



REKAYASA LERENG DAN PERENCANAAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH DI SALAH SATU SEGMENT JALAN DAERAH CILETUH

Adytia Putra Pradana^{1*}, Zufialdi Zakaria², Dicky Muslim³
^{1, 2, 3} Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor

*Korespondensi: adytiapp@gmail.com

ABSTRAK

Ciletuh merupakan kawasan yang diyakini merupakan salah satu kawasan dengan batuan tertua di Jawa Barat. Kawasan ini berpotensi menjadi sebuah kawasan pariwisata dengan ciri khas geologinya yang unik dan telah diwujudkan dengan dibukanya Ciletuh Geopark. Tentunya hal ini cukup menarik perhatian karena diperlukan pembangunan infrastruktur-infrastruktur pendukung karena rentannya kawasan ini terhadap bencana alam. Penelitian ini bertujuan untuk membahas tentang (1) kestabilan lereng dan (2) perancangan dinding penahan tanah untuk penguatan lereng tersebut pada salah satu segmen jalan yang mengalami kelongsoran di Kawasan Ciletuh, Kecamatan Ciemas, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Analisis kestabilan lereng menggunakan Metode Irisan Bishop. Setelah itu dilakukan perancangan rekayasa lereng dengan terasering yang diperkuat dinding penahan tanah agar didapatkan desain lereng yang lebih aman dan optimal untuk mencegah kelongsoran terjadi kembali. Kemudian dinding penahan tanah dirancang sesuai dengan syarat kestabilan dinding penahan tanah terhadap pergeseran, penggulingan, dan kapasitas daya dukung tanahnya. Tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah dihitung dengan menggunakan Metode Rankine. Berdasarkan simulasi kestabilan lereng, faktor keamanan lereng LR-05A terhadap longsor didapatkan sebesar 1,183 – 0,543 (tidak stabil) tergantung kedalaman muka air tanahnya. Desain perbaikan lereng yang telah dilakukan dapat diaplikasikan jika tanah dasar dan tanah di belakang dinding penahan tanah diubah menjadi tanah urug non-koheusif karena kuat gesernya yang tidak terpengaruh oleh keadaan air tanah. Dengan digunakannya tanah urug non-koheusif pada tanah dasar dan tanah di belakang dinding penahan tanah, maka desain perbaikan lereng yang digunakan dan dinding penahan tanah stabil secara keseluruhan.

Kata kunci: Kestabilan Lereng, Angka Keamanan, Dinding Penahan Tanah, Longsor

ABSTRACT

Ciletuh is an area that is believed to be the one of the regions with the oldest rocks in West Java. This area has the potential to become a tourism area with unique geological characteristic and realized with the opening of Ciletuh Geopark. Surely this is can attract some interests because it requires the development of supporting infrastructures according to the regional vulnerability to natural disasters. This study intend to discuss about (1) stability of the slope, and (2) retaining wall design layout for reinforcing the slope on one of the road segment that encountered landslides at Ciletuh Area, Kecamatan Ciemas, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. The slope stability analysis is calculated using the Bishop Method. Thereafter, the slope design is engineered through terracing with retaining wall reinforcement in order to get optimized and safer slope to prevent the landslide to reoccur. Subsequently, retaining wall is designed in accordance with the terms stability of the retaining wall of the shift, overthrow, and the soil bearing capacity. The lateral soil pressure working on retaining wall is calculated using the Rankine Method. Based on the slope stability analysis, the safety factor of the slope is about 1,183 – 0,543 (unstable) depending on water surface level. The slope repair design can be applied if the base and rear soil of retaining wall changed to non-cohesive soil. With the use of non-cohesive soil at the base and rear of the retaining wall, the overall stability of the slope repair design and the retaining wall can be obtained.

Keywords: Slope stability, Ciletuh, Safety Factor, Retaining Wall, Landslide

1. PENDAHULUAN

Daerah Ciletuh merupakan satu-satunya kawasan dengan batuan tertua di Jawa Barat. Kawasan ini berpotensi menjadi sebuah kawasan pariwisata dengan ciri khas geologi-nya yang unik dan telah diwujudkan dengan dibukanya Ciletuh Geopark. Tentunya hal ini cukup menarik perhatian karena diperlukan pengelolaan lingkungan karena rentannya kawasan ini terhadap bencana alam.

