuan lava yang dipergunakan yaitu model Gordon Andrew MacDonald (1972). Identifikasi derajat pelapukan batuan dan pola strukturnya pendekatan model Geological Society of London (1990). Sintesa data menghasilkan hubungan korelasi antar sifat fisik terhadap sifat mekaniknya.

Nilai kuat tekan batuan lava andesit (396.18 - 1,802.89 kg/cm<sup>2</sup>) dikontrol oleh bidang diskontinuitas berupa struktur kekar, skoria, sesar dan bidang ketidakselarasan. Dari bawah ke atas berkembang derajat pelapukan tingkat IB hingga IV, kekuatan batuan semakin rendah oleh adanya air berupa tegangan air pori (nilai serapan 0,31 – 2,19%) pada bidang diskontinuitas tersebut. Kekuatan friksi batuan dapat bertambah oleh keberadaan mineral karbonat produk pelapukan mineral plagioklas yang mengisi celah bidang diskontinuitas.

**Kata kunci:** Diskontinuitas, Pelapukan, Lava andesit, Kuat tekan.

### **ABSTRACT**

*This study aims to determine the effects of rock masses discontinuity and weathering on mechanical Properties of andesit lava in Giripurwo Area, Girimulyo District, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta.*

*The research data that the geological conditions, the physical properties of rocks, weathering grade of rock masses with test results of compressive strength, absorption of water and petrography. Theoretical modelling of lava structure approach of Gordon Andrew MacDonald in 1972; while the model approach to the degree of weathering and structural patterns of rocks carried by a model of the Geological Society of London in 1990. Data were synthesized in order to obtain a correlation between the physical properties and mechanical properties.*

*The compressive strength of rock (396.18 - 1,802.89 kg /cm<sup>2</sup>) was controlled by structural discontinuities that are along joints, scoria, faults and unconformities. From the ground up of rock, degrees of weathering were grade IB to IV; pore water pressure with absorption values from 0.31 to 2.19% can lower rock strength dramaticall. Strength increases when the carbonate minerals present in the discontinuities zone.*

**Keywords:** Discontinuities, Weathering, Andesite lava, Compressive strength.

## I. PENDAHULUAN

Lava andesit di Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo mempunyai kenampakan fisik yang kompak yang mempunyai keanekaragaman sifat fisik baik struktur, tekstur dan komposisi mineralnya yang dikontrol oleh model pembentukan lava (Mac Donald, 1972). Keberadaannya tersebar dengan jumlah yang banyak pada daerah pegunungan dan pegunungan di Kecamatan Girimulyo (Rahardjo, dkk, 1995). Batuan andesit di daerah Kulonprogo merupakan bagian dari Formasi Andesit Tua yang berupa lava dan fragmen breksi vulkanik (Bemmelen, 1949). Satuan batuan ini oleh Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) dibagi menjadi dua formasi yaitu Formasi Kaligesing dan Formasi Dukuh.

Formasi Kaligesing dicirikan oleh breksi monomik, dengan fragmen andesit, sisipan batupasir dan lava andesit, dan Formasi Dukuh disusun oleh litologi berupa breksi polimik dengan fragmen andesit, batupasir, batugamping. Di dalam penelitian lanjut oleh Rahardjo, dkk. (1995) formasi ini merupakan bagian dari Formasi Kebobutak dengan umur Oligosen Akhir – Miosen Awal.

Sifat mekanik batuan mempunyai kaitan erat atas peran kontrol sifat fisik batuan (Goodman, 1976). Kenampakan sifat fisik batuan dapat teramati dan diidentifikasi dengan pengamatan singkapan batuan di lapangan, terutama struktur batuan yang berkembang pada model pembentukan lava dan pencermatan pengamatan mikroskopis pada sayatan tipis (petrografi). Investigasi sifat mekanik batuan atas dasar sifat fisiknya dengan menggunakan pengujian kuat tekan uniaksial batuan tersebut menjadi parameter untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dari batuan andesit tersebut dapat menerima beban.

