

PERILAKU SIFAT FISIK DAN KETEKNIKAN TANAH RESIDUAL BATUAN VOLKANIK KUARTER DI DAERAH CIKIJING, MAJALENGKA, JAWA BARAT

Y. Sunarya Wibowo

ABSTRAK Indonesia merupakan daerah tropis dengan pelapukan batuan berlangsung intensif. Pelapukan menghasilkan tanah residual yang mencapai 53% luas daratan. Keberadaan tanah residual menimbulkan permasalahan geologi teknik, umumnya berkaitan dengan kekuatan dan dayadukung tanahnya. Daerah Sindang Panji, Cikijing, Majalengka merupakan daerah rawan gerakan tanah yang terjadi pada lapisan tanah residual. Makalah ini menyajikan hasil analisis karakteristik fisik dan keteknikan tanah di daerah gerakan tanah berdasarkan hasil uji Sondir (CPT) dan uji laboratorium. Hasil dari analisis data diketahui bahwa kedalaman tanah residual berkisar 1-1,6 m dan 1,6-2,5 m. Pada kedalaman 1-1,6 m kadar air 22,7-48,1 % dan indeks plastis tanah 17,7-51,2 %. Sementara itu pada kedalaman 1,6-2,5 m, tanah memiliki kadar air 34,56-54,82 %, indeks plastis tanah 20,47-44,4 %. Tanah memiliki kuat geser rendah dengan kohesi efektif ($0,0827-0,484 \text{ kg/cm}^2$) dan sudut geser efektif ($14,09^\circ-34,62^\circ$), menyebabkan lereng di wilayah ini rentan terhadap gerakan tanah.

Kata kunci: pelapukan, tanah residual, sifat fisik dan keteknikan, gerakan tanah

ABSTRACT *Indonesia is a tropical region where rock weathering process occurs intensively. Weathering resulted in the formation of residual soil which covers 53% of the land area. The existence of residual soil often creates engineering problems such as strength and bearing capacity. As an example, the Sindang Panji area, Cikijing, Majalengka which is composed of residual soil is a landslide prone area. This paper presents the physical and engineering characteristics of residual soil in the landslide area resulted from Cone Penetration Test (CPT) and laboratory analyses.*

Naskah masuk : 2 Agustus 2011

Naskah diterima : 8 Desember 2011

Y. Sunarya Wibowo
Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI
Jl. Sangkuriang, Bandung 40135
Email:wibowohadhi@yahoo.co.id

Analysis of data showed that there are two types of residual soils exist at the depth of 1-1.6 m and 1.6-2.5 m. At the depth of 1.6 m the water content is 22.7-48.1 % and plasticity index is 17.7-51.2 %. While at the depth of 1.6-2.5 m the water content is 34.56-54.82 % and plasticity index is 20.47-44.45 %. Due to the low soil shear strength parameters of effective cohesion ($0.0827-0.484 \text{ kg/cm}^2$) and effective friction angle value ($14.09^\circ-34.62^\circ$) renders the area susceptible to landslide.

Keywords: *weathering, residual soil, physical and engineering properties, landslide*

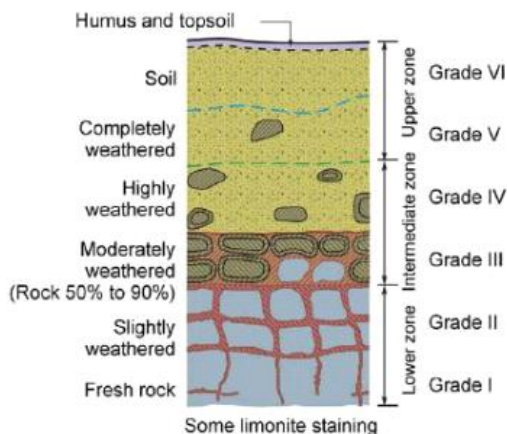
PENDAHULUAN

Tanah residual hasil pelapukan batuan vulkanik Kuartar di daerah perbukitan menimbulkan permasalahan geologi teknik, salah satunya yang sering terjadi adalah gerakan tanah. Fenomena alam ini sering terjadi ketika musim hujan. Tanah residual adalah produk *in-situ* pelapukan fisik dan kimia yang masih berada di atas batuan induk. Hasil penelitian Saroso (2006) menyatakan bahwa sebaran tanah residual di Indonesia mencapai 53% dari luas daratan. Little (1969) dalam Hardiyatmo, (2006) mengklasifikasikan derajat (*grade*) pelapukan batuan menjadi 6 (enam), seperti pada Gambar 1. Dalam keteknikan diklasifikasikan sebagai tanah adalah batuan yang mengalami pelapukan dan bersifat tanah termasuk pelapukan derajat (*grade*) IV hingga VI (Dearman dan Irfan, 1978 dan Wesley, 1977).

Terjadinya curah hujan dengan intensitas 400-590 mm/bulan atau berkisar antara 10-30 mm/hari dengan rata-rata 15 mm/hari pada tanah residual, menyebabkan terjadinya aliran bahan rombakan di sepanjang kaki perbukitan (Tohari, dkk., 2005). Gerakan tanah disebabkan oleh rendahnya kuat geser tanah pembentuk lereng, akibat peningkatan kandungan air oleh infiltrasi air hujan. Dari hasil analisis karakter curah hujan pemicu gerakan tanah diketahui bahwa hujan yang meresap kedalam tanah dapat menimbulkan peningkatan tekanan air-pori kritical, sehingga terjadi gangguan pada

kestabilan lereng (Tohari, dkk., 2005). Peningkatan kuat geser tanah residual mengikuti kedalaman, kohesi meningkat terhadap kandungan lempung dan sudut geser akan menurun dengan meningkatnya kadar lempung (Setiadji, dkk, 2006; Raharjo, 2005). Sementara itu, Hirnawan (1994, 1999), menyatakan terjadinya kenaikan kadar air pada musim hujan menyebabkan bobot isi tanah bertambah, nilai kohesi dan sudut geser dalam mengalami penurunan, sehingga dengan penurunan parameter-parameter tersebut, daya dukung tanah berkurang.