Pertimbangan atau saran dari ahli geoteknik diperlukan sebelum tahapan konstruksi terhadap kondisi geoteknik dari daerah konstruksi. Hal ini diperlukan untuk mencegah terjadinya sesuatu seperti hancurnya bendungan akibat longsor disekitar lokasi pembangunan.

Dalam tahap lebih lanjut, untuk mendukung kestabilan lereng diperlukan suatu konstruksi berupa penguatan dinding penahan tanah (retaining wall). Dinding penahan tanah adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alami, menahan atau menopang timbunan tanah atau ongkolan material lainnya (Bowles, 1989, dalam Hakam, dkk., 2011).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka merupakan suatu hal yang penting untuk menganalisis dinding penahan tanah untuk mendukung kestabilan lereng agar dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya longsor. Hal ini melatarbelakangi penulis untuk melakukan analisis kestabilan lereng dan dinding penahan tanah untuk perkuatan lereng. Penelitian ini akan membahas mengenai : (1) Kestabilan lereng yang diteliti, (2) Pertimbangan desain perbaikan lereng dan desain dinding penahan tanah juga tanah urug yang digunakan. Dimana desain tersebut aman dari kelongsoran serta dinding penahan tanah yang digunakan untuk memperkuat lereng stabil terhadap penggulingan, pergeseran, dan keruntuhan kapasitas daya dukung tanahnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gerakan Tanah dan Longsoran

Kelongsoran pada umumnya antara lain disebabkan karena rendahnya kuat geser tanah pembentuk lereng, peningkatan beban luar atau

kondisi hidrolis dan tingginya kadar air (Setiawan, 2007, dalam Rusliansyah, 2013).

2.2. Analisis Kestabilan Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal (Putra, 2010).

Menurut Zakaria (2011), Faktor Keamanan (F) lereng tanah dapat dihitung dengan berbagai metode. Longsoran dengan bidang gelincir (slip surface), F dapat dihitung dengan metoda sayatan (slice method) menurut Fellenius atau Bishop.

Perhitungan faktor keamanan lereng alami nantinya perlu dibandingkan dengan faktor keamanan desain, sehingga besar kenaikan faktor keamanan dari kondisi alami sampai kondisi perbaikan desain dapat diukur (Zakaria, 2016).

Menurut Bowles (1989), faktor keamanan lereng stabil adalah $FK > 1,25$ dan Faktor keamanan lereng labil (tidak stabil) adalah $FK < 1,07$.

2.3. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah atau juga biasa disebut tembok penahan tanah adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak (Ramadhani, 2010).

Dinding penahan tanah yang digunakan harus stabil terhadap pergeseran, penggulingan, dan keruntuhan kapasitas daya dukung tanah. Nilai faktor aman terhadap penggulingan $> 1,5$, terhadap pergeseran $> 1,5$, dan terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung > 3 (Ramdhani, 2016).

3. METODE

3.1. Tahap Pengumpulan Data

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan bor tangan (hand auger) yang diambil ke dalam tabung Shelby. Sampel tanah yang dihasilkan merupakan sampel tanah tidak terganggu (undisturbed sample). Dalam uji laboratorium, sampel tanah tersebut diuji sifat fisik dan mekaniknya. Hasil sifat fisik dan mekanik yang didapatkan dari uji laboratorium

adalah bobot isi (γ), persentase ukuran butir dan persentase jumlah lempung, berat jenis (G_s), batas-batas Atterberg, kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ).

Pengukuran profil lereng dilakukan dengan kompas geologi dan pita ukur.

3.2. Tahap Analisis Data

Tahap analisis data ini meliputi simulasi kestabilan lereng, simulasi perbaikan desain lereng dan analisis kestabilan dinding penahan tanah yang digunakan.