## II. METODE

Metode penelitian diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian di lapangan dan uji laboratorium. Data primer dan data sekunder disintesa guna memperoleh kesimpulan. Penelitian dilakukan di lapangan dengan melakukan pengambilan data bentang alam yang disusun oleh batuan lava andesit berikut penggunaan lahan dan kondisi keairannya; struktur geologi serta karakteristik sifat fisik batuan dan pelapukannya, berupa struktur, tekstur dan komposisi mineral penyusun. Observasi data spasial dilakukan dengan plotting lokasi pengamatan, mempergunakan peta rupa bumi digital Indonesia skala 1 : 25.000 dan peta geologi regional daerah penelitian skala 1 : 100.000, GPS Garmin seri GPSMAP 76 dan buku catatan lapangan. Pengambilan sampel batuan tiap titik lokasi pengamatan dilakukan dengan memenuhi kriteria teknik pengambilan dan jenis analisis laboratorium yang akan dilakukan. Sampel batuan yang terambil untuk analisis mekanika batuan merupakan sampel terganggu (*disturb sample*). Dimensi sampel batuan berukuran genggam tangan (*hand specimen*) untuk analisis deskripsi petrologi dan analisis sayatan tipis petrografi. Pengambilan sampel batuan dilakukan dengan alat berupa palu geologi, kompas geologi, lup, komparator, cairan HCl, betel, palu godam, dan kantong sampel. Identifikasi struktur batuan lava dilakukan dengan mempergunakan acuan model Gordon Andrew MacDonald tahun 1972, sedangkan identifikasi derajat pelapukan batuan dan pola strukturnya dilakukan dengan mengacu pada model Geological Society of London tahun 1990.

Penelitian di laboratorium untuk analisis sifat mekanik yaitu pengujian kuat tekan batuan dilakukan sesuai dengan SNI 03-2825 yang diatur oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN, 2016). Pengujian menggunakan sampel batuan yang telah dipotong dengan gergaji batu sehingga batuan menjadi berbentuk kubus dengan dimensi sisi masing-masing 10 cm. Pengujian sifat mekanik tersebut dilengkapi dengan analisis pendukung berupa pengujian sifat indeks berupa analisis berat jenis dan pengujian penyerapan air. Analisis sifat keteknikan batuan tersebut dilakukan di Laboratorium Geologi Teknik dan Tata Lingkungan, Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta. Selain pengujian sifat keteknikan, sampel batuan juga sayatan tipis petrografi dengan mengacu pada klasifikasi Howell Williams, Francis John Turner, dan Charles Merwin Gilbert tahun 1954. Analisis petrografi dilakukan di Laboratorium Sumber Daya Mineral, Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

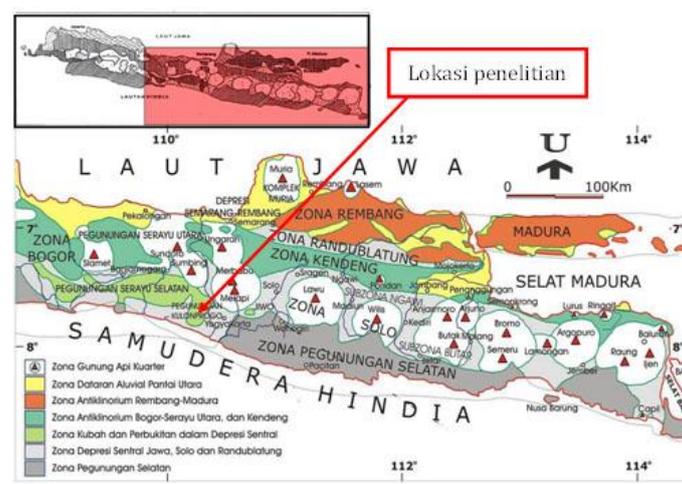
Lokasi pengambilan sampel batuan merupakan hasil observasi lapangan yang dilakukan di wilayah Giripurwo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian berjarak kurang lebih berjarak 35 km ke arah barat (Nanggulan) dari Kota Yogyakarta.

Data primer berupa kondisi geologi di lapangan berupa geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi yang terambil di lapangan serta hasil analisis laboratorium dilengkapi dengan data sekunder yaitu data hasil peneliti terdahulu dan pendekatan model konsep geologi. Kedua data tersebut disintesa guna langkah pendekatan konsep teori geologi terhadap kondisi geologi yang ada sehingga diperoleh kesimpulan hubungan pengaruh diskontinuitas dan pelapukan massa batuan terhadap sifat mekanik lava andesit di Giripurwo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kode sampel dan lokasi posisi koordinat pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Derajat Pelapukan dan Sifat Keteknikan Lava Andesit di Daerah Penelitian  
 (Modifikasi Triheriyadi dan Rakhman, 2016)