Gerakan tanah di daerah Sindang Panji, Kecamatan Cikijing, Kabupaten Majalengka (Gambar 2 dan 3) terjadi pada tanah residual. Peristiwa gerakan tanah ini pada tahun 2005, 2009, dan terakhir pada bulan Maret 2011 bertepatan dengan musim hujan, dan menyebabkan terputusnya ruas jalan antara Cikijing dengan Kuningan akibat badan jalan tertutup material batuan yang bergerak dari tebing setinggi 20 m. Material berasal dari tanah hasil pelapukan breksi yang kurang kompak, sehingga air hujan mudah meresap ke dalam lereng dan



Gambar 1. Profil tanah residual (Little, 1969 dalam Hardiyatmo, 2006).

mendorong tanah untuk bergerak. Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian sifat fisik dan keteknikan tanah residual dari pelapukan breksi vulkanik kuartar di daerah Sindang Panji, Cikijing, Majalengka dilakukan untuk mengetahui perilaku sifat fisik dan keteknikan tanah residual yang berpotensi terhadap gerakan tanah. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan uji lapangan dengan alat CPT (*Cone Penetration Test*) atau sondir, uji sifat fisik dan keteknikan tanah di laboratorium.

TATANAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

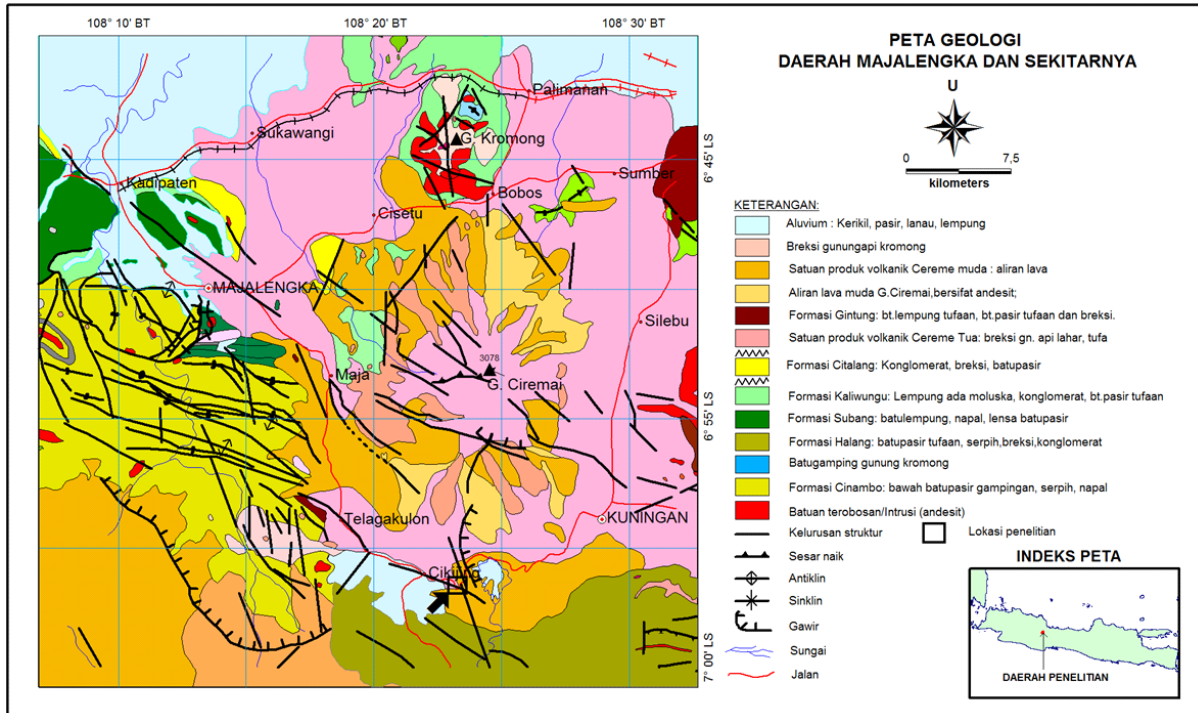
Daerah penelitian merupakan perbukitan yang berada pada ketinggian antara 725-770 m di atas permukaan laut (dpl) dengan kemiringan lereng antara 30%-60% (curam). Batuan penyusun berupa endapan vulkanik muda dari Satuan Batuan Vulkanik Gunung Ciremai, terdiri dari breksi dan tufa. Singkapan breksi vulkanik umumnya terkekarkan dan mengalami pelapukan. Pada bagian bawah Satuan Gunungapi Muda secara tidak selaras diendapkan Satuan Breksi Hasil Gunungapi Tua, terdiri dari breksi gunungapi, endapan lahar dengan komponen-komponen utama berupa batuan beku yang bersifat andesit dan basal (Djuri, 1995). Menurut Budhitrisna, (1986), dalam peta geologi regional lembar Tasikmalaya, Satuan Breksi Produk Gunung Ciremai di daerah penelitian termasuk produk Endapan Gunungapi Tua, yang terdiri atas batuan breksi, breksi aliran, tufa dan lava bersusunan andesit dan basalt. Satuan batuan ini berada tidak selaras di atas Formasi Tapak yang terdiri dari batupasir kasar, berwarna kehijauan - hijau keabu-abuan, sisipan napal pasir berwarna abu-abu (Gambar 2).