3.2.1. Analisis Kestabilan Lereng

Desain profil lereng yang dibuat merupakan hasil pengukuran profil di lapangan dan digunakan sebagai bentuk dasar analisis kestabilan lereng. Dari semua data dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng yang didapat kemudian dilakukan analisis nilai faktor keamanan lereng (FK) dengan Metode Bishop. Persamaan dari Metode Bishop adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c' \Delta l \cos \alpha + (W - \mu \Delta l \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi')} \right]}{\sum W \sin \alpha}$$

Variasi kedalaman muka air tanah digunakan untuk mengetahui faktor keamanan lereng pada setiap kedalaman muka air tanah, dan apakah kedalaman muka air tanah merupakan faktor penyebab longsor. Dalam analisis digunakan bantuan program komputer Slide 6.0.

3.2.2. Simulasi Perbaikan Desain Lereng

Bagian ini bertujuan untuk menunjukkan desain profil lereng yang telah diperbaiki dan desain dinding penahan tanah yang digunakan. Perbaikan didesain dengan terasering dengan perkuatan dinding penahan tanah.

3.2.2.1. Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah

Bagian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas dinding penahan tanah yang digunakan dalam perbaikan lereng.

Besarnya gaya-gaya tekanan tanah pada dinding penahan tanah, dinyatakan oleh persamaan-persamaan sebagai berikut (Metode Rankine):

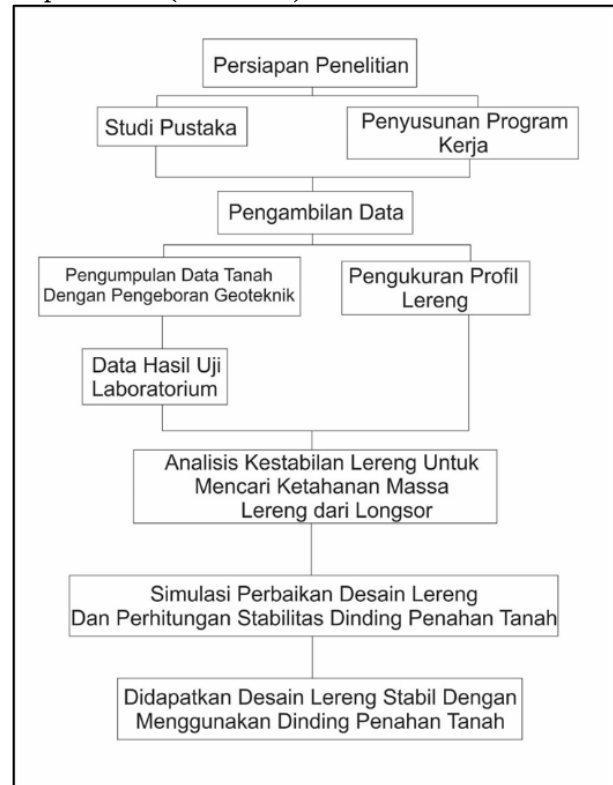
Tekanan tanah aktif total:

$$P_a = 0,5 \gamma H^2 K_a$$

Koefisien tekanan tanah aktif untuk tanah datar:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Proses-proses yang dilakukan sepanjang penelitian disajikan dalam diagram alir penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di salah satu segmen jalan pada daerah Ciletuh, Kecamatan Ciemas, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat.

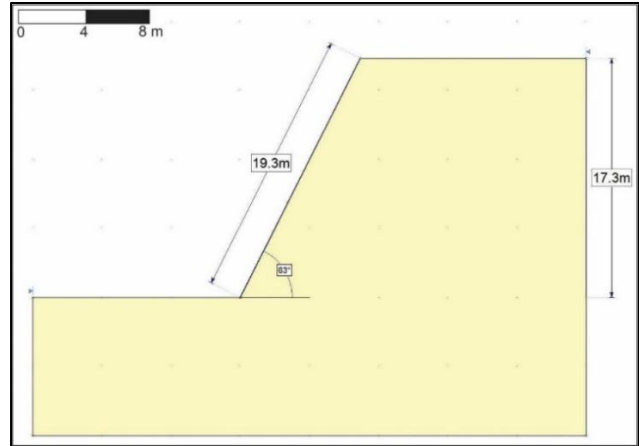
Lereng yang diteliti, yaitu LR-05A berada pada koordinat 106,499° BT dan 7,2444° LS (Gambar 2).