Kode Sampel	Koordinat (LS dan BT)	Elevasi (mdpl)	Derajat Pelapukan	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Absorption (%)
GP-01A	07°44'34,60"; 110°09'50,5"	498	IB - IV	1.282,23	0,12
GP-01B	07°44'34,60"; 110°09'50,5"	498	IV	1.442,08	0,32
GP-02	07°44'34,20"; 110°09'50,4"	505	IB	1.571,91	0,76
GP-03	07°44'32,70"; 110°09'50,8"	503	IB	642,11	0,47
GP-06	07°44'34,10"; 110°09'54,5"	507	IB - II	1.802,89	0,33
GP-07	07°44'34,80"; 110°09'54,8"	486	IB	396,18	2,19
GP-08	07°44'35,00"; 110°09'55,9"	484	IB	452,52	0,47

Daerah penelitian merupakan morfologi perbukitan yang berada pada elevasi 462,5 hingga 575 meter dari permukaan air laut dengan kemiringan lereng yang sangat curam antara 20° - 35°. Litologi penyusun perbukitan yaitu batuan lava andesit. Menurut Bemmelen (1949), secara fisiografi regional, daerah penelitian merupakan bagian dari *Oblong Dome*. Dome tersebut mempunyai sebaran yang luas, yakni merupakan bagian selatan dari Zona Jawa Tengah; berada pada pusat depresi, bagian dari rangkaian Pegunungan Serayu Utara paling timur. *Dome* ini mempunyai bentuk dimensi relatif persegi panjang dengan panjang sekitar 32 km yang melintang dari arah utara - selatan, sedangkan lebarnya sekitar 20 km pada arah barat – timur.



Gambar 1. Fisiografi regional daerah penelitian (Sumber : Bemmelen, 1949)

Haarman (1930) dan Bemmelen (1949) dalam Syafri, dkk. (2013) meyakini bahwa perbukitan dan pegunungan Kulon Progo terbentuk melalui mekanisme undasi di mana pada era kedua ahli tersebut masih diyakini bahwa pergerakan tekanan horisontal (*horizontal stress*) merupakan gaya pembentuk morfologi gunung. Berdasarkan analisis gambar satelit terkini, dapat diinterpretasikan bahwa ekspresi morfologi pegunungan Kulon Progo atau *Oblong Dome* mempunyai kaitan dan dikontrol oleh mekanisme geotektonik yang membentuk Pulau Jawa sejak Eosen (Katili, 1975; Hamilton, 1979; Soeria, dkk., 1994; Sribudiyani, dkk., 2003; Setiadjji, dkk., 2006; dan Syafri, dkk., 2013). Sebaran gambar citra satelit mempunyai pola yang mirip dengan fisiografi regional model Bemmelen (1949). Daerah penelitian berada di barat Mujil, Hartono dan Pambudi (2015) menyebutkan daerah tersebut merupakan bagian dari bekas atau sisa gunung api purba, di mana bentukan morfologi gunung api di daerah penelitian merupakan produk gunung api bagian mekanis tektonik dan struktur perlapisan batuan gunung api penyusun morfologi tersebut merupakan perlapisan awal pengendapan, bukan pengaruh tektonik.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, keberadaan singkapan lava andesit yang representatif untuk diteliti berada posisi koordinat 07°44'34,60" LS 110°09'50,5" BT hingga 07°44'37,30" LS 110°10'03,7" BT. Lava andesit tersebut merupakan bagian dari Formasi Andesit Tua (Bemmelen, 1949; Martin, 1916 dalam Purnamaningsih dan Pringgoprawiro, 1981; Pringgoprawiro dan Riyanto, 1988; dan Rahardjo, Sukandarrumidi. dan Rosidi, 1995). Hasil analisis petrografis pada sampel batuan GP-02 yang terambil pada posisi koordinat 07°44'34,20" LS 110°09'50,4" BT, menunjukkan batuan tersebut mempunyai penamaan andesit piroksen (Williams, dkk. 1954).