Tataguna lahan di daerah ini sebagian besar berupa kebun campuran yang terdiri dari kebun kopi, cengkeh, dan perladangan dengan tanaman palawija. Pada sisi bagian selatan pada daerah dengan morfologi agak landai terdapat persawahan dan perkampungan penduduk.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam 2 (dua) tahap yaitu uji lapangan dan laboratorium. Uji lapangan terdiri dari pengambilan conto tanah dan uji *CPT*, sedangkan di laboratorium dilakukan uji sifat fisik dan keteknikan tanah.

Uji lapangan dilakukan dengan alat CPT berkapasitas 2,5 ton dilakukan pada 4 (empat) titik lokasi, mengacu pada standar ASTM D-3441-98. Dari uji CPT dapat diketahui nilai tekanan ujung konus (q_c) dan *friction ratio* (f_r). Dari nilai q_c dan f_r dapat diidentifikasi tipe tanah dan profil/stratifikasi tanah. Pengambilan conto tanah terganggu dan tidak terganggu, dilakukan terhadap pelapukan batuan pada derajat pelapukan (*grade*) VI dan V dengan pembuatan sumur uji pada lokasi yang sama uji CPT.



Gambar 2. Peta geologi daerah Cikijing dan Sekitarnya (Sumber: Djuri 1995).

Penentuan sifat-sifat fisik dan keteknikan tanah meliputi: uji kadar air (w) dengan menggunakan standar ASTM D-2216-71, pengujian berat jenis (G_s) menggunakan standar ASTM D-854-58. Uji distribusi besar butir tanah dilakukan dengan standar ASTM D-421-58 dan D-422-63. Analisis hidrometer menggunakan referensi ASTM D-421-59 dan D-422-63. Uji batas-batas Atterberg yaitu batas plastis (PL) dan batas cair (LL) dengan standar ASTM D4318-84.

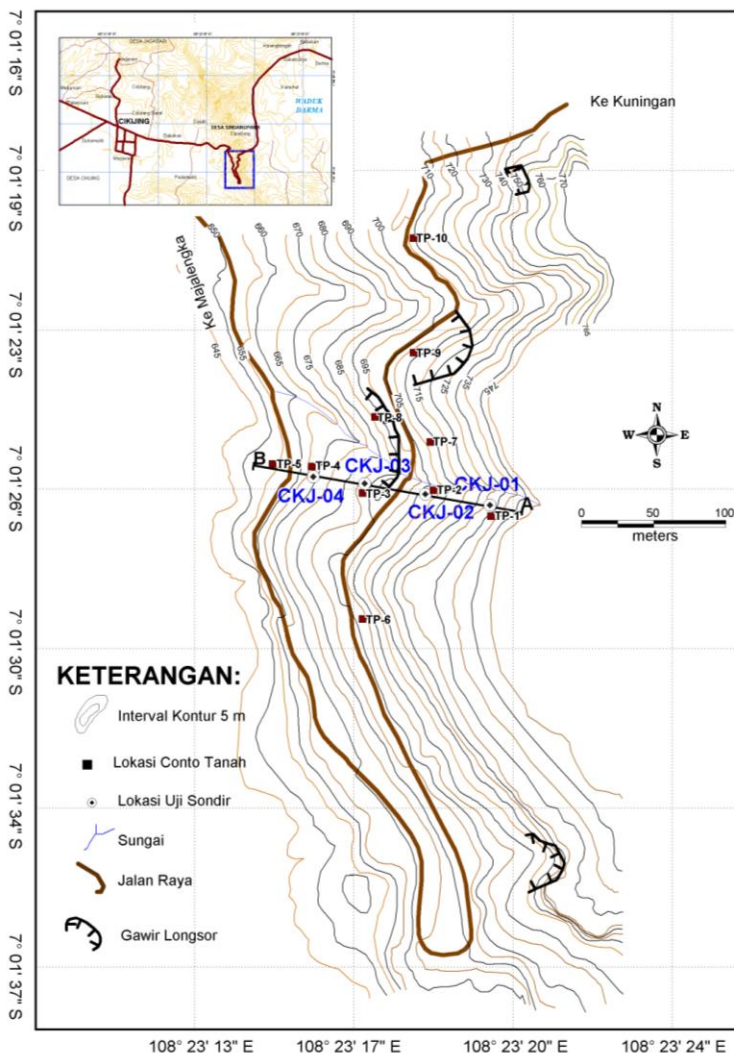
Hasil analisis batas-batas Atterberg digunakan untuk menentukan nilai Indeks Plastisitas tanah (IP) dilakukan sesuai dengan SNI 03-1323-1989 dan klasifikasi tanah menurut ASTM D-2487 USCS (*Unified Soil Classification System*).