Gambar 2. Lereng LR-05A Yang Telah Mengalami Kelongsoran

4.1.2. Hasil Pengukuran Profil Lereng

Berdasarkan hasil pengukuran profil lereng, lereng LR-05A memiliki sudut longsor 63° , panjang bidang kemiringan lereng 19,3 meter dan lebar lereng 34,4 meter. Profil lereng ini dapat diilustrasikan sebagai berikut (Gambar 3).



Gambar 3. Ilustrasi Profil Lereng LR-05A

4.1.3. Data Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Berdasarkan sampel tidak terganggu (undisturbed sample) yang telah diambil, lereng LR-05A memiliki karakteristik (Tabel 1) :

Tabel 1. Rekapitulasi Data Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Sampel LR-05A

Bobot Isi (γ)	Berat Jenis (Gs)	Batas Cair	Batas Plastis	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)	Persentase Jumlah Lempung (lolos ayakan no.200)
(kN/m^3)		(%)	(%)	(kN/m^2)	($^\circ$)	(%)
17.864	2.625	48	27	33.354	32.1	31.05

Berdasarkan Unified Soil Classification System (USCS) (ASTM, 1985), jenis tanah dengan persentase lolos ayakan no.4 lebih dari 50% dan persentase lolos ayakan no.200 berkisar pada 12-50%, serta $PI > 0,73(LL-20)$ maka tanah ini berjenis tanah pasir berlempung (SC).

4.2. Pembahasan

4.2.1. Faktor Keamanan Lereng

Simulasi faktor keamanan dilakukan hingga dicapai faktor keamanan yang paling rendah agar didapatkan hasil yang pesimistis. Untuk mencapai kondisi tersebut dilakukan simulasi muka air tanah yang variatif, agar dapat diketahui perubahan nilai faktor keamanan untuk setiap elevasi muka air tanah dari yang terdalam hingga ke permukaan.

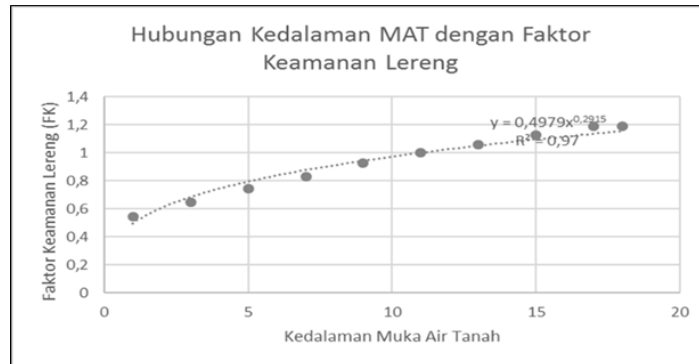
Berdasarkan simulasi kestabilan lereng dengan variasi muka air tanah, faktor keamanan lereng LR-05A adalah sebagai berikut (Tabel 2):

Tabel 2. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Lereng LR-05A Melalui Simulasi Kestabilan Lereng dengan Variasi Muka Air Tanah

Kedalaman MAT Dari Puncak Lereng (m)	Faktor Keamanan
18	1,193
17	1,193
15	1,128
13	1,060
11	1,002
9	0,927
7	0,831
5	0,742
3	0,646
0	0,543

Kenaikan muka air tanah menyebabkan turunnya faktor keamanan lereng yang semula memiliki nilai 1,193 (kedalaman muka air tanah 18 m) menjadi 0,543 (kedalaman muka air tanah 0 m). Hubungan antara kenaikan muka air tanah dengan faktor keamanan lereng LR-05A disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 4).

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin dalam muka air tanah maka semakin besar nilai faktor keamanannya, hubungan ini dapat dibuktikan dengan didapatnya nilai regresi sebesar $r = 0,97$ menandakan bahwa faktor keamanan lereng dipengaruhi secara besar oleh kedalaman muka air tanah, dan sisanya kemungkinan dipengaruhi oleh yang lain.



