

Desain *cut slope chart* untuk evaluasi kestabilan lereng di atas badan jalan. Studi Kasus: Cinona, Cisolak dan Cijengkol, Kabupaten Bandung Barat , Jawa Barat

Cut slope design for slope stability evaluation above the roadway.

Case Study: Cinona, Cisolak and Cijengkol, Bandung Barat Regency, West Java

Arifan Jaya Syahbana, Adrin Tohari, Eko Soebowo, Dwi Sarah dan Khori Sugianti

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

Jln. Sangkuriang Bandung 40135

ABSTRAK

Topografi daerah Jawa Barat didominasi oleh perbukitan yang menyebabkan sering terjadinya peristiwa tanah longsor pada lereng potongan di atas badan jalan, terutama pada musim hujan. Banyaknya frekuensi bencana longsor di atas badan jalan telah menimbulkan kerugian fisik akibat kerusakan jalan dan kerugian ekonomis akibat terputusnya jalur transportasi. Untuk mengurangi kejadian bencana longsor di atas badan jalan, diperlukan pengetahuan tentang desain potongan lereng yang stabil berdasarkan kondisi sifat fisik, hidrologis dan keteknikan tanah setempat yang dapat dicapai dengan penyusunan desain *chart* lereng potongan (*cut slope chart*) yang tepat. Tulisan ini bertujuan untuk menghasilkan *chart* kestabilan lereng kupasan jalan dengan studi kasus di daerah Cinona, Cisolak, dan Cijengkol, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Metode penelitian yang dilakukan adalah investigasi geoteknik terdiri dari uji CPT dan bor tangan pada lereng-lereng tanah residual vulkanik, pengujian laboratorium sifat fisik, hidrologis, kuat geser tanah residual pemodelan numerik infiltrasi air hujan dan kestabilan lereng. Hasil penelitian menunjukkan *chart* kestabilan lereng kupasan pada badan jalan di lokasi penelitian mempunyai kecenderungan yang sama dimana angka aman menurun seiring dengan bertambahnya kejenuhan tanah lereng dan kemiringan lereng. Kemiringan lereng yang baik adalah tidak melebihi 45°. Hasil studi ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap desain lereng kupasan badan jalan yang tepat untuk dapat mengurangi berbagai kerugian ekonomis dan korban jiwa akibat longsor.

Kata kunci: badan jalan, *cut slope chart*, kestabilan lereng, tanah longsor

ABSTRACT

The topography of West Java is dominated by hills where many slope failures frequently take place on the road cut slopes particularly during the rainy season. The frequent road cut slope failures had caused physical and economical losses due to the disruption of transportation. In order to mitigate the events of slope failures above the roadway, it is important to understand the stable slope cut design based on the in situ physical, hydrological and engineering properties which can be achieved by composing the design cut slope chart. This paper aims to construct a cut slope chart for case study of Cinona, Cisolak, dan Cijengkol, West Bandung Regency, West Java. The methods employed in this study were geotechnical investigation consisted of Cone Penetration Test (CPT) and hand boring carried out

in the volcanic residual soil slopes, geotechnical laboratory analysis to obtain the physical, hydrological and shear strength properties of the residual soil and numerical modelling of coupling rain water infiltration and slope stability analyses. The results show that the cut slope charts for the road cut slopes in the study area show similar tendency of decreasing factor of safety along with the increasing slope saturation and inclination. The favorable slope inclination is not exceeding 45°. This study shall contribute to the appropriate design of road cut slope to minimize economic loss and casualties due to landslides/slope failures.

Keywords: road, cut slope chart, slope stability, landslide/slope failure

PENDAHULUAN

Permasalahan tanah longsor sering dijumpai pada area yang bertopografi terjal dan mempunyai curah hujan yang relatif tinggi. Provinsi Jawa Barat merupakan wilayah yang mempunyai karakteristik daerah rawan longsor (Suro-no, 2011). Kejadian tanah longsor dapat berupa longsor dalam atau longsor dangkal. Karakteristik longsor dangkal adalah terjadinya kegagalan kestabilan pada kedalaman sekitar 2-3 m (Hsin dr., 2006). Kejadian longsor dangkal inilah yang sering dijumpai di Provinsi Jawa Barat, yakni longsor tidak diakibatkan oleh meningkatnya muka air tanah melainkan karena terbentuknya zona penjenahan pada lapisan dekat muka tanah (Tohari dan Sarah, 2006 dan Tohari dr. 2006). Zona penjenahan ini terbentuk akibat hujan turun dengan waktu yang relatif lama dengan intensitas sedang-tinggi.

Provinsi Jawa Barat merupakan daerah yang menghubungkan ibu kota negara dengan provinsi lainnya di Pulau Jawa. Sehubungan dengan peran tersebut, maka sarana dan prasarana transportasi merupakan hal yang perlu diperhatikan. Karakteristik topografi daerah Jawa Barat yang didominasi oleh perbukitan menyebabkan banyak terjadinya peristiwa tanah longsor pada lereng potongan di atas badan jalan terutama pada musim hujan. Bencana

longsor di atas badan jalan telah banyak menimbulkan kerugian fisik akibat kerusakan jalan dan kerugian ekonomis akibat terputusnya jalur transportasi. Untuk mengurangi kejadian bencana longsor di atas badan jalan, diperlukan pengetahuan mengenai desain potongan lereng yang stabil berdasarkan kondisi sifat fisik, hidrologis dan keteknikan tanah setempat. Penyusunan grafik/*chart* kestabilan lereng kupasan (*cut slope stability chart*) dapat menjadi referensi pada pekerjaan lereng kupasan sehingga diharapkan dapat mengurangi kejadian longsor akibat kegagalan lereng.

Tulisan ini bertujuan untuk menghasilkan *chart* kestabilan lereng di atas badan jalan dengan studi kasus di daerah Cinona, Cisalak, dan Cijengkol, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Kabupaten Bandung Barat memiliki daerah rawan longsor yang cukup banyak, terdapat 14 kecamatan yang dikategorikan sebagai rawan longsor (Dishut Provinsi Jawa Barat, 2008) dan terdapat lebih dari 34 titik yang telah diidentifikasi rawan longsor (Republika Online, 2012). Sementara daerah studi kasus di Cinona, Cisalak dan Cijengkol berada pada jalur lintasan jalan tol Purbaleunyi yang merupakan jalur transportasi penting menghubungkan Jakarta dan Bandung. Investigasi geoteknik, pengujian laboratorium geoteknik dan pemodelan numerik telah dilakukan pada studi ini.

Pemodelan numerik infiltrasi air hujan dan kestabilan lereng telah dilakukan menggunakan perangkat lunak *SEEP/W* dan *SLOPE/W* untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng terhadap variasi rancangan geometri potongan lereng yang menjadi masukan pada penyusunan *chart* kestabilan lereng di atas badan jalan.