Parameter sifat keteknikan tanah (kohesi efektif dan sudut geser dalam efektif) ditentukan berdasarkan uji triaksial terkonsolidasi tidak teralirkan (CU) di laboratorium dengan standar ASTM D-3080-72. Hasil uji sifat keteknikan tanah dilakukan untuk mengetahui tegangan geser tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Residual

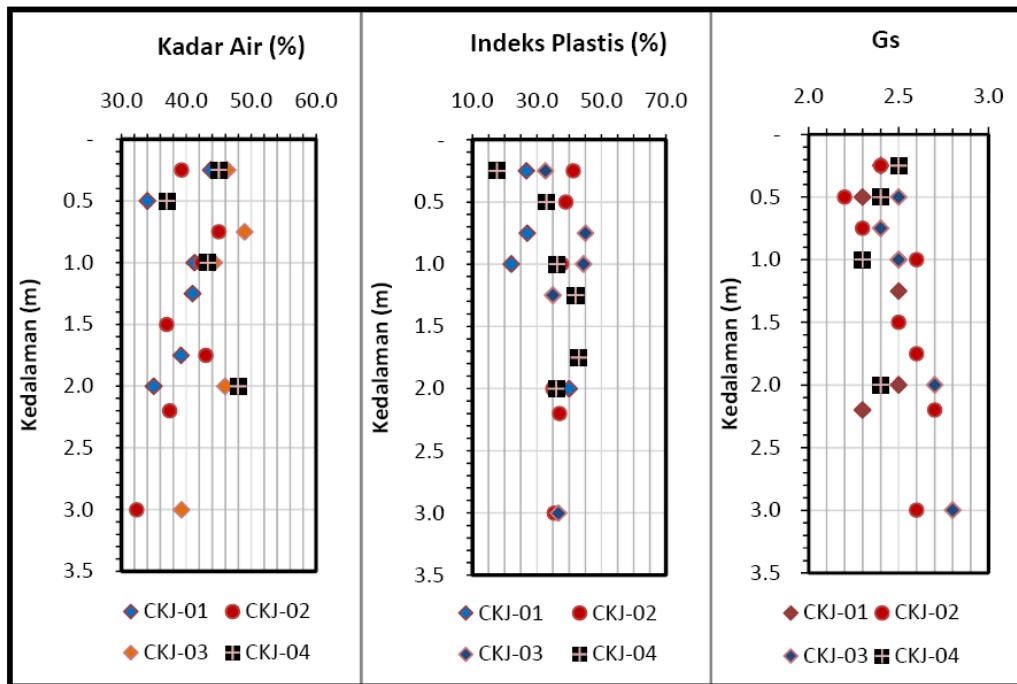
Pengamatan dan pengambilan contoh tanah dilakukan pada lokasi gerakan tanah (Gambar 3). Skematik profil tanah residual dari bagian atas ke bawah sebagai berikut: Tanah bagian atas berupa humus, berwarna abu-abu kehitaman, terdapat akar tumbuhan, ketebalan lapisan ± 0.20 m. Di bawah tanah humus berupa lempung lanauan, pelapukan derajat VI, berwarna coklat tua-kehitaman, ukuran butir lempung hingga pasir sedang, terdapat fragmen batuan beku berukuran kerikil – kerakal, massa dasar pasir tufaan, agak kompak hingga lepas-lepas/kurang kompak, ketebalan ± 0.40 m. Kemudian pelapukan derajat V, berupa pasir lanauan, berwarna coklat kehitaman, agak lembab, mengandung fragmen breksi, ukuran kerikil - kerakal, bentuk menyudut tanggung–membulat tanggung, terdapat kekar, ketebalan ± 0.80 m. Derajat pelapukan IV, terdiri pasir lanauan, berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran pasir kasar-kerakal, fragmen andesitik, bentuk menyudut-menyudut tanggung, ketebalan ± 0.90 m. Bagian bawah lapisan ini merupakan breksi segar yang telah terkekarkan (Gambar 4).



Gambar 3. Peta lokasi pengambilan contoh dan uji sondir (CPT) di daerah Cikijing, Majalengka (Sumber: Peta Topografi Tohari, dkk. 2005).

Kedalaman (m)	Profil Pelapukan	Keterangan
0 – 0,20		Tanah humus, abu-abu kehitaman, terdapat akar tumbuhan, ketebalan lapisan ± 0,20 m.
0,20 – 0,80		Lempung lanauan, coklat tua-kehitaman, ukuran butir lempung- pasir sedang, terdapat fragmen batuan beku, agak kompak- lepas/kurang kompak, ketebalan antara ± 0,40 m.
0,80 – 1,60		Pasir lanauan, berwarna coklat kehitaman, agak lembab, mengandung fragmen breksi, ukuran kerikil - kerakal, bentuk menyudut tanggung-membulat tanggung, terdapat kekar, ketebalan ± 0,80 m.
1,60 – 2,50		Pasir lanauan, abu-abu-kecoklatan, ukuran pasir kasar - kerakal, fragmen andesitik, bentuk menyudut - menyudut tanggung, ketebalan ± 0,90 m. Bagian bawah lapisan ini merupakan breksi segar yang telah terkekarkan
>2,50		Breksi segar