Pada sayatan tipis batuan beku tersebut nampak warna abu-abu, bertekstur hipokristalin, porfiritik, pilotaksitik; batuan tersusun oleh fenokris berukuran 0,05 - 1mm, yang terdiri dari mineral plagioklas (60%), olivin (7%), piroksen (12%), hornblenda (3%), mineral opak (5%), tertanam pada masa dasar mikrolit-mikrolit plagioklas (5%) dan gelas (8%). Kehadiran plagioklas yang melimpah mempunyai ciri warna putih abu-abu, berukuran 1 - 0,05 mm, bentuk kristal euhedral-subhedral, kembaran albit berupa mineral andesine (An 47), pada masa dasar berupa mikrolit (<0,02mm) tersebar merata pada sayatan, sebagian terdapat struktur zoning. Piroksen, olivin dan hornblende hadir dalam bentuk kristal subhedral-anhedral mengisi ruang antar plagioklas, tersebar setempat-setempat. Ketiga mineral mafik tersebut dibedakan dari warna dan ukuran kristal dimana piroksen berwarna putih kekuningan dengan ukuran 0,8 - 0,1mm; olivin berwarna abu-abu kuning dengan ukuran 0,3 - 0,8 mm; dan hornblende berwarna coklat dengan ukuran 0,5 - 0,8 mm. Mineral opak berwarna gelap dengan ukuran 0,05 - 0,8 mm, berbentuk subhedral-anhedral, dan tersebar merata. Gelas, mempunyai ciri tidak berwarna, hadir sebagai masa dasar bersama mikrolit plagioklas. Keberadaan tekstur pilotaksitik menunjukkan bahwa pola pensejajaran fenokris dan massa dasar plagioklas akibat pengaliran.

Pada lokasi berkoordinat 07°44'34,60" LS 110°09'50,5" BT dijumpai singkapan lava andesit dengan ketebalan singkapan mencapai 5 meter. Singkapan bagian atas berada pada posisi koordinat tersebut, sedangkan bagian bawah berada pada posisi koordinat 07°44'34,20" LS 110°09'50,4" BT. Pada posisi koordinat 07°44'34,60" LS 110°09'50,5" BT teramati batuan lava andesit dengan struktur kekar berlembar (*platy joint*) N230°E/30°. Antar kekar tersebut mempunyai pola kekar semakin ke atas semakin intensif. Pada bagian atas lava andesit mempunyai kisaran spasi kekar antara 1 hingga 5 cm; semakin ke bawah pada posisi koordinat 07°44'34,20" LS 110°09'50,4" BT, kisaran spasi kekar semakin lebar antara 10 hingga 20 cm. Berdasarkan hasil analisis kuat tekan, diketahui sampel batuan lava andesit bagian atas (GP-01A dan GP-01B), yakni 1282.23 dan 1442.08 kg/cm<sup>2</sup> cenderung mempunyai kekuatan lebih rendah daripada kekuatan batuan lava andesit bawah (GP-02), yakni 1.571,91 kg/cm<sup>2</sup>. Pada singkapan tersebut, semakin ke atas, kondisi batuan semakin lapuk secara berangsur menjadi tanah. Pelapukan batuan bagian bawah diinterpretasikan berderajat pelapukan tingkat IB hingga IV (Geological Society of London, 1990) dimana pada singkapan bagian bawah telah lapuk sedikit dan berkembang ke atas melapuk kuat. Pada derajat pelapukan tersebut terdapat perubahan warna pada permukaan kekar sebagai bidang diskontinuitas dimana semakin ke atas dijumpai perubahan warna yang hadir sebagai suatu kerangka sistem diskontinuitas. Dari data tersebut dapat diinterpretasikan bahwa batuan yang semakin lapuk dengan kekar yang semakin intensif mempunyai kekuatan lebih lemah daripada batuan dalam kondisi terkekar jarang bahkan pada kondisi batuan tersebut masif.

Pada sampel batuan yang terambil pada posisi koordinat 07°44'34,60" LS 110°09'50,5" BT yakni sampel GP-01A yang terambil pada bagian bawah dengan kondisi masif dan sampel GP-01B yang terambil pada bagian atas dengan kondisi retak (kekar). Besar kuat tekan sampel GP-01B, yakni 1442.08 kg/cm<sup>2</sup> mempunyai nilai kekuatan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan besar kuat tekan sampel GP-01A, yakni 1282.23 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan pengamatan reaksi HCl pada beberapa retakan batuan bagian atas (GP-01B), terdapat buih gas yang menunjukkan adanya material karbonat pada retakan tersebut. Material tersebut teridentifikasi mineral kalsit yang diduga merupakan hasil pelarutan mineral plagioklas pada batuan permukaan yang lapuk secara berangsur dengan tingkat pelapukan IV (Geological Society of London, 1990). Berdasarkan hasil uji penyerapan air dimana sampel GP-01B yakni 0,32% lebih besar daripada nilai penyerapan air sampel GP-01A yakni 0,12%, dapat diperkirakan keberadaan mineral pengisi celah antar kekar tidak menutup keseluruhan celah. Kehadiran mineral sekunder yang mengisi celah antar kekar mempunyai peran meningkatkan nilai kekuatan friksi batuan (Bieniawski, 1989; Goodman, 1976). Keberadaan mineral karbonat sebagai pengisi celah antar kekar diduga mempunyai peran perkuatan kekuatan pada batuan yang diuji.