Geologi Regional dan Lokasi Penelitian

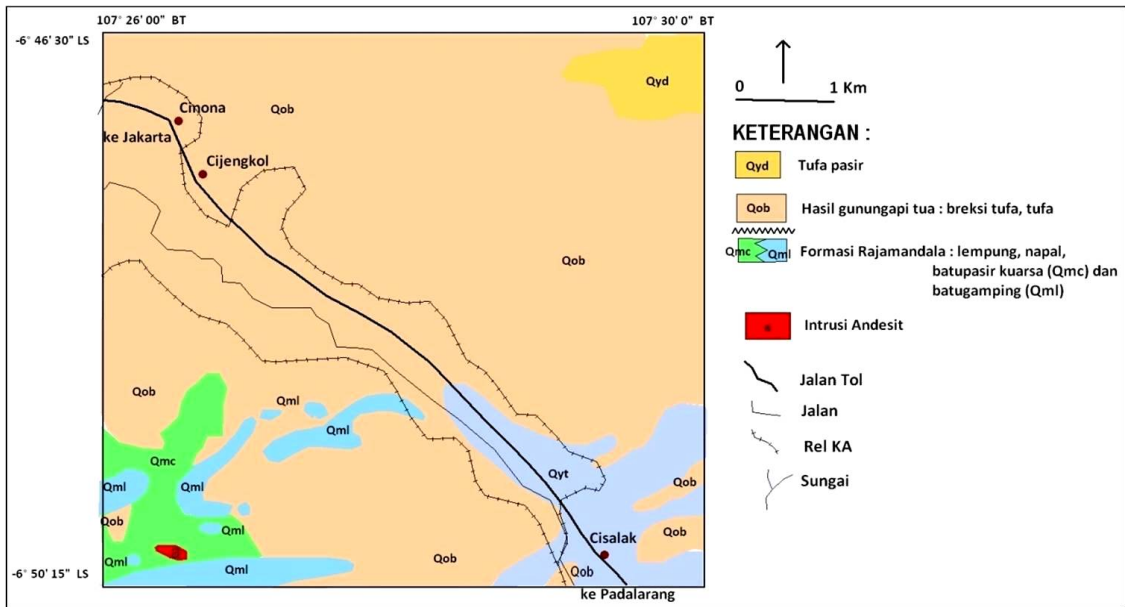
Tatanan fisiografi daerah Cisalak - Cijengkol - Cinona, Bandung Barat sekitarnya merupakan daerah transisi Zona Pegunungan Selatan - Zona Bogor (Bemmelen, 1949; Sampurno, 1975). Zona ini mempunyai ciri geologi dengan seri mulai batuan sedimen *marine Tersier*, batuan produk vulkanik hingga endapan aluvium. Daerah ini sebagian besar telah mengalami pelipatan cukup kuat dengan kemiringan perlapisan mencapai lebih > 25° dan di beberapa tempat terpotong oleh patahan mendatar, naik dan turun serta intrusi andesit.

Stratigrafi daerah Kabupaten Bandung Barat batuan yang tertua dimulai dari Formasi Jati-luhur (Mdm) terdiri dari napal dan batupasir yang berumur Miosen Awal, di atasnya menumpang secara selaras Formasi Subang (Msc) berupa batulempung dan napal. Ke arah atas terdapat Formasi Kaliwungu (Pk) terdiri dari batupasir, konglomerat, dan breksi. Selanjutnya Formasi Citalang (Pt) berupa napal tufaan. Di bagian selatan secara tidak selaras diendapkan batuan gunung api dan sedimen (Pb). Selanjutnya diendapkan sedimen kuartar menindih tidak selaras yang berupa hasil gunung api tua seperti batupasir tufaan, konglomerat (Qos), breksi tufa, tufa (Qob), dan produk vulkanik tak teruraikan (Qvu). Di atasnya secara tidak

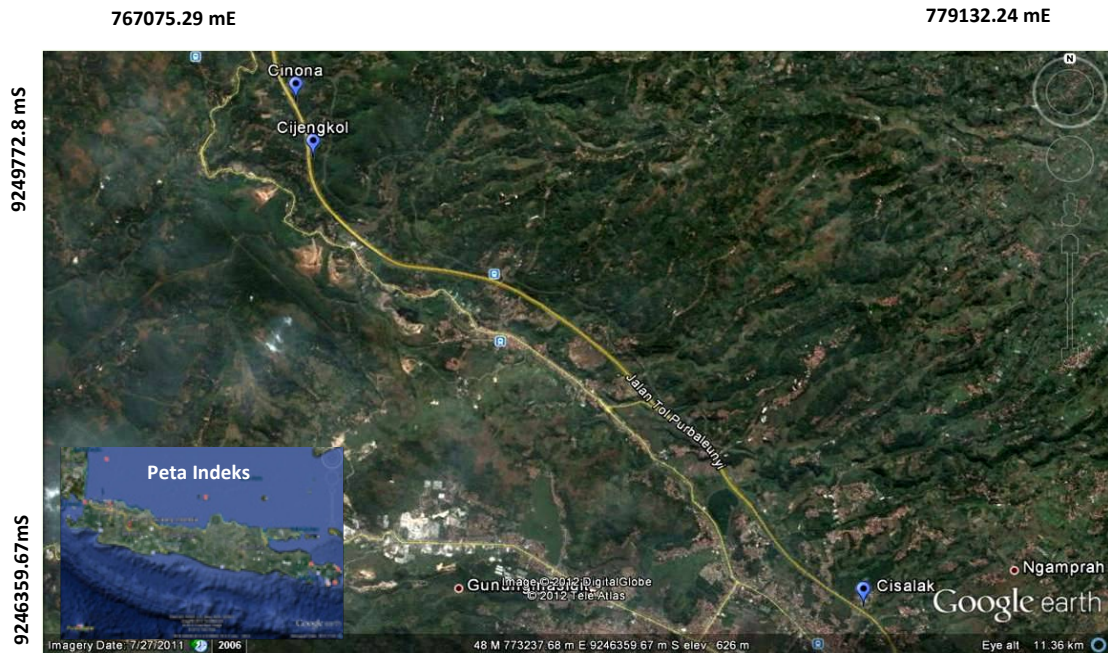
selaras hasil produk gunungapi muda seperti material tak teruraikan produk vulkanik muda (Qyu), tufa batu apung (Qyt), dan tufa pasir (Qyd). Selanjutnya diendapkan sedimen tidak selaras yang berupa endapan permukaan yang terdiri dari kolovium, endapan danau, dan aluvium yang terdiri dari lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal yang dijumpai pada lembah-lembah sungai. Pada daerah endapan vulkanik muda ini mempunyai sifat koheren, berpori, dan permeabel. Pada daerah pengujian CPT (Sondir) di Cisalak – Cinona, satuan batuan di bagian bawah - atas dicirikan oleh breksi tufa, tufa, lanau lempungan dengan ketebalan bervariasi, yang mempunyai sifat koheren, berpori, dan permeabel serta kondisi air tanah mempunyai kedalaman mulai 3-6 m bahkan ada yang lebih (Gambar 1). Stratigrafi daerah penelitian batuan yang tertua dimulai dari Formasi Rajamandala yang terdiri dari lempung, napal, batu pasir kuarsa (Qmc) dan Batu gamping (Qml) selanjutnya secara tidak selaras diendapkan batuan produk kuartar yang berupa hasil gunungapi tua Gunung Burangrang berupa breksi tufa, tufa (Qob) dan tufa pasir (Qyd). Penelitian dilaksanakan pada 3 titik yang terdapat pada wilayah Kabupaten Bandung Barat. (Gambar 2). Lokasi-lokasi tersebut dipilih berdasarkan batas administratif kabupaten/kota, sejarah longsoran dan ketinggian lereng yang berada di samping badan jalan (Tabel 1).