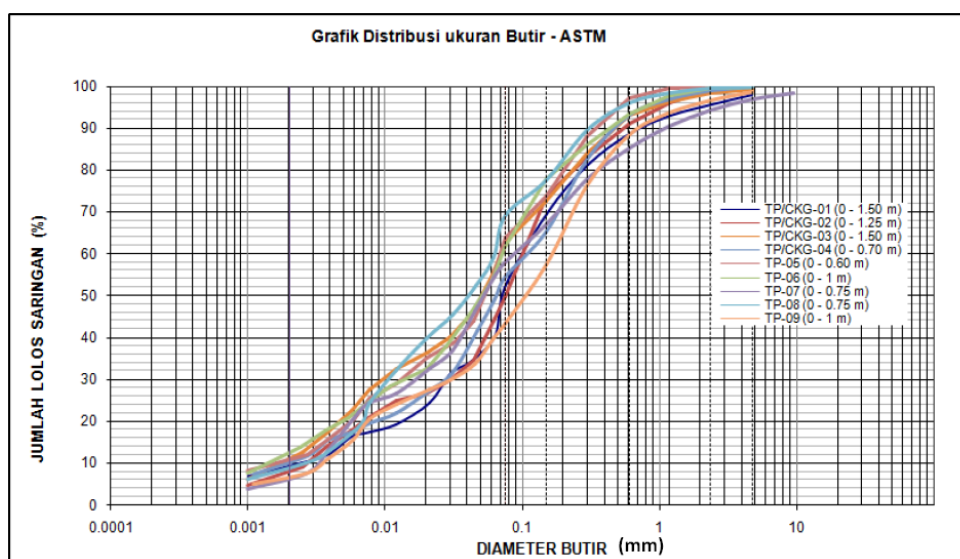
Gambar 4. Skematik stratifikasi lapisan tanah daerah penelitian (Wibowo, 2009)



Gambar 5. Hasil Uji Kadar Air, Indeks Plastis dan *Specific Gravity* (*G_s*) tanah residu pada kedalaman yang berbeda

Uji kadar air conto tanah residual diperlihatkan pada Gambar 5. Pada gambar tersebut tampak bahwa lokasi CKJ-03 pada kedalaman hingga 1,0 m memiliki kadar air tertinggi sebesar 46,4 %. Sementara itu masih pada lokasi yang sama, pada kedalaman 1,0-2,5 m kadar air meningkat hingga 54,4 %, sedangkan pada kedalaman lebih dari 2,5 m kadar air menurun hingga dibawah 40%. Hal ini menunjukkan terjadi perbedaan kandungan air tanah di lokasi uji.

Perbedaan kandungan air dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya tingkat pelapukan batuan, jenis material tanah dan butiran tanah. Pada lokasi CKJ-03 di kedalaman 2 m, diduga merupakan lapisan perubahan derajat pelapukan V ke derajat pelapukan IV dimana pelapukan belum sempurna dan masih berupa batuan segar breksi (Wibowo, 2009).



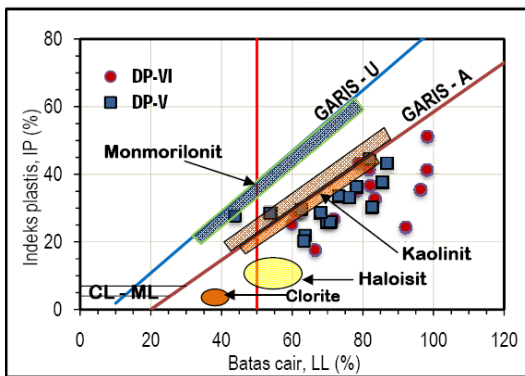
Gambar 6. Grafik distribusi besar butir tanah residu daerah Cikijing

Uji berat jenis tanah (Gs) dari kedalaman yang berbeda diperoleh nilai antara 2,3 hingga 2,8 (Gambar 5). Di kedalaman hingga 2 m, berat jenis tanah berkisar 2,5. Sedangkan di kedalaman 3 m berat jenis terbesar 2,8, butiran tanah kemungkinan masih tanah berbutir kasar dan pelapukan belum sempurna. Hadiyatmo (2006), menyatakan bahwa hasil pelapukan batuan dengan berat jenis tersebut di atas tidak bersifat kohesif.

Distribusi ukuran besar butir tanah dari kedalaman berbeda ditunjukkan pada Gambar 6. Kedalaman contoh tanah hingga 1,6 m butiran yang lolos saringan 200 (<0,075 mm) menunjukkan lebih dari 50 %. Ukuran lempung (<2 µm atau 0,002 mm) berkisar 5,3-5,9 % dan selebihnya berukuran lanau. Sementara itu pada kedalaman 1,6-2,5 m fraksi halus kurang dari 50%, dengan rata-rata 29,42%. Proporsi ukuran lempung mengalami penurunan sebesar ± 10%. Hal ini menunjukkan pada kedalaman hingga 2,5 m tingkat pelapukan semakin rendah.

Hasil uji batas-batas Atterberg berdasarkan kedalamannya, memperlihatkan lapisan dekat permukaan (kedalaman 0-1,6 m) kadar air tertinggi 46,4%, batas plastis (PL) 67,7 %, batas cair (LL) 98,3%, dan indeks plastis (IP) 51,9%, Sementara itu pada kedalaman 1,0-2,5 m, kadar air meningkat menjadi 54,4 %, batas plastis 57,45 %, batas cair 86,86 % dan indeks plastis 44,45 %. Penurunan indeks plastis di kedalaman > 1,6 m ini disebabkan gradasi tanah berubah dari lempungan menjadi pasir.

Secara empiris dengan menggunakan grafik plastisitas *Casagrande*, dimana persamaan garis A adalah $IP = 0,73 (LL - 20)$, (Gambar 7). Ploting data indeks plastis (IP) terhadap batas cair (LL),



Gambar 7. Ploting data Batas Cair (LL) dan Indeks Plastis (PI) tanah pelapukan breksi vulkanik di daerah Cikijing (*Casagrande*).