Gambar 4. Hubungan Antara Penurunan Muka Air Tanah dengan Faktor Keamanan Lereng LR-05A

4.2.2. Simulasi Perbaikan Desain Lereng LR-05A

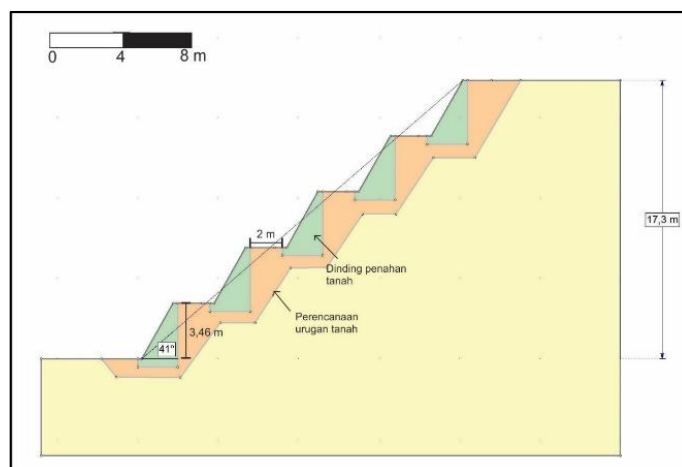
Kelongsoran lereng yang didapati di lapangan serta berdasarkan simulasi kestabilan lereng, lereng menunjukkan faktor keamanan tidak stabil ($F < 1,25$).

Pengujian kestabilan dinding penahan tanah tidak dilakukan dengan menggunakan tanah asli, melainkan menggunakan tanah urug non-kohef. Jenis tanah tersebut dipakai pada tanah di belakang dinding dan tanah dasar. Karena menurut Hardiyatmo, (2011), kuat geser tanah turun akibat naiknya kadar air untuk tanah berlempung, maka tekanan tanah lateral akan naik. Sebaliknya bahan granuler lebih

disarankan karena kuat geser material ini relatif tidak dipengaruhi oleh kadar air. Maka dari itu dilakukan pengujian dengan jenis tanah yang telah disebutkan di atas.

Tanah urug non-kohef dianggap memiliki bobot isi (γ) 19 kN/m³, kohesi (c) 0 kN/m², dan sudut geser dalam (ϕ) 35°.

Pada desain perbaikan lereng LR-05A ini dilakukan terasering lima tingkat. Setiap bench memiliki tinggi 3,46 m dan lebar bench adalah 2 m. Lereng secara keseluruhan memiliki kemiringan 41°. Permukaan lereng diperkuat dengan dinding penahan tanah gravitasi (Gambar 5).

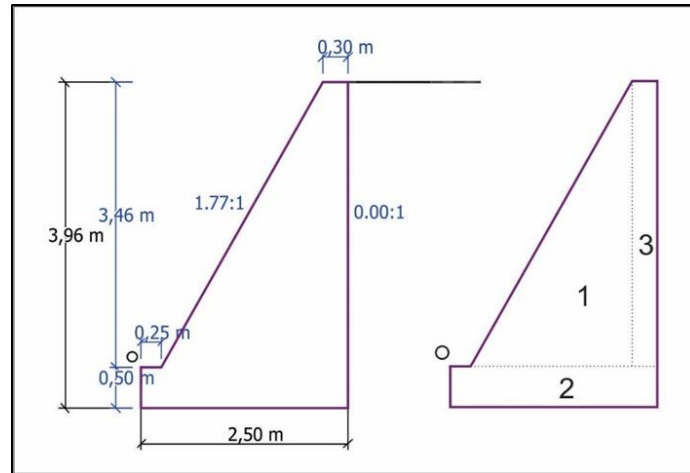


Gambar 5. Rancangan Desain Perbaikan Lereng LR-05A

4.2.2.1. Kestabilan dinding penahan tanah Desain Perbaikan Lereng LR-05A

Dinding penahan tanah ini berjenis dinding gravitasi dan dibuat dari material beton tak

bertulang dengan bobot isi beton 25 kN/m³. Penampang dan pembagian segmen dinding penahan tanah gravitasi pada desain perbaikan lereng LR05A dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampang dan Pembagian Segmen Dinding Penahan Tanah Pada Desain Perbaikan Lereng LR-05A

Dari Gambar 7 diperoleh :