Metodologi

Metodologi pada penelitian ini terdiri atas investigasi lapangan untuk pengambilan data bawah permukaan, pengujian laboratorium mekanika tanah dan pemodelan numerik.



Gambar 1. Peta geologi daerah Padalarang – Subang – Cimahi, Jawa Barat (Silitonga, 1973 dan Sudjtmiko, 1972).



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

Tabel 1. Koordinat lokasi-lokasi penelitian

No	Kode	Koordinat	
		X	Y
1	CPTe-01, HA-01 (3). Kp.Cinona, Cipatat	769873	9249367
2	CPTe-06, HA-06 (1) Kp.Cijengkol, Nyalindung	770164	9248700
3	CPTe-06, HA-06 (3) Kp. Cisolak, Ngamprah, Km.119.6	776518	9243322

Pengambilan data bawah permukaan setempat dilakukan dengan melakukan uji CPTe (sondir elektrik) dan bor tangan (Gambar 3). Uji CPTe berhenti dilaksanakan apabila telah sampai pada kedalaman 30 m atau jika nilai tahanan konus, qc melebihi 30 MPa. Bor tangan dilakukan untuk mengambil sampel tak terganggu pada kedalaman tertentu yang diperkirakan sebagai lapisan bidang saampel tanah tak terganggu kemudian diuji di laboratorium mekanika tanah untuk mengetahui parameter keteknikannya yang menjadi masukan pada pemodelan numerik. Parameter keteknikan diambil pada ke-

dalaman 3-4 m. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa longsoran untuk daerah dengan karakter geologi di lokasi merupakan longsoran dangkal, yaitu longsoran dengan bidang gelincirnya di bawah 5 m. Rangkuman hasil pengujian di laboratorium mekanika tanah terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Masukan Pada Pemodelan Numerik

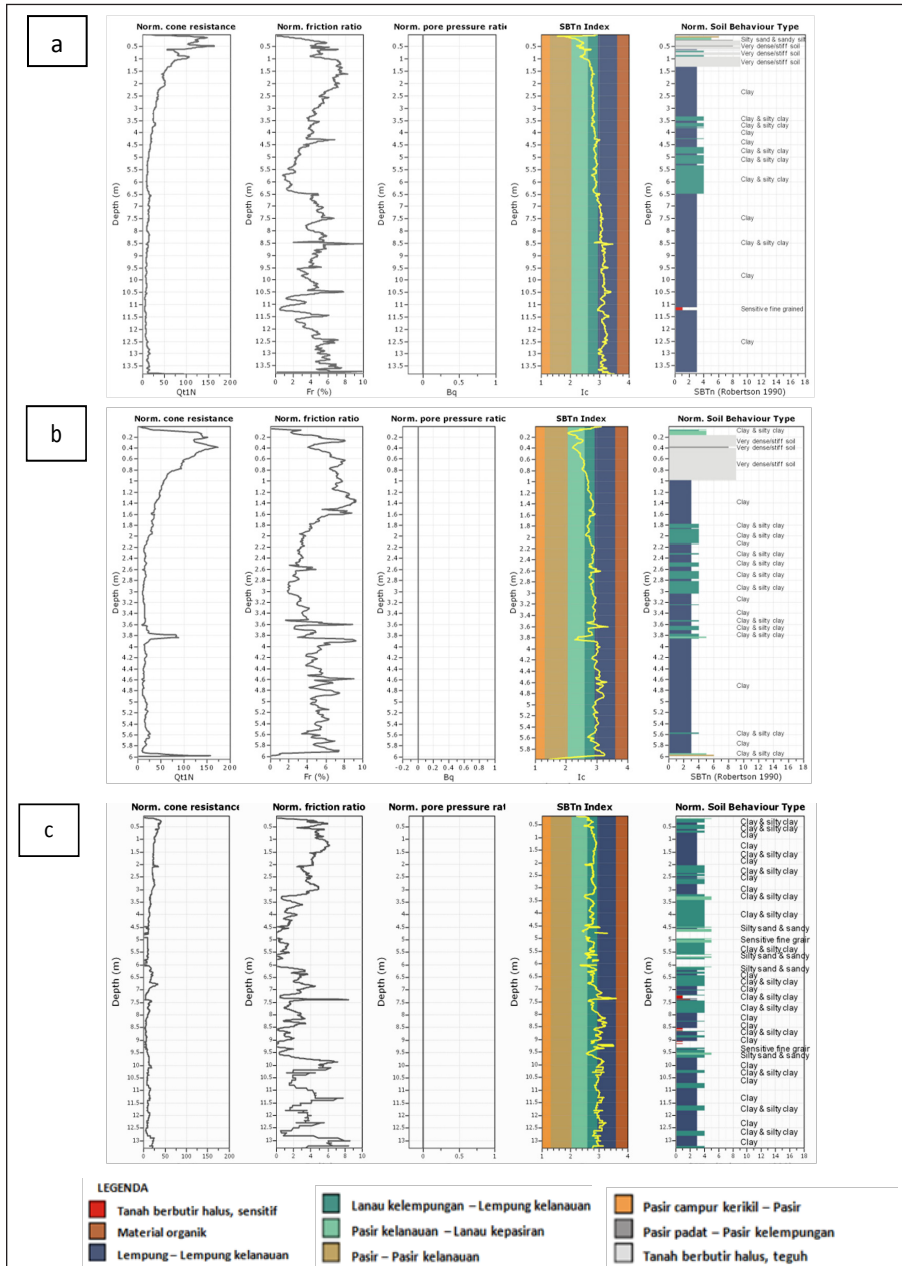
Kabupaten	Variabel
Kp. Cinona,	$k = 5,00 \times 10^{-7}$ m/s.
Kab. Bandung Barat.	Vol Water Content = 0,8261. $c' = 39,23$ kPa. $\varphi' = 18,183^\circ$. $\varphi_b = 10^\circ$. $\gamma = 17,84$ kN/m ³
Kedalaman 4 km	
Kp. Cijengkol,	$k = 4,56 \times 10^{-7}$ m/s. Vol
Kab. Bandung Barat.	Water Content = 0,85. $c' = 41,13$ kPa. $\varphi' = 15,66^\circ$. $\varphi_b = 10^\circ$. $\gamma = 16,78$ kN/m ³
Kedalaman 3 m	
Kp. Cisolak,	$k = 9,23 \times 10^{-6}$ m/s.
Kab. Bandung Barat.	Vol Water Content = 0,8593. $c' = 44,85$ kPa. $\varphi' = 15,66^\circ$. $\varphi_b = 10^\circ$. $\gamma = 16,06$ kN/m ³
Kedalaman 3,0 m	



Gambar 3. Pelaksanaan uji di lokasi Cinona (a) CPTe (b) Bor tangan.