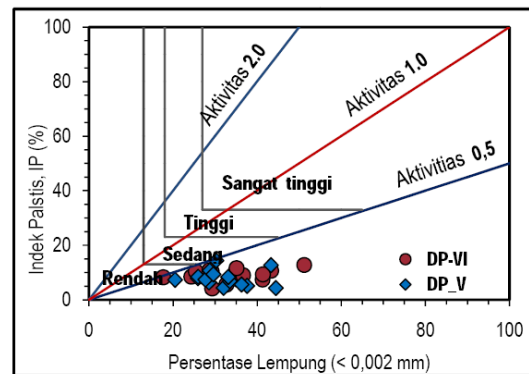
menunjukkan tanah dominan berada di bawah garis-A, termasuk tanah anorganik berupa lanau lempungan dengan plastisitas rendah, jenis mineral kaolinit. Sedangkan tanah yang berada di atas Garis-A, dengan $IP = 27,71 \%$ dan $LL = 48,80 \%$, diklasifikasikan jenis tanah lempung dengan plastisitas rendah dan $IP = 28,71\%$ dengan $LL = 53,80\%$, merupakan tanah lempung dengan plastisitas tinggi. Batas cair tertinggi sebesar 98,2 % terletak pada kedalaman ± 2 m, diduga merupakan zona lemah dari bidang gerakan tanah.

Hasil ploting data indek plastis, IP (%) dengan kandungan lempung (<0,002 mm) pada grafik Gambar 8 (Gillott, 1968). Menunjukkan bahwa tanah residual memiliki *indeks activity (A)* dibawah 0.5 termasuk pada katagori tingkat pengembangan rendah-sedang. Dalam hal ini tanah residual hasil pelapukan breksi vulkanik di daerah Cikijing tidak bersifat ekspansif.

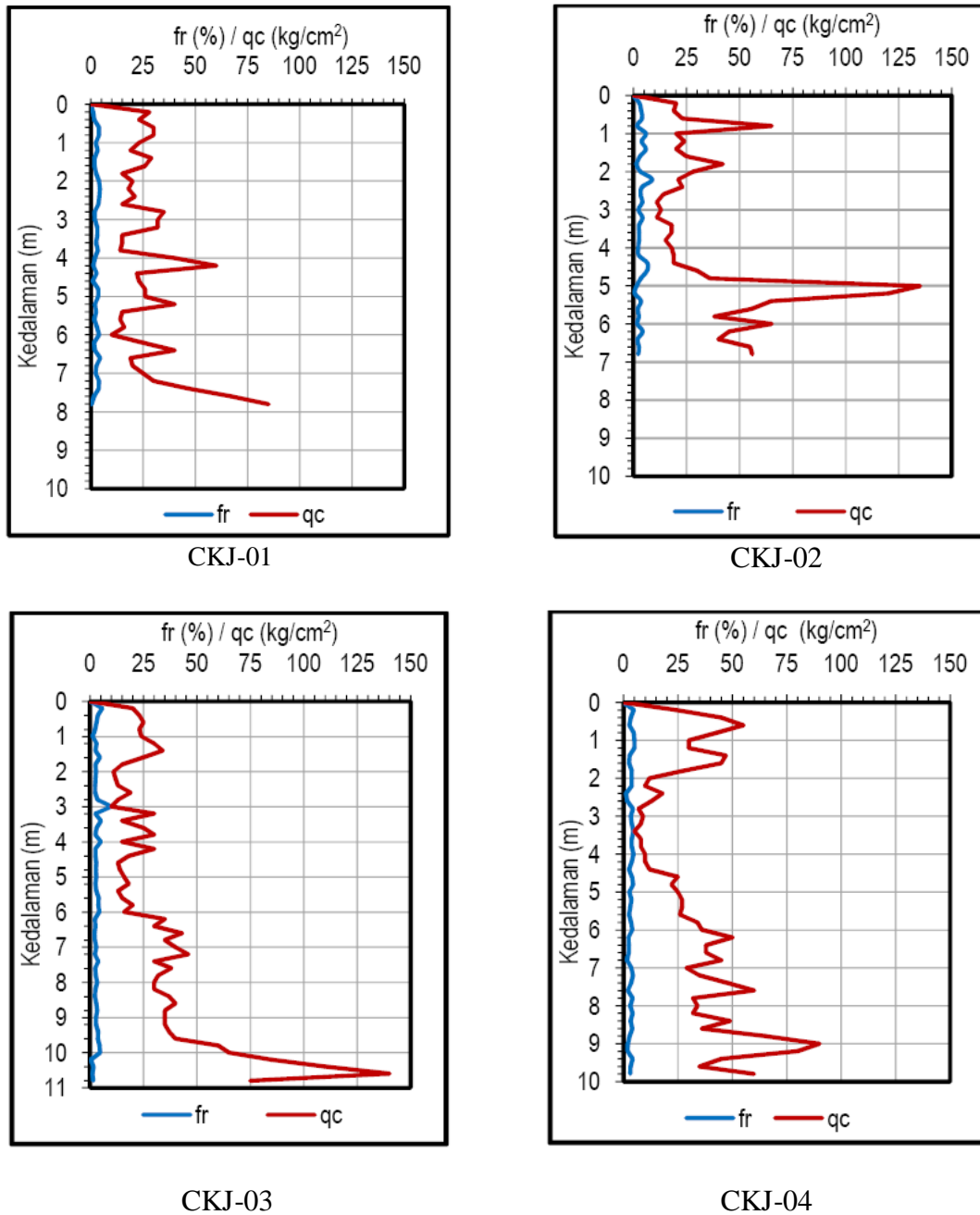
Keteknikan Tanah

Hasil uji CPT yang dilakukan pada 4 lokasi ditunjukkan pada grafik Gambar 9. Profil lapisan tanah diinterpretasikan dari korelasi nilai qc dan Fr, mengacu pada klasifikasi tanah Robertson, (1983) dalam Najooan, T.F dan Carlina S., (2006).