H' = 3,96 m

H = 3,46 m

B = 2,5 m

Tinggi toe = 0,5 m

Panjang toe = 0,25 m

Hitungan beban dan gaya yang bekerja terhadap dinding penahan tanah diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Resume Beban dan Gaya yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah Gravitasi

Beban	Nilai Beban (kN)	Lengan Momen (m)	Mw (kN)	Mgl (kN)
Segmen 1	84,35	1,639	138,25	-
Segmen 2	31,25	1,25	39,063	-
Segmen 3	25,95	2,356	61,138	-
Pa	40,372	1,32	-	53,291
	$\sum W = 141,55 \text{ kN}$	$P_{tot} = 40,372 \text{ kN}$	$\sum Mw = 238,45 \text{ kN}$	$\sum Mgl = 53,291 \text{ kN}$

- Kestabilan Terhadap Pergeseran

Tahanan geser pada dinding sepanjang $B = 2,5$ m, dihitung dengan menganggap dasar dinding sangat kasar, sehingga sudut gesek $\delta = \phi$ tanah dasar dan adhesi $c_d = c$ tanah dasar :

$$R_h = C_d B + \sum W \tan \delta$$

$$R_h = (0 \times 2,5) + (141,55 \times \tan 35)$$

$$R_h = 95,114 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = \sum R_h / \sum P_h$$

$$F_{gs} = 95,114 / 40,372$$

$$F_{gs} = 2,455 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kestabilan Terhadap Penggulingan

$$F_{gl} = \sum M_w / \sum M_{gl}$$

$$F_{gl} = 238,45 / 53,291$$

$$F_{gl} = 4,474 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

- Kestabilan Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tanah

Kestabilan terhadap kapasitas daya dukung tanah perhitungannya dihitung dengan menggunakan persamaan Hansen (1970, dalam Hardiyatmo, 2011). Pada hitungan dianggap fondasi terletak di permukaan.

$$x_e = \frac{\sum M_w - \sum M_{gl}}{\sum W}$$

$$x_e = (238,45 - 53,291) / 141,55 = 1,308 \text{ m}$$

$$e = B/2 - x_e$$

$$e = (2,5/2) - 1,308 = 0 \text{ m} > B/6 \text{ (0,417 m)}$$

$$\text{Lebar efektif } B' = B - 2e = 2,5 - 0 = 2,5 \text{ m}$$

$$A' = B' \times 1 = 2,5 \text{ m}^2$$

Gaya horizontal $H = 40,372$ kN dan gaya vertikal $V = 141,55$ kN. Faktor kemiringan beban :

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5H}{V + A'c \text{ ctg } \phi} \right]^5$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5 \times 40,372}{141,55 + 2,5 \times 0 \times \text{ctg } 35} \right]^5 = 0,463$$

$$i_c = i_q - [(1 - i_q) / N_c \tan \phi]$$

$$i_c = 0,463 - [(1 - 0,463) / 46,12 \times \tan 35^\circ] = 0,446$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{0,7H}{V + A'c \text{ ctg } \phi} \right]^5$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{0,7 \times 40,372}{141,55 + 2,5 \times 0 \times \text{ctg } 35} \right]^5 = 0,329$$

Kapasitas daya dukung ultimit untuk fondasi di permukaan menurut Hansen ($D_f = 0$), faktor kedalaman $d_c, d_q, d_\gamma = 1$, faktor bentuk $s_c, s_q, s_\gamma = 1$. Untuk $\phi = 35^\circ$,

digunakan $N_q = 33,3$; $N_c = 46,12$; $N_\gamma = 37,15$.

$$q_u = i_c c N_c + i_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma$$

$$q_u = (0,446 \times 0 \times 46,12) + (0,329 \times 0,5 \times 2,5 \times 19 \times 37,15)$$

$$q_u = 290,28 \text{ kN/m}^2$$

Bila dihitung dengan berdasarkan lebar fondasi efektif, yaitu tekanan tanah dasar terbagi rata secara sama, maka :

$$q = \frac{V}{B'} = \frac{141,55}{2,5} = 56,62 \text{ kN/m}^2$$

Faktor keamanan terhadap kapasitas daya dukung tanah :

$$F = \frac{q_u}{q'} = \frac{290,28}{56,62} = 5,126 > 3 \text{ (Aman)}$$

- Kestabilan Lereng Keseluruhan

Berdasarkan simulasi kestabilan lereng dengan bantuan software, desain perbaikan lereng LR-05A dengan tanah urug non kohesif memiliki faktor keamanan bernilai 1,457, dimana lereng dengan desain ini stabil ($FK > 1,25$) dan sesuai dengan faktor keamanan yang diharapkan ($FK > 1,4$).