Hasil interpretasi data CPTe (Gambar 4) di lokasi Cinona, Cijengkol dan Cislak menunjukkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman 6 - 13,5 m didominasi oleh tanah lempung dan lempung kelanauan yang merupakan hasil

pelapukan batuan breksi vulkanik, tufa pasir dan tufa dari Gunung Burangrang. Pada pemodelan numerik lereng tanah diasumsikan homogen yaitu lereng tanah lempung lanauan.



Gambar 4. Hasil Pengolahan data CPTe menggunakan CPeT-IT. (a) Cinona (b) Cislak (c) Cijengkol.

Pemodelan Numerik

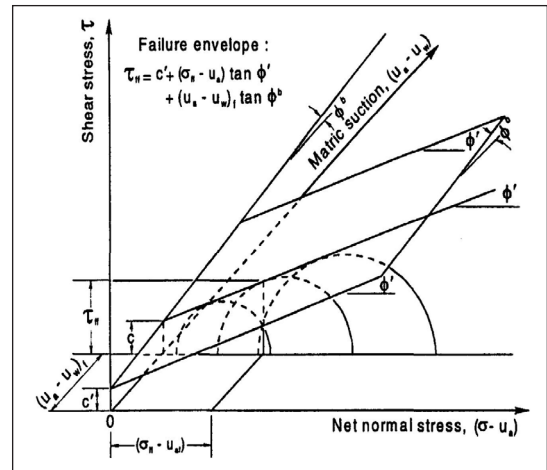
Pemodelan numerik dilakukan dengan menggabungkan analisis infiltrasi air tanah dan kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak *SEEP/W* dan *SLOPE/W* (Anonim, 2004). Lereng-lereng tanah residual vulkanik di daerah perbukitan umumnya berada dalam kondisi tak jenuh, dengan tingkat kestabilan lereng-lereng tanah tak jenuh sangat ditentukan oleh peranan tekanan air pori negatif (Fredlund dan Rahardjo, 1993). Pada musim hujan kondisi lereng residual ini rentan longsor disebabkan penjuhan akibat infiltrasi air hujan yang dapat menimbulkan terbentuknya muka air tanah terperangkap (*perched water table*) atau zona-zona tekanan air positif pada muka hingga kaki lereng. Pada kondisi tak jenuh, tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu air, udara dan padat. Fase ini mempengaruhi kekuatan geser tanah (Ho dan Fredlund, 1982). Infiltrasi hujan akan mengurangi tekanan air pori negatif tanah mengakibatkan berkurangnya kuat geser tanah. Penurunan kekuatan geser tanah selanjutnya dapat menimbulkan ketidakstabilan lereng. Persamaan kuat geser pada kondisi tak jenuh berbeda dengan keadaan jenuh dengan hadirnya parameter tekanan air pori negatif (*matrix suction*), sebagaimana berikut:

$$\hat{\sigma} = c + (\sigma - u_a) \tan \phi' + (u_a - u_w) \tan \phi^b \dots\dots(1)$$

dengan

- τ = tegangan geser (kPa)
- c' = kohesi efektif (kPa)
- ϕ' = sudut internal efektif ($^{\circ}$)
- u_a = tekanan udara (kPa)
- u_w = tekanan air pori (kPa)
- $(u_a - u_w)$ = *matrix suction* (kPa)
- ϕ^b = sudut internal akibat adanya *matrix suction* saat $(\sigma - u_a)$ konstan ($^{\circ}$)

Secara skematik persamaan tersebut tergambar dalam diagram Mohr- Coloumb untuk kondisi tanah tak jenuh (Gambar 5). Pada Gambar 5 terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya *matrix suction* akan berakibat pada meningkatnya tahanan geser tanah yang ditandai dengan membesarnya parameter c' dan ϕ' sehingga lereng menjadi lebih stabil, sebaliknya penurunan *matrix suction* akibat infiltrasi air hujan menyebabkan menurunnya kuat geser tanah dapat menimbulkan ketidakstabilan lereng.

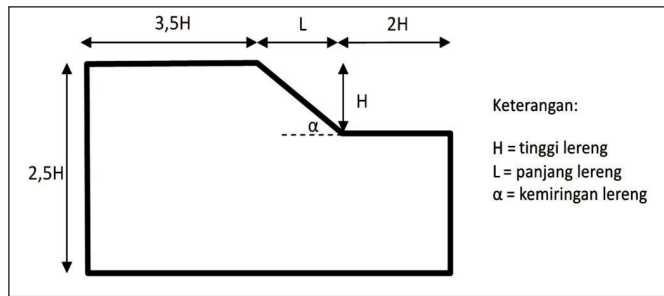


Gambar 5. Diagram Mohr Coulomb kondisi tanah tak jenuh (Fredlund dan Vanapalli, 2002).

Analisis pengaruh infiltrasi air hujan terhadap kestabilan lereng dapat dicapai dengan penggabungan analisis infiltrasi air hujan dan kestabilan lereng yang kemudian hasilnya digunakan dalam penyusunan *chart* kestabilan lereng kupasan. Kondisi pemodelan infiltrasi air hujan dan kestabilan lereng diuraikan sebagai berikut.

Geometri Model Lereng

Geometri model lereng yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 6. Variabel yang berubah



Gambar 6. Geometri pemodelan lereng.

pada model lereng tersebut adalah α (sudut) dan H (ketinggian). Sudut α yang disimulasikan sebesar 27° , 34° , 45° , dan 63° . Pemilihan sudut ini merupakan sudut lereng potongan yang umum ditemukan di lapangan pada lereng badan jalan. Variabel H digunakan sebesar 10 m, 20 m dan 30 m. Data karakteristik tanah pada simulasi ini menggunakan data lokasi Kp. Cinona, Kp. Cijengkol and Kp. Cisalak, Kabupaten Bandung Barat (Tabel 2).