Hasil pengamatan mikroskopis pada sampel batuan GP-01A (07°44'34,60" LS 110°09'50,5" BT) menunjukkan pada batuan yang masif dijumpai adanya retakan-retakan tegas berukuran halus yang berpola menghubungkan kekar berlembar secara tegak lurus. Kuat tekan sampel tersebut mempunyai nilai yang cenderung lebih rendah, yakni 1282.23 kg/cm<sup>2</sup> lebih rendah dari kuat tekan sampel di atasnya (GP-01B), yakni 1442.08 kg/cm<sup>2</sup>. Menurut Hartono dan Pambudi (2015) daerah tersebut masih merupakan bagian dari bekas atau sisa gunung api purba. Retakan pada pola kekar lembar yang tebal pada lava di dekat tubuh intrusi disebabkan oleh proses inflasi dan besaran aliran lava lateral oleh aktivitas vulkanik. Retakan tersebut akibat kuat tarik yang berkerja saat proses pendinginan lava, dimana keberadaan retakan mengurangi kekuatan batuan (Miyamoto, dkk, 2001). Keberadaan struktur kekar penyerta pada kekar berlembar oleh aktivitas vulkanik pada singkapan lava masif diperkirakan dapat memperlemah kekekuatan batuan.

Sampel batuan GP-03 yang terambil pada posisi koordinat 07°44'32,70" LS 110°09'50,8" BT merupakan bagian dari singkapan batuan di bawah lokasi pengambilan sampel batuan GP-02. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa singkapan batuan lava berstruktur kekar berlembar (*platy joint*) dan lapuk sedikit, diinterpretasikan derajat pelapukannya tingkat IB (Geological Society of London, 1990). Batuan telah terdeformasi membentuk

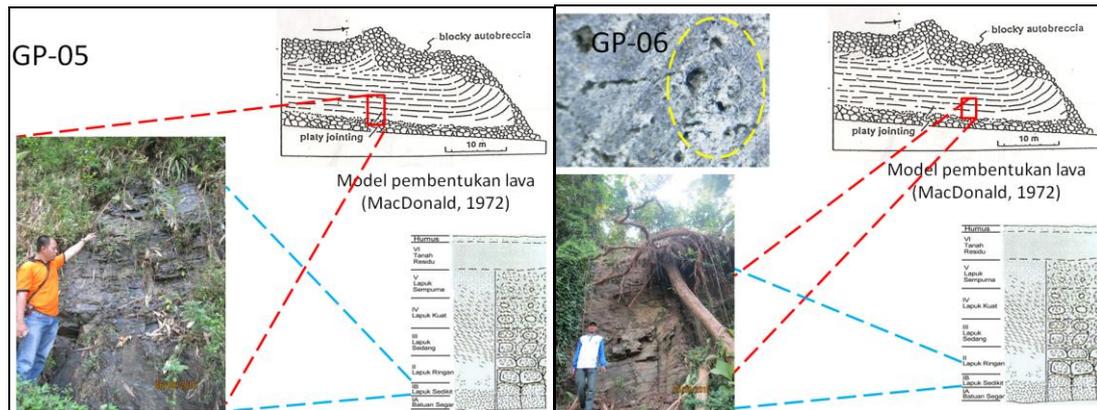
offset litologi. Bentuk deformasi tersebut berupa sesar turun dengan bidang sesar berarah orientasi N313°E dengan kemiringan bidang 70° hingga 80°. Bidang sesar tersebut merupakan batas pergeseran *footwall* (blok utara) dan *hangingwall* (blok selatan). Litologi penyusun *footwall* berupa lava andesit dengan spasi kekar rata-rata 20 cm, lebih tebal daripada litologi penyusun *hangingwall* yakni lava andesit dengan spasi kekar berkisar 5 hingga 10 cm. Besar nilai kuat tekan sampel batuan GP-03, yakni 642.11 kg/cm<sup>2</sup> cenderung lebih rendah daripada kekuatan batuan sekitarnya, dimana sampel batuan setelahnya, di bawahnya, yakni sampel batuan GP-06 (07°44'34,10" LS 110°09'54,5" BT) mempunyai nilai kuat tekan 1802.89 kg/cm<sup>2</sup>. Sampel batuan GP-03 mempunyai penyerapan air sebesar 0,47%, diperkirakan berperan sebagai bagian tekanan air pori yang bekerja pada batuan tersebut. Keberadaan tekanan air pori pada sesar mempunyai dampak memperlemah kekuatan batuan (Goodman, 1976). Menurut Bieniaswki (1973) dalam Djakamihardja dan Soebowo (1996); Bieniaswki (1989), kondisi struktur rekahan atau kekar dan spasi kekar, orientasi kekar dan lereng, serta kondisi keairan (air dalam massa batuan) merupakan bagian dari parameter massa batuan yang mempengaruhi kekuatan batuan. Rendahnya nilai kuat tekan sampel batuan GP-03 diduga disebabkan keberadaan struktur yang terdeformasi, kekar yang bergerak menjadi sesar akibat lemahnya kekuatan friksi antar rekahan/kekar dengan diidentifikasi melalui masuknya air yang berkontribusi sebagai tegangan air pori.