5. KESIMPULAN

Pada bagian ini disimpulkan hasil dari kajian dan pembahasan yang telah dilakukan :

1. Berdasarkan simulasi kestabilan lereng LR-05A yang dihitung dengan menggunakan metode Bishop, diperoleh faktor keamanan sebesar 1,193 untuk elevasi muka air tanah berada di bawah dasar lereng (kedalaman 18 m), dan sebesar 0,543 untuk elevasi muka air tanah berada di permukaan (kedalaman 0 m). Dari faktor keamanan yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa lereng LR-05A tidak stabil ($FK < 1,25$).

2. Berdasarkan perhitungan kestabilan dinding penahan tanah dengan tekanan lateral tanah dihitung dengan menggunakan metode Rankine, diperoleh faktor keamanan kestabilan dinding penahan tanah adalah sbb. kestabilan geser (F_{gs}) : $2,455 > 1,5$, kestabilan guling (F_{gl}) : $4,474 > 1,5$, kestabilan kapasitas daya dukung tanah : $5,126 > 3$, dan kestabilan lereng keseluruhan (FK) : $1,457 > 1,4$. Maka dari itu, desain perbaikan lereng diperkuat dinding penahan tanah gravitasi dengan

tanah dasar dan tanah di belakangnya merupakan tanah urug non-kohefif adalah kapabel dan dapat digunakan untuk perbaikan lereng. Hal ini disebabkan karena dengan digantinya jenis tanah dasar dan tanah dibelakang dinding menjadi tanah urug non-kohefif, tekanan lateral aktif tanah menjadi lebih kecil, lantas kestabilan dinding penahan tanah terhadap pergeseran, penggulingan, dan kapasitas daya dukung tanahnya, serta lereng yang diperkuat stabil secara keseluruhan, dapat dicapai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah mengizinkan penulis dalam melaksanakan dan menyelesaikan penelitian ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh jajaran Staff dan Dosen Laboratorium Geologi Teknik yang telah memberikan fasilitas dan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih juga kepada Prof. Ir. Mega Fatimah Rosana, M.Sc., Ph.D yang telah mengizinkan penulis untuk berpartisipasi dalam penelitian dalam lingkungan Ciletuh Geopark.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 2847-43, 1985. *Classification of Soils for Engineering Purposes* : Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia : ASTM
- Bowles, 1989. *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Penerbit Erlangga

- Hakam, 2011. *Studi Stabiitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Ruas Jalan Silaing Padang – Bukittinggi KM 64-500*. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 7, No.1, Februari 2011
- Hardiyatmo, 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi – I*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Putra, 2010. *Analisis Stabilitas Lereng Pada Badan Jalan dan Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah*. Jurnal Teknik Sipil Vol.14, No.1, Januari 2010
- Ramadhani, 2010. *Perencanaan Dinding Penahan Tiper Gravitasi Pada Lokasi Bukit BTN Teluk Palu Permai*. Jurnal SMARTek Vol. 8, No.1, Februari 2010
- Ramdhani, 2016. *Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Gempa Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Software Geoslope di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri*. e-Journal Matriks Teknik Sipil, Maret 2016
- Rudiansyah, 2013. *Identifikasi Longsoran Lereng di Ruas Bambang – Aji Kuning Kalimantan Timur KM 6+500 dan Penanganan Menggunakan Dinding Penahan Tanah*. Jurnal Info Teknik Volume 14, No.2, Desember 2013
- Zakaria, 2011. *Analisis Kestabilan Lereng*. Program Studi Teknik Geologi. Fakultas Teknik Geologi
- _____, 2016. *Beberapa Model Penelitian Kestabilan Lereng untuk Mahasiswa Program Sarjana*. Seminar Nasional Ke-III Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.