Dengan geometri seperti pada Gambar 6, maka dibuat struktur lereng pada *SEEP/W* dan didesain dengan dua kondisi, yaitu kondisi tanpa infiltrasi hujan (*steady*) dan dengan hujan (*transient*). Kondisi dengan hujan inilah yang bisa membuat sistem lereng dalam keadaan jenuh atau tidak. Hal ini tergantung kepada curah hujan, tipe hujan turun dan lama turunnya. Pada simulasi *transient* kali ini didesain infiltrasi hujan dengan intensitas konstan sebesar $2,15 \times 10^{-6}$ m/s dan lama hujan 1 minggu. Hasil simulasi *steady* merupakan kondisi awal dari kondisi *transient*. Hasil dari *SEEP/W* adalah perkembangan tekanan air pori yang nantinya akan menjadi masukan pada *SLOPE/W*. Simulasi kali ini menggunakan data perkembangan tekanan air pori pada waktu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 hari. Pada simulasi menggunakan *SLOPE/W*, asumsi yang dipakai adalah bentuk longsor

berupa lingkaran dengan metode *General Limit Equilibrium* (GLE) yang mempertimbangkan kesetimbangan momen dan gaya. Kondisi asli daerah Cijengkol beserta contoh hasil pemodelan *coupling SEEP/W* dan *SLOPE/W* dapat diamati pada Gambar 7. Pada kondisi asli dapat diamati terdapat lapisan butir halus sensitif yang ditengarai sebagai bidang gelincir. Hal ini ditandai dengan kecilnya nilai hambatan samping dan tekanan ujung pada zona tersebut. Lapisan ini terdapat pada kedalaman sekitar 5 m. Kondisi inilah yang disimulasikan pada perangkat lunak *SLOPE/W* untuk memperkirakan bidang gelincir yang terbentuk. Muka air tanah dianggap dalam karena pada saat pengujian lapangan tidak dijumpai adanya indikasi muka air tanah pada batang sondir (CPTe).

Hasil dan Diskusi

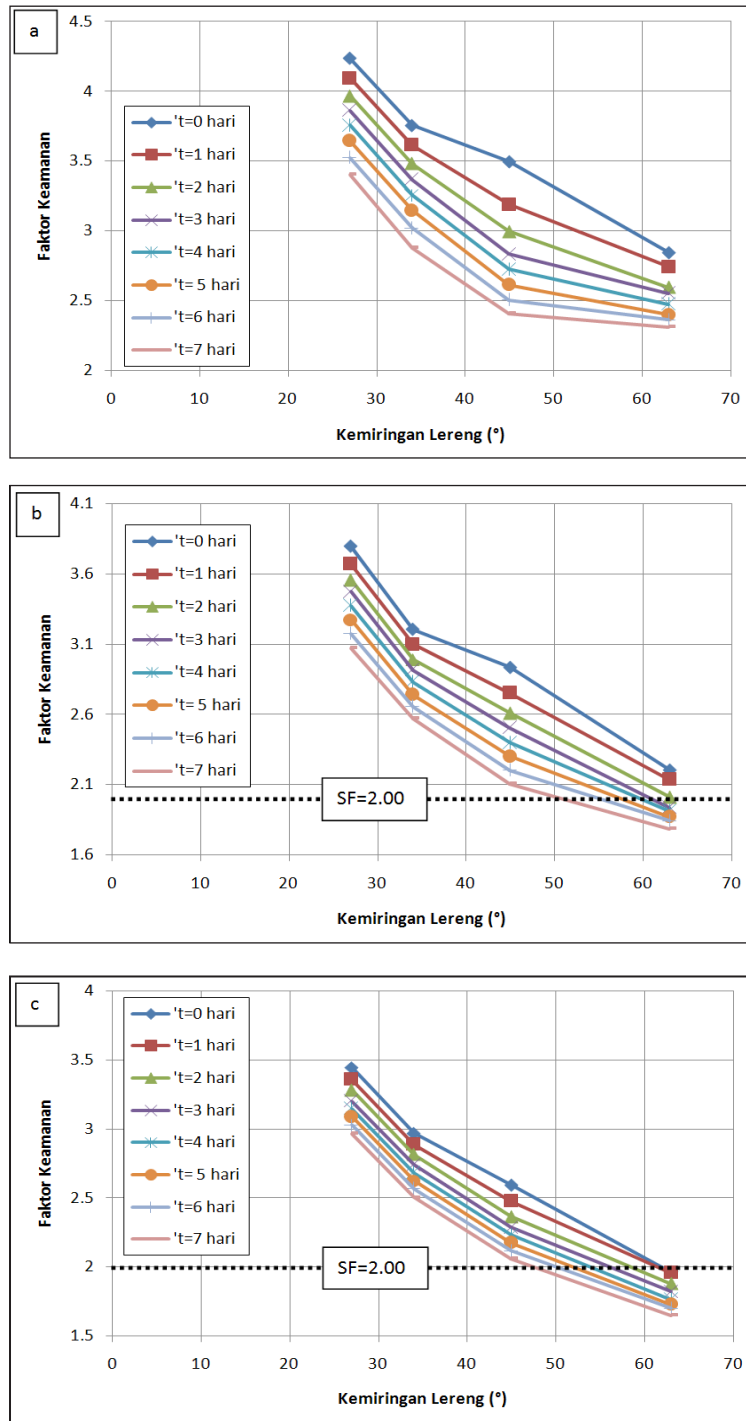
Pemodelan *coupling* analisis infiltrasi air hujan dan kestabilan lereng menghasilkan desain *Cut Slope Chart* untuk lereng Kp. Cinona, Kp. Cisalak dan Kp. Cijengkol seperti yang disajikan pada Gambar 8, 9, dan 10. Faktor keamanan sebesar 2,00 dirujuk sebagai ambang batas aman lereng untuk jalan raya dengan kondisi tidak dimonitor secara intensif (Abramson *et al.*, 1996).

Gambar 7a menunjukkan bahwa lereng Kam-pung Cinona dengan ketinggian 10 m me-miliki tingkat kestabilan yang tinggi (faktor keamanan, $F.K > 2,3$) pada kondisi variasi kemiringan lereng dan penjuanan akibat hu-jan selama 7 hari. Lereng dengan ketinggian 20 m dan 30 m dengan kemiringan 27-450 berada dalam kondisi aman dari kondisi awal (*steady state*) hingga kondisi penjuanan akibat hujan 1-7 hari (Gambar 7b dan c). Pada tinggi lereng 20 m dengan kemiringan 630, kondisi ambang batas aman terjadi dengan kondisi infiltrasi air hujan selama 2 hari ($F.K = 2,01$) dan nilai $F.K$ semakin menurun hingga infiltrasi air hujan berakhir pada hari ke 7 ($F.K = 1,78$) (Gambar 7b). Pada tinggi lereng 30 m, kondisi tidak aman ditemui pada kemiringan 630, yaitu pada kondisi tanpa infiltrasi air hujan ($t=0$, *steady state*, $F.K = 1,96$) dan semakin menurun pada kondisi infiltrasi air hujan hingga 7 hari ($F.K = 1,65$). Hal ini menunjukkan bahwa lereng setinggi 30 m kemiringan 630 sudah melewati ambang batas aman pada semua kondisi. Interpolasi pada *cut slope chart* (Gambar 7b dan 7c) menunjukkan bahwa kondisi tidak aman dimulai pada lereng dengan ketinggian 20 m, 50° dan 30 m, 47° setelah penjuanan akibat infiltrasi air hujan selama 7 hari.