Pada lokasi pengamatan GP-04 sebelah bawah dari GP-03 ke arah timur atau pada posisi koordinat 07°44'33,30" LS 110°09'52,4" BT dijumpai longsoran tanah dan batuan andesit. Pelapukan batuan yang berkembang mulai derajat pelapukan tingkat III ke IV (Geological Society of London, 1990) dimana batuan batuan dalam kondisi lapuk sedang hingga lapuk kuat dengan dijumpai adanya mineral kalsit produk yang diduga produk pelapukan mineral plagioklas. Arah longsoran searah bidang *platy joint* ke arah N147°E. Bidang gelincir berupa kontak dengan batuan yang berbeda sifat fisiknya, lebih masif; dimana pada bidang tersebut terdapat rembesan air. Keberadaan air dan bidang lemah batuan pada batuan yang lapuk dapat mempengaruhi orientasi kekar, menambah besaran kedudukan *dip* rekahan sehingga mengurangi kuat tekan batuan (Goodman, 1976; dan Selby, 1991). Pola longsoran tanah dan batuan di daerah penelitian diduga dipengaruhi oleh adanya tingkatan pelapukan batuan yang tinggi, dan air yang hadir sebagai tegangan air pori pada celah kekar berlembar dan rekahan struktur bidang sesar.

Singkatan lava andesit pada posisi 07°44'34,10" LS 110°09'53,4" BT (GP-05) hingga 07°44'34,10" LS 110°09'54,5" BT (GP-06) merupakan batuan beku lava berstruktur kekar berlembar (*platy joint*). Pada titik lokasi pengamatan GP05, singkapan lava mencapai tebal 10 meter. 2 meter bagian bawah batuan tersebut berstruktur *autobreccia* kontak dengan andesit berstruktur *platy joint* dengan ketebalan 8 meter, dimana kedudukan kontak batuan N190°E/14°. Pada lava andesit berstruktur *platy joint* mempunyai spasi kekar 1 – 5 cm dengan pola kekar semakin ke atas, semakin intensif atau berlembar tipis. Sedikit dijumpai adanya pelapukan batuan, berderajat pelapukan tingkat IB (Geological Society of London, 1990).

Pada lokasi pengamatan GP06, singkapan lava mencapai ketebalan 10 meter berstruktur kekar berlembar (*platy joint*), dimana 2 meter bagian bawah mempunyai jarak kekar rata-rata 20 cm, kemudian 5 meter vertikal ke atas selanjutnya merupakan andesit berspasi kekar interval 5 -10 cm dan paling atas dengan ketebalan 3 meter telah lapuk menjadi tanah. Pola struktur batuan pada GP05 dan GP06 diperkirakan masih satu set *joint* dalam model struktur batuan lava dengan pemodelan MacDonald (1972). Pelapukan batuan telah terbentuk pada sekitar bidang diskontinuitas (kekar) dari interpretasi derajat pelapukan pada tingkat IB hingga II atau tingkat pelapukan sedikit hingga ringan (Geological Society of London, 1990). Pada batuan berlembar tebal 20 cm diambil sebagai sampel uji kuat tekan GP06 dengan nilai kekuatan 1802.89 kg/cm<sup>2</sup>, lebih kuat daripada kekuatan sampel batuan lainnya. Batuan tersebut mempunyai nilai penyerapan air, cenderung lebih rendah dari nilai sampel batuan lainnya, yakni 0,33%. Pengamatan mikroskopis pada permukaan potongan batuan menunjukkan adanya sebaran lubang skorja tidak merata dan tidak dominan. Keberadaan lubang struktur primer tersebut diduga turut mempengaruhi sifat penyerapan air pada batuan dan kekuatan batuan. Kenampakan singkapan batuan dan interpretasi data GP05 dan GP06 dapat dilihat pada gambar 2.