Pada lokasi uji CKJ-01 kedalaman tanah 0,20-3,5 m berupa pasir sedang, lanau lempungan dan lempung pasir. Harga hambatan konus (qc) umumnya berkisar 15-25 kg/cm². Kedalaman lebih dari 4 m berupa lempung lanauan, lanau pasir dan kadang dijumpai pasir kasar, hambatan konus (qc)>25 kg/cm². Pada lapisan berikutnya kedalaman >7 m adalah pasir lanauan berwarna abu-abu kecoklatan dengan harga hambatan konus (qc) > 70 kg/cm².



Gambar 8. Ploting tingkat potensi mengembang tanah (Gillott, 1968).



Gambar 9. Grafik uji sondir (*Cone Penetration Test, CPT*)

Lokasi CKJ-02, kedalaman 1 m dekat permukaan lapisan tanah berupa pasir sedang, lanauan diselingi lempung lunak, hambatan konus (q_c) bersisar 25-60 kg/cm^2 . Pada kedalaman 1-4,5 m, berupa lempung pasir sisipan pasir kasar, tidak kompak harga q_c 10-25 kg/cm^2 . Pada titik CKJ-03 lapisan tanah kedalaman hingga 6 m berupa lempung lanauan diselingi lanau lempungan dan lempung padat. Harga hambatan konus (q_c) 5-25 kg/cm^2 . Di bawah lapisan ini lanau pasir, pasir

padat dengan harga hambatan konus berkisar 30-50 kg/cm^2 . Kedalaman > 10 m terdapat lapisan kasar dengan $q_c > 100 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan pada CKJ-04 kedalaman 0,20-1,20 m berupa lempung padat hingga pasir, dengan q_c antara 30-50 kg/cm^2 . Kedalaman 2-5,5 m lapisan tanah berupa lempung lanauan dengan harga q_c antara 5-25 kg/cm^2 . Kedalaman >5,5 m didominasi tanah jenis lanau lempungan dan lempung pasir, padat dengan q_c antara 30-90 kg/cm^2 .

Tabel 1. Uji parameter kuat geser tanah residual

Kode Conto Tanah	CKJ-01	CKJ-02	CKJ-03	CKJ-04
Kedalaman conto (m)	0,60	1,20	1,50	0,90
Kohesi efektif, c' (kg/cm ²)	0.196-0.157	0.117-0.055	0.292 - 0,484	0.221-0.082
Sudut geser dalam efektif, ϕ' (.°)	14.3-30.5	16.96-34.62	17.48-23.65	14.09-26.28

Berdasarkan data uji CPT, maka stratifikasi lapisan tanah sebagai berikut: Lapisan permukaan berupa lapisan tanah lanau lempungan, lunak dengan ketebalan mencapai 3,5 m terutama pada lereng bagian atas. Lapisan berikutnya berupa tanah lanau pasiran dengan ketebalan mencapai 3,0 meter, dan lapisan bagian bawah berupa pasir padat yang diindikasikan sebagai breksi vulkanik.

Sifat Keteknikan Tanah

Uji kuat geser tanah dengan menggunakan *triaxial test* pada kondisi *CU (Consolidated Undrained)* diperoleh nilai sudut geser dalam tanah efektif (ϕ') dan kohesi tanah efektif (c') ditampilkan pada Tabel 1. Hasil uji memperlihatkan nilai kohesi tanah pelapukan breksi vulkanik cenderung menurun mengikuti kedalaman tanah.

Kohesi efektif (c') tanah terjadi peningkatan pada titik pengamatan CKJ-03 dari 0,292 kg/cm² di kedalaman 1 m menjadi 0,484 kg/cm² di kedalaman 1,5 m. Hal ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki kandungan lempung yang tinggi. Dari ploting kandungan lempung dengan indeks plastis menunjukkan dominasi jenis kaolinit. Sedangkan pada titik pengamatan CKJ-01, CKJ-02 dan CKJ-04, kohesi tanah menurun dari tertinggi 0,292 kg/cm² menjadi 0,055 kg/cm² terendah. Sementara itu sudut geser dalam tanah efektif (ϕ') diperoleh nilai antara 14,09°-34,62°. Perbedaan sudut geser dalam tanah dan kohesi tanah, disebabkan pelapukan batuan belum sempurna. Sementara itu dilokasi CKJ-03 hasil uji sondir, tanah didominasi lempung lanauan dengan harga $q_c < 25$ kg/cm² dan kemungkinan merupakan timbunan tanah akibat gerakan tanah.