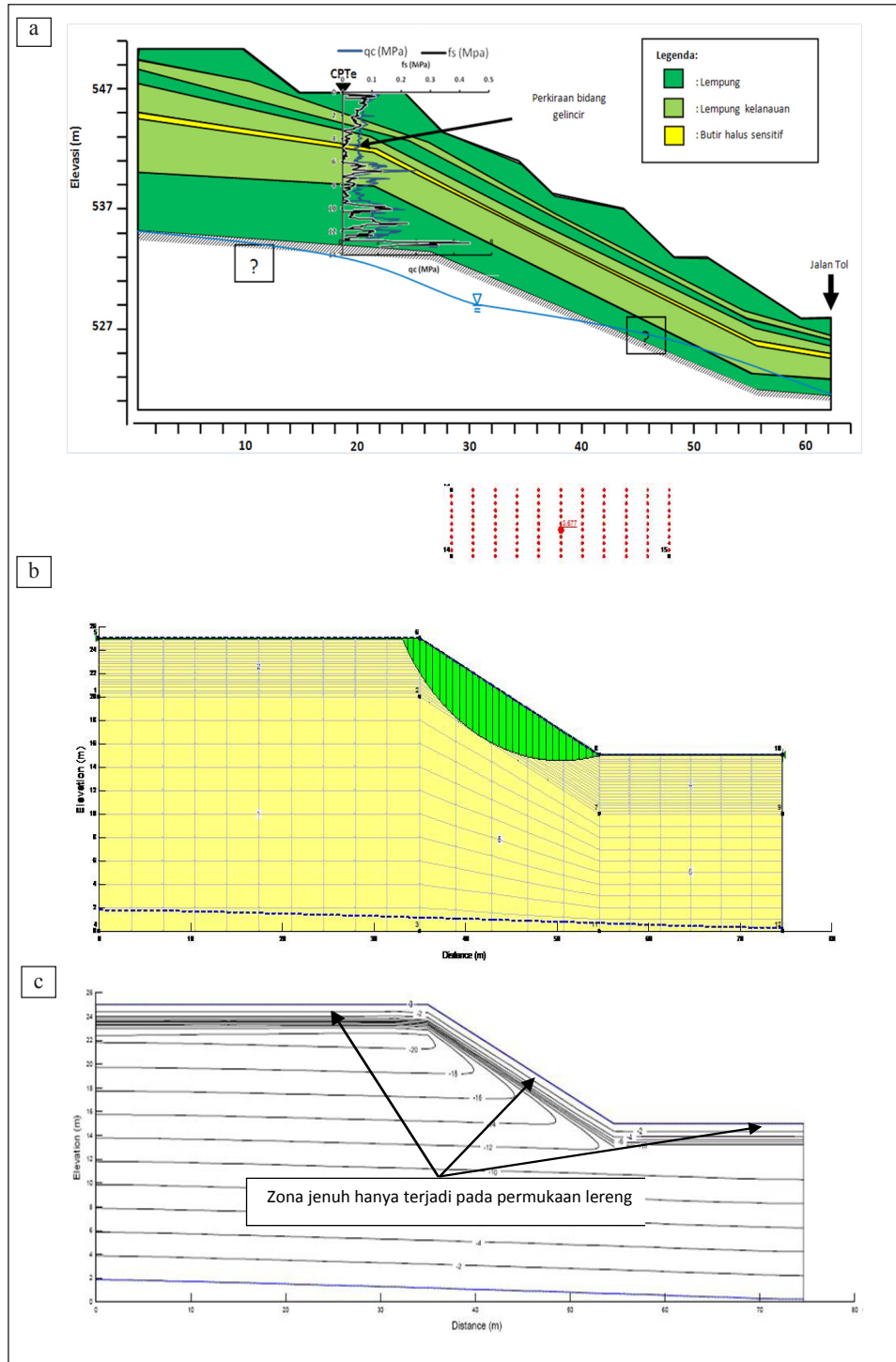
Gambar 9a, 9b dan 9c menunjukkan bahwa lereng Kp.Cijengkol pada kondisi hujan 0-7 hari pada ketinggian 10 m dan 20 m dengan variasi kemiringan lereng dan ketinggian 30 m den-gan sudut 23-450 berada dalam kondisi aman. Sementara kondisi tidak aman ditemui pada ketinggian 30 m dengan sudut 63°, ditandai dengan pengurangan nilai $F.K$ dari 1,98 hingga 1,88 pada penjuanan selama 3-7 hari (Gambar 9c). Interpolasi pada *cut slope chart* (Gambar 9c)

menunjukkan bahwa kondisi tidak aman mu-lai terjadi pada lereng dengan ketinggian 30 m, 540 setelah penjuanan akibat infiltrasi air hu-jan selama 7 hari. Gambar 10a menunjukkan bahwa lereng Cisalak dengan ketinggian 10 m dengan variasi kemiringan dan penjuanan lereng selama 0-7 hari berada dalam kondisi aman. Sementara kondisi tidak aman ditemui pada ketinggian lereng 20 m dan 30 m dengan kemiringan 630 pada kondisi penjuanan aki-bat infiltrasi air hujan selama 3-7 hari (Gambar 10b dan 10c). Interpolasi pada *cut slope chart* (Gambar 10b dan 10c) menunjukkan bahwa kondisi tidak aman dimulai pada lereng dengan ketinggian 20 m, 500 dan 30 m, 470 setelah penjuanan akibat infiltrasi air hujan selama 7 hari.