Keberadaan bidang lemah berupa kontak batuan dijumpai pada titik lokasi pengamatan GP07 pada posisi koordinat 07°44'34,80" LS 110°09'54,8" BT, dan GP-08 pada posisi koordinat 07°44'35,00" LS 110°09'55,9" BT. Pada GP07, dijumpai kontak singkapan batuan lava andesit berstruktur kekar berlembar (*platy joint*) dengan ketebalan mencapai 5 meter pada bagian atas, sedangkan bagian bawahnya merupakan batuan andesit berstruktur *autobreccia* dengan ketebalan singkapan mencapai 2 meter. Sedikit dijumpai adanya pelapukan pada batuan, diinterpretasi derajat pelapukan tingkat IB (Geological Society of London, 1990). Kedudukan kontak batuan N198°E/14°. 10 meter ke arah N92E ke bawah pada lokasi pengamatan GP-08, terdapat kontak ketidakseleran dengan breksi piroklastik. Pada batuan di batas kontak ketidakseleran diambil sebagai sampel batuan GP-07 dengan nilai uji kuat tekan 396.18 kg/cm<sup>2</sup> dengan besar nilai penyerapan air 2,19%. Pada batuan di bawah kontak tersebut dilakukan pengambilan sampel batuan GP-08 dengan nilai uji kuat tekan 452.52 kg/cm<sup>2</sup> dengan besar nilai penyerapan air 0,47%.



Gambar 2. Singkapan lava andesit berstruktur *platy joint*. Pada GP05, batuan berderajat pelapukan tingkat IB dan pada GP06, batuan berderajat pelapukan tingkat IB – II di GP-6

Besar kekuatan batuan pada sampel batuan GP07 tergolong paling rendah diantara sampel uji kuat tekan batuan. Rendahnya kekuatan ini diperkirakan akibat keberadaan bidang ketidakselarasan atau bidang diskontinuitas sebagai bidang lemah batuan batas kontak batuan yang berbeda sifat fisiknya. Rendahnya nilai kekuatan batuan ini diduga juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan air pori yang teridentifikasi dari nilai penyerapan air 2,19%, paling besar di antara sampel batuan lainnya. Nilai kuat tekan batuan yang rendah 452.52 kg/cm<sup>2</sup> dengan besar nilai penyerapan air 0,47% dijumpai pada sampel batuan breksi piroklastik, yang dikontrol oleh struktur batuan yang masif dengan kekuatan friksi yang rendah akibat sifat batuan heterogen antara fragmen dan matriks, penyusun breksi piroklastik dengan kemas terbuka.

#### IV. KESIMPULAN

Lava andesit umumnya dari bawah berkembang struktur masif hingga platy joint dengan derajat pelapukan batuan mulai tingkat IB hingga IV. Besaran nilai kuat tekan batuan lava andesit berkisar 396.18 hingga 1,802.89 kg/cm<sup>2</sup> dikontrol bidang diskontinuitas sebagai produk genesa pembentukan batuan tersebut berupa struktur kekar, lubang skoria, bidang ketidakselarasan dan struktur sekunder berupa sesar. Kekuatan friksi antar celah kekar akan berkurang jika terdapat tegangan air pori yang teridentifikasi dari nilai serapan air pada batuan lava andesit berkisar antara 0,31 – 2,19%, terutama pada pada tubuh singkapan lava bagian atas. Kehadiran mineral karbonat sebagai mineral sekunder oleh produk pelapukan mineral asal yaitu plagioklas turut berperan memperkuat kekuatan friksi antar celah kekar sehingga menambah nilai kuat tekan batuan.