Data uji sifat fisik, uji keteknikan dan uji sifat mekanik tanah residual pada lokasi penelitian (CKJ-01, CKJ-02, CKJ-03 dan CKJ-04), menunjukkan adanya lapisan tanah lunak yang dicirikan dengan $q_c < 25$ kg/cm². Kadar air tanah meningkat dari 45% di kedalaman 1,5 m menjadi 59,82% di kedalaman 2 m. Peningkatan kadar air tanah ini menyebabkan berat tanah bertambah

karena penjenruhan. Kondisi tersebut berimplikasi terhadap berkurangnya tegangan efektif butiran dan kohesi, mengakibatkan kuat geser menurun sehingga tanah mudah bergerak. Kerentanan terhadap gerakan tanah tersebut didukung pula oleh material tanah didominasi kandungan mineral jenis kaolinit, hasil uji pada tanah jenis lanau lempungan yang memiliki nilai kohesi efektif tanah (0,082-0,484 kg/cm²) termasuk kecil.

Berdasarkan analisis tersebut perbukitan di daerah Cikijing termasuk rentan terhadap gerakan tanah, terutama pada lereng tanah residual pelapukan batuan breksi vulkanik. Terdapat lapisan lunak di kedalaman 2-2,5 m terutama pada lereng bagian bawah yang dicirikan dengan hambatan konus (q_c) 5-25 kg/cm², perlu dibuat saluran air untuk mengurangi tingkat kejenuhan kandungan air. Pada lereng bagian atas, perbaikan lereng dapat dilakukan dengan menanam tumbuhan yang berakar serabut untuk memperkuat struktur tanah dan melindungi tanah dari bahaya erosi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji CPT dan uji sifat fisik dan keteknikan tanah di laboratorium dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Tanah residual pelapukan batuan breksi mempunyai ketebalan 1-1,6 m; dengan susunan tanah lempung, lanauan, pasir kasar dan batuan induk (breksi vulkanik), termasuk tanah anorganik, plastisitas rendah. Dominasi mineral kaolinit yang bersifat tidak ekspansif dan tingkat pengembangan rendah.
2. Uji CPT menunjukkan nilai tekanan konus rendah ($q_c < 25$ kg/cm²) dan nilai friction ratio ($f_r < 5\%$). Tekanan konus bertambah besar pada berbagai kedalaman yang bervariasi 2 hingga 3,5 m.
3. Sifat mekanik tanah memiliki nilai kohesi efektif termasuk rendah (0,082-0,484 kg/cm²) dan sudut geser efektif tinggi (14,09°-34,62°).

4. Hasil analisis menunjukkan bahwa daerah Cikijing termasuk rentan terhadap gerakan tanah, terutama pada lereng tanah residual dari hasil pelapukan batuan breksi vulkanik.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian. Ucapan terimakasih disampaikan juga kepada seluruh redaksi Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan serta rekan-rekan yang telah membantu sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM., 1992. Standart Test Methods for Classification of Soils for Engineering Purposes. 1992 Annual Books of ASTM Standart, vol. 04-08.
- ASTM International., 2004. ASTM D 3441-98 Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil: ASTM Book of Standards v. 04.08.
- Budhitrisna., 1986. Peta Geologi lembar Tasikmalaya, Jawa Barat, Skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Dearman, W.R. & Irfan, T.Y., 1978. Classification and index properties of weathered coarse-grained granites from south-west England. Proceedings of the Third International Congress International Association of Engineering Geology, 2, 119-130.
- Djuri., 1995. Peta Geologi lembar Arjawinangun, Jawa Barat, skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Gillott., 1968. Clay in Engineering Geology. Elsevier Publishing Company, 234 pp.
- Hardiyatmo, H.C., 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hirnawan, F., 1994. Kurva-kurva Regresi Hubungan Kadar Air dengan Daya Dukung Perlapisan Batuan Menurut Pertambahan Kedalaman Pada Musim Hujan dan Musim Kemarau (Studi Kasus Satuan Batulempung Dari Formasi Halang di Wangon, Cilacap, Jawa Tengah), Makalah PIT – IAGI, ke 23, Desember 1994.
- Hirnawan, F., 1999. Peningkatan Parameter Ketahanan Lempung Lapukan Breksi Vulkanik Oleh Peran Vegetasi, Teknologi Indonesia, Jilid XXII, No. 1 – 2, 1999
- Najoran. T.F dan Carlina S., 2006. Pedoman Penyelidikan Geoteknik Untuk Fondasi Bangunan Air (Pd T-05-2005-A). Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Rahardjo, P.P., 2005. Residual and Volcanics Soils for University Parahyangan Presentation. Proceeding of Parahyangan National Seminar. 2005, pp 11-18.
- Saroso. B.S., 2006. Geology and Landslide in Indonesia. Proceeding of National Seminar Slope Bandung 2002, pp 1-13
- Skempton, A, W., 1970. "The Consolidation of clays by Gravitational Compaction", Quarterley Journal of Engineering Geology, 373-411.
- Setiadji, P., Sadisun, I.A., dan Bandonoo., 2006. Pengamatan dan Pengujian dalam Karakterisasi Pelapukan Andesit di Purwakarta. Jurnal Geoaplika, Volume 1, Nomor 1, hal. 3-13.
- Tohari, A., Dwi Sarah, Eko Tri S., 2005. Studi pengaruh curah hujan terhadap gerakan tanah di Sumedang, Jawa Barat, Laporan Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI, Bandung.
- Wesley, L.D., 1977. Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Wibowo, YS., 2009. Karakterisasi Ketahanan Massa Tanah Residual Breksi Vulkanik Produk Gunung Ciremai Melalui Kajian Hubungan Antar Vaiabelnya. Thesis Magister Teknik Geologi, Universitas Pajajaran, Bandung (tidak dipublikasikan).