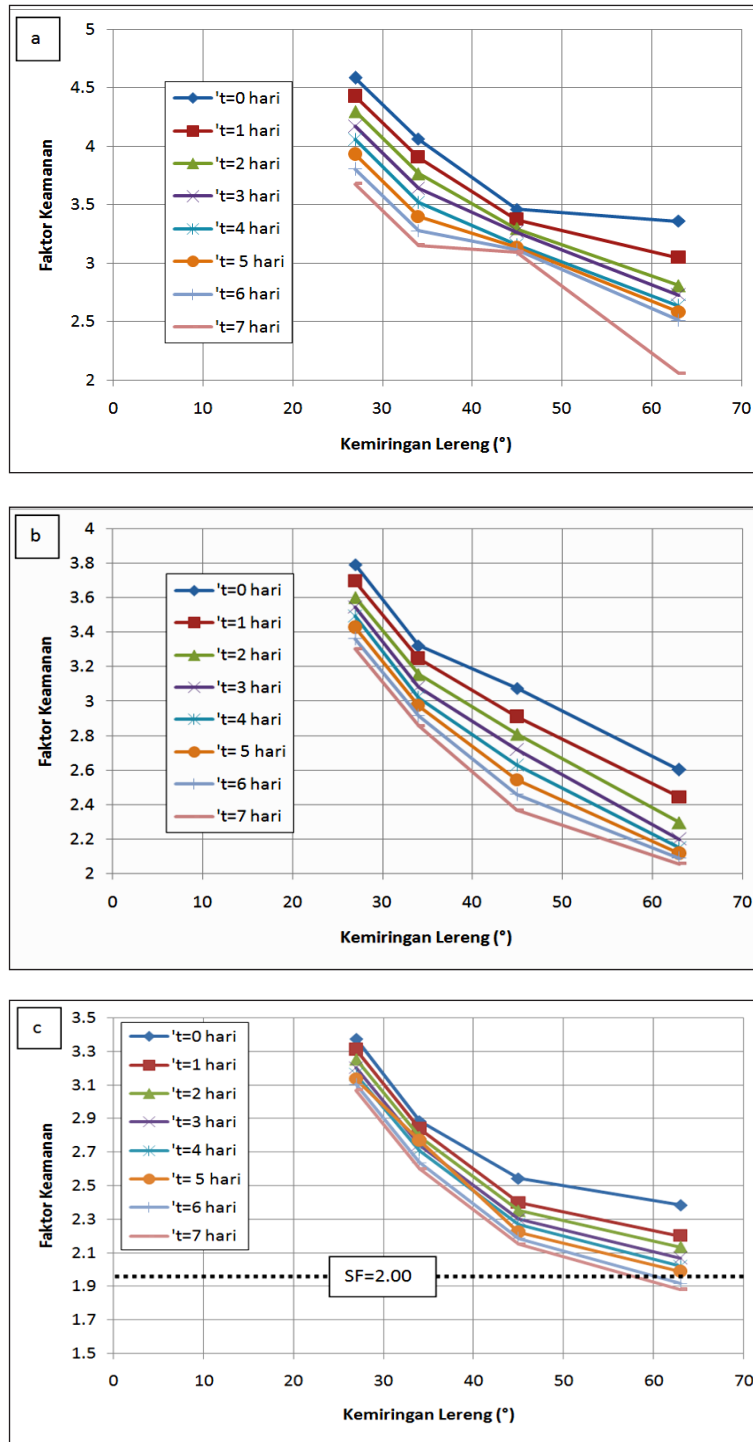
Hasil simulasi keseluruhan menunjukkan tidak dijumpainya kenaikan muka air tanah yang signifikan, yaitu yang melewati batas bidang gelincir (Gambar 7a). Pada sisi lain, infiltrasi air hujan hanya membuat zona jenuh yang dekat dengan permukaan tanah akibat fenomena penurunan tekanan air pori negatif tanah (*matric suction*), hal ini tampak pada Gambar 7b. Hasil simulasi di Cinona, Cijengkol dan Cisalak menunjukkan bahwa lereng ketinggian 10 m dengan variasi kemiringan berada dalam kondisi aman baik sebelum dan sesudah kondisi infiltrasi air hujan. Lereng Cijengkol pada ketinggian 10 m menghasilkan grafik yang begitu rapat pada sudut kemiringan 45° mengindikasikan bahwa penjuanan oleh infiltrasi air hujan tidak berimbas secara signifikan pada lereng, sehingga angka aman tidak berubah banyak. Kondisi ini diperkirakan karena nilai permeabilitas tanah di Cijengkol adalah paling kecil dibandingkan lokasi lainnya.



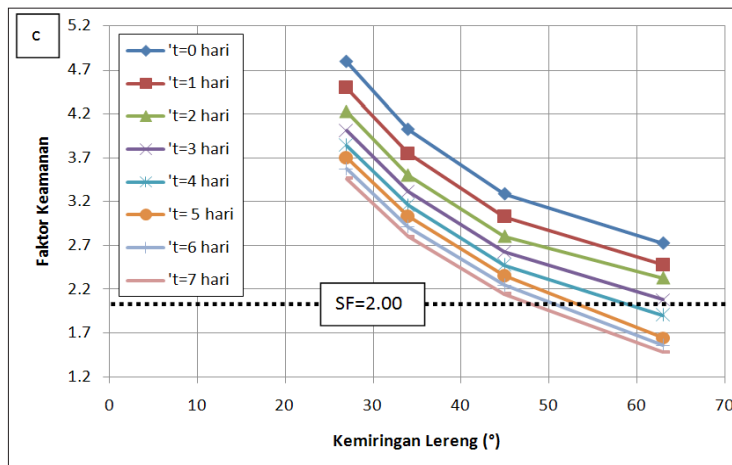
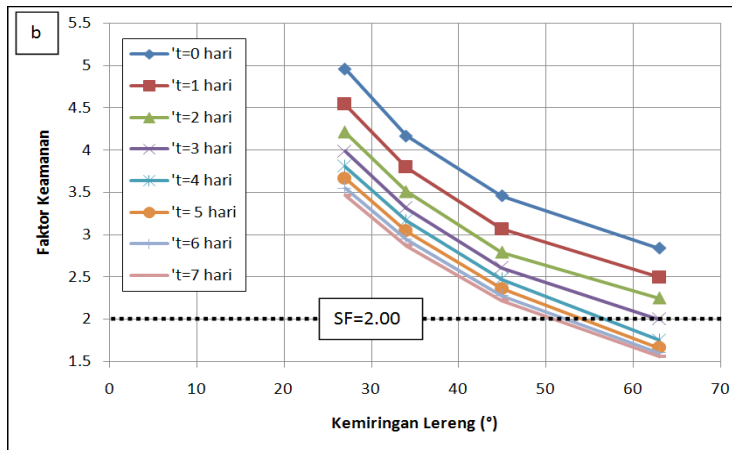
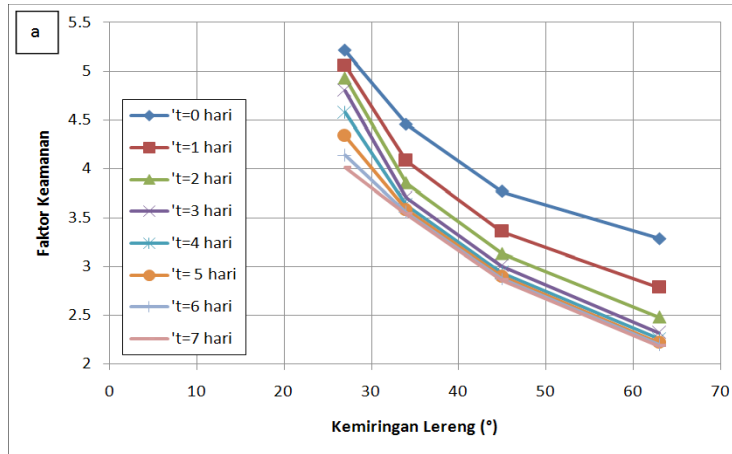
Gambar 7. Hasil Simulasi Kestabilan lereng dengan *coupling SLOPE/W* dan *SEEP/W* di Kampung Cijengkol Kabupaten Bandung Barat. (a) Lereng dengan H=10 m, (b) Lereng dengan H=20 m, (c) Lereng dengan H=30 m.