Sifat mekanik batuan beku atas kondisi lapangan dan uji laboratorium tersebut sangat menarik untuk diteliti, dimana ke depan, selain dikaji secara keilmuan untuk menambah keyakinan ilmu, juga dapat diaplikasi lanjut untuk arahan metode kestabilan dalam penambangan dan bagian dari mitigasi bencana longsor batu dan tanah, terutama pada kondisi geologi kawasan gunungapi di Giripurwo, Kecamatan Girimulyo dan sekitarnya, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol IA. Netherland: The Haque Martinus Nijhroff, Government Printing Office.
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: John Wiley & Sons.
- BSN. 2016. *Cara uji kuat tekan batu triaksial: SNI 2825:2008*, diakses di [sisni.bsn.go.id](http://sisni.bsn.go.id) pada tanggal 15 Maret 2016.
- Djakamihardja, A.S. dan Soebowo, W. 1996. *Studi Kemantapan Lereng Batuan Pada Jalur Jalan Raya Liwa-Krui, Lampung Barat: Suatu Pendekatan Metoda Empiris*. Bandung : Prosiding Seminar Kemantapan Lereng di Pertambangan Indonesia II.
- Geological Society of London. 1990. *Tropical Residual Soils: Geological Society Engineering Group Working Party Report*. London: Quarterly Journal of Engineering Geology, Geological Society of London, Vol. 23, No. 1. Halaman 4 – 101.
- Goodman, R.E. 1976. *Introduction to Rock Mechanics*. Edisi ke-2. Singapore: John Wiley & Sons.
- Hamilton, W. 1979. *Tectonic of the Indonesian Regions*. Washington: US Geological Survey, Professional Paper No.1078. Halaman 18-42.
- Hartono, H.G. dan Pambudi, S. 2015. *Gunung Api Purba Mujil, Kulonprogo, Yogyakarta: Suatu Bukti Dan Pemikiran*, Yogyakarta: Prosiding Seminar Nasional ReTII ke-10.

- Katili, J.A. (1975). *Volcanism and Plate Tectonic in Indonesian Island Arc. Tectonophysics*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. Halaman 65-188.
- MacDonald, G.A. 1972. *Volcanoes*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Miyamoto, H., Itoh, K., Tosaka, H., Takunaga, T., dan Mogi, K. 2001. *Importance of Surface Crusts on Lava Flow Behaviors: Laboratory Experiments and Numerical Simulations*. Yogyakarta: Prosiding Asian Symposium on Engineering Geology and Environment (ASEGE) ke-3, 3 -6 September 2001.
- Purnamaningsih, S. dan Pringgoprawiro, H. 1981. *Stratigraphy and planktonic foraminifera of the Eocene-Oligocene Nanggulan Formation, Central Java*. Bandung: Geol.Res.Dev.Centre Pal.Ser. No. 1. Halaman 9-28.
- Pringgoprawiro, H. dan Riyanto, B. 1988. *Formasi Andesit Tua Suatu Revisi*. Bandung: Dept.Geol.Contr. Bandung Inst.Technologi. Halaman 1-29.
- Rahardjo,W., Sukandarrumidi. dan Rosidi H.M.D. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Skala 1 : 100.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Selby, M.J. (1991). *Hillslope Materials and Processes*. Edisi ke-2. Oxford: Oxford University Press.
- Setiadji, D.I., Kaiino, S, Imai, A., dan Watanabe, K. 2006. *Cenozoic Island Arc Magmatism in Java Island (Sunda Arc. Indonesia): Clues on Relationships between Geodynamics of Volcanic Centers and Ore Mineralization*. Journal of Resources Geology vol 56, no 3. Halaman 267 – 292.
- Soeria, A.R., Maury, R.C., Bekkon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B. 1994. *The Tertiary Magmatic Belts In Java*, Proceedings Symposium on Dynamica of Subduction and Its Products, The Silfer Jubilec Indom. Inst. Of Sci (LIPI).
- Sribudiyani, N.M., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H., Yulianto, I. 2003. *The Collision of the East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin*. 29<sup>th</sup> Annual Convention Proceedings (Volume 1). Halaman 1 – 12.
- Syafri, I., Budiadi, E. dan Sudradjat, A. 2013. *Geotectonic Configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta*, Indonesian Journal of Geology, Vol. 8 No. 4 December 2013. Halaman 185-190.
- Triheriyadi, N.W.A.A., dan Rakhman, A.N. 2016. Studi Rekomendasi Penggalan Ditinjau dari Struktur Bidang Lemah dan Kekuatan Batuan Lava Andesit di Daerah Girimulyo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Jurnal Teknologi Technoscintia, Vol. 9 No. 1 Agustus 2016.
- Williams, H., Turner, F.J., dan Gilbert, C.M. 1954. *Petrography: An Introduction to the study of rocks in thin section*. San Francisco: W.H. Freeman and Co.