Gambar 8. (a) Kondisi asli daerah Cijengkol. (b) Hasil simulasi *coupling SEEP/W* dan *Slope/W* lokasi Cijengkol dengan ketinggian lereng 10 m dan sudut kemiringan 27° . (c) Pola kejenuhan lereng pada $t=168$ am.



Gambar 9. Hasil Simulasi Kestabilan lereng dengan *coupling SLOPE W* dan *SEEP W* di Kampung Cijengkol Kabupaten Bandung Barat. (a) Lereng dengan H=10 m, (b) Lereng dengan H=20 m, (c) Lereng dengan H=30 m.



Gambar 10. Hasil Simulasi Kestabilan lereng dengan *coupling SLOPE/W* dan *SEEP/W* di Kampung Cisolak Kabupaten Bandung Barat. (a) Lereng dengan H=10 m, (b) Lereng dengan H=20 m, (c) Lereng dengan H=30 m.

Sementara itu, penurunan angka aman yang jelas seiring dengan lamanya hujan turun tampak di Cinona dan Cisolak. Merujuk pada nilai keamanan lereng untuk jalan raya dengan kondisi tidak dimonitor secara intensif, maka untuk daerah Cijengkol, kondisi kritis ada pada kondisi jika lereng dirancang dengan ketinggian 30 m dan kemiringan lereng 54° ke atas. Untuk lokasi Cinona dan Cisolak ada kemiripan, yaitu lereng akan kritis jika dirancang dengan ketinggian 20 m dan kemiringan mulai 50° . Apabila ketinggian lereng 30 m akan mengalami kegagalan apabila dirancang dengan kemiringan sebesar 47° .

KESIMPULAN

Lereng di atas badan jalan pada lokasi penelitian umumnya tersusun oleh tanah residual vulkanik hasil pelapukan batuan breksi vulkanik, tufa pasir dan tufa Gunung Burangrang, dengan penurunan kestabilan yang dicerminkan dengan turunnya nilai faktor keamanan terjadi disebabkan oleh penjumlahan pada daerah muka lereng, bukan oleh meningkatnya muka air tanah *phreatik* (bebas).

Di antara semua lokasi infiltrasi air hujan memiliki pengaruh yang kecil terhadap kestabilan lereng Cijengkol yang ditandai dengan grafik nilai faktor keamanan pada desain *Cut Slope Chart* yang saling berimpit pada variasi kondisi pemodelan dibandingkan dengan hasil pada lereng Cinona dan Cisolak. Secara umum lereng dengan ketinggian 10 m untuk semua sudut kemiringan akan aman, akan tetapi mulai ketinggian 20 m akan ada kegagalan lereng dengan mengacu pada faktor keamanan 2,00 untuk kestabilan lereng yang tidak dipantau.

ACUAN

Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S., and Boyce, G.M., 1996, *Slope Stability and Stabilization Methods*, John Wiley & Sons, Inc, New York, p.342

Anonim, 2004, *Geostudio Tutorial, manual program Geostudio 2004*, Kanada

Bemmelen, V., 1949, *The Geology of Indonesia, Vol.1A, Second Edition*, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands, page 545 – 658.

Dishut Provinsi Jawa Barat 2008. 14 Kecamatan Rawan Longsor. <http://dishut.jabarprov.go.id/?mod=detilBerita&idMenuKiri=&idBerita=2819> [4 Januari 2008].

Fredlund D.G., and Rahardjo, H., 1993. *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. John Wiley & Sons, Inc, New York.

Fredlund, D.G., dan Vanapalli, S.K., 2002, *Shear Strength of Unsaturated Soils, Agronomy Soil Testing Manual*, Agronomy Society of America, p.4

Ho, D.Y.F dan Fredlund, D.G., 1982, *A Multistage Triaxial Test for Unsaturated Soil*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA

Hsin, F.Y., Po, H.C., Jin, F.C. dan Cheng, H.L., 2006, *Instability Of Unsaturated Soil Slopes Due To Infiltration*, International Symposium on Geohazards Mitigation Nov. 1, 2006, Tainan, Taiwan

Republika online, 2012, Ada 34 Titik Longsor di Bandung Barat. <http://www.republika.co.id/berita/nasional/jawa-barat-nasional/12/11/26/me2sfc-ada-34-titik-longsor-di-bandung-barat>. [26 November 2012]

Sampurno, 1976, *Geologi Daerah Tanah longsor Jawa Barat*, Geologi Indonesia, V 3(1), hal 45-52

Silitonga, P.H., 1973. *Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, skala 1:100.000*. Direktorat Geologi, Bandung

Sudjatmiko, 1972. *Peta Geologi Lembar Cianjur*,

Jawa, skala 1:100.000. Direktorat Geologi, Bandung

Surono, 2011, Faktor Kerentanan Gerakan Tanah Provinsi Jawa Barat, Presentasi disampaikan pada Workshop Pusat Penelitian Geoteknologi “Kerentanan Resiko Gerakan Tanah di Jawa Barat Terhadap Perubahan Iklim: Dari Ilmu Pengetahuan Menuju Kebijakan”, Bandung

Tohari, A., dan Sarah, D., 2006, Assessment of the Stability of Steep Volcanic Residual Soil Slopes under Rainfall infiltration, Jurnal Media Teknik Sipil,

Tahun ke-6, No. 2, 61-135.

Tohari, A., Soebowo, E., Rahardjo, P., Irianta, B., Daryono, M., Wardhana, D.D., Widodo dan Sukoco, 2006, Penelitian Kondisi Kestabilan Lereng Kupasan di Jalan Raya Cadas Pangeran, Desa Cigendel, Kecamatan Rancakalong, Kabupaten Sumedang, Laporan Teknis, Kegiatan Penelitian Pengkajian Teknologi Mitigasi Bencana, No.: 797D/IPK.1/OT/2006, Sub kegiatan 4977.0345, Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI.

