

TINJAUAN KESTABILAN PERKUATAN LERENG MENGUNAKAN DINDING KANTILEVER DAN DINDING GRAVITASI

Annisa Eka Liani¹, Indriati Martha Patuti^{2*}, Rifadli Bahsuan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author

ABSTRACT: Parts of Gorontalo are hills and mountains close to community settlements, which are prone to landslides. To do a research on literature review that analyzes slope reinforcement models, which will be taken into consideration for slope improvement steps in Gorontalo. Slope reinforcement includes retaining walls, gravity walls, cantilever walls and crib walls. This research discusses slope reinforcement models and their stability behavior analysis. Secondary data is in the form of research journals on slope reinforcement models. Calculation data that will be used as experimental data for modeling other retrofitting walls are obtained from the results of research from one of the reviewed journals, namely multilevel gravity walls. The wall that will be analyzed is the retaining wall of a multilevel cantilever type of wall. Analysis of active soil pressure using the Rankine method and slope stability analysis using the slice method which is carried out with the help of 2D Slide software. Based on the results of the stability analysis of slope reinforcement with the selection of stratified cantilever wall reinforcement, the value of the safety factor against sliding (F_{gs}) is $1.63 > 1.5$, the safety factor against overturning (F_{gt}) is $2.44 > 2.0$, the safety factor against the collapse of carrying capacity (F) is $8.49 > 3.0$, and the global safety factor value is $1.56 > 1.5$. The value of the safety factor for shifting and rolling has decreased by 1% and 20% respectively compared to the gravitational wall. In the wall bearing capacity, there was an increase of 31%. Changes that occur in the safety factor in cantilevered walls are caused by changing factors in the dimensions of the walls which affect the strength of the structure in the soil holding force and the type of working principle of the walls. As for the global slope stability analyzed, there was a decrease in the safety factor by 5% after changing the type of reinforcement, but it showed that the slope was still stable, because the cantilevered wall type has a slender front wall dimension compared to the gravity wall which is more resistant to the risk of lateral slope movement.

Keywords: Cantilever Wall, Slope Stability, Safety Factor

1. PENDAHULUAN

Beberapa wilayah di Indonesia umumnya memiliki topografi pegunungan dan perbukitan. Hal ini membuat di saat tertentu menjadikan masyarakat harus waspada akan ancaman bencana alam seperti longsor.

Sebagian wilayah Gorontalo merupakan perbukitan dan pegunungan yang beberapa wilayah tersebut dekat dengan pemukiman masyarakat. Beberapa bukit yang ada dan dekat dengan masyarakat material pembentuk lereng merupakan tanah dengan mineral kapur, menandakan sangat rentan akan terjadi longsor apalagi di musim hujan. Contoh kasus bencana ini, dapat dicegah dan diminimalisir kerusakannya dengan penambahan perkuatan lereng

Banyak jenis perkuatan lereng yang dapat diaplikasikan di Gorontalo, baik bahan bakunya dari alam maupun hasil pabrikasi, seperti dinding penahan tanah. Pemilihan jenis perkuatan ini berdasarkan kebutuhan efisien waktu dan biaya

pemasangan, fungsi perkuatan berdasarkan kondisi wilayah yang direncanakan.

Penelitian ini mengulas berbagai model-model perkuatan lereng, mulai dari lokasi dibangun perkuatan, jenis pemilihan perkuatan serta metode analisis untuk melihat amannya sebuah perkuatan. Perkuatan lereng ini melihat stabilitas lereng terhadap geser, guling dan kapasitas dukung lereng. Metode dalam menganalisis lereng yakni metode kesimbangan batas dan metode elemen hingga.

Berdasarkan latar belakang ini, maka perlu dilakukan penelitian tentang kajian literatur yang menganalisis tentang model-model perkuatan lereng, yang akan menjadi bahan pertimbangan untuk langkah perbaikan lereng yang ada di Gorontalo.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil tinjauan model-model perkuatan lereng berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang diulas dan dianalisa kembali perilaku lereng setelah diberi dinding kantilver dan dibandingkan dari model perkuatan yang telah ada.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Stabilitas terhadap Penggeseran

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), didefinisikan sebagai [1]:

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} = \frac{c_a B + W \cdot tg \delta_b}{P_{ah}} \geq 1.5 \quad (1)$$

dengan:

$\sum R_h$: tahanan dinding penahan tanah terhadap pergeseran (kN),

W : berat total dinding penahan tanah dan tanah di atas pelat (kN/m),

δ_b : sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi($^\circ$), $(1/3 - 2/3) \varphi$

C_a : ($a_d C$) adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m²),

c : kohesi tanah dasar (kN/m²),

a_d : faktor adhesi,

B : lebar pondasi (m),

$\sum P_h$: jumlah gaya-gaya horisontal (kN).

2.2 Stabilitas terhadap Penggulingan

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}), didefinisikan sebagai [1]:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 1.5 \quad (2)$$

dengan:

$\sum M_w$: momen yang melawan penggulingan (kN.m),

$\sum M_{gl}$: momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m),

$\sum M_w$: Wb_1 ,

$\sum M_{gl}$: $\sum P_{ah}l + \sum P_{av}B$,

$\sum P_{ah}$: jumlah gaya-gaya horisontal (kN),

$\sum P_{av}$: jumlah gaya-gaya vertikal (kN).

2.3 Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung

Persamaan Terzaghi untuk kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang dinyatakan dengan [1]:

$$q_u = cN_c + D_f N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma \quad (3)$$

dengan:

c : kohesi tanah (kN/m²),

D_f : kedalaman pondasi (m),

γ : berat volume tanah (kN/m³),

B : lebar pondasi didinding penahan tanah (m),

N_c, N_q, N_γ : faktor-faktor kapasitas Terzaghi.

Mencari faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai:

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3 \quad (4)$$

dengan:

q : tekanan akibat beban struktur (kN/m²).

2.4 Metode Keseimbangan Batas

Analisis stabilitas lereng dengan pendekatan metode keseimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan [2]. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan yang ditunjukkan pada persamaan [3]:

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (5)$$

$$\tau = c + \sigma \cdot tg \varphi \quad (6)$$

$$\tau_d = c_d + \sigma \cdot tg \varphi_d \quad (7)$$

dengan:

F : faktor aman,

φ : sudut gesek dalam tanah ($^\circ$),

σ : tegangan normal (kN/m²),

τ : kuat geser tanah (kN/m²),

c_d : kohesi tanah dasar yang terjadi (kN/m²),

φ_d : sudut gesek dalam yang terjadi ($^\circ$),

τ_d : kuat geser tanah yang terjadi (kN/m²).

Metode irisan secara umum didasarkan pada metode keseimbangan batas. Metode irisan cocok digunakan pada lereng dengan tanah non homogen. Beberapa metode yang umum digunakan untuk analisis dan kondisi keseimbangan statis dalam menentukan faktor aman dari lereng yakni metode Fellenius/Ordinary, Bishop's *simplified*, Spencer, dan Morgenstern-Price. Untuk analisis stabilitas lereng, nilai faktor aman yang umum disarankan lebih besar atau sama dengan 1,2 [3].

2.5 Dinding Kantilever

Tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah dapat dihitung dengan cara Rankine sebagai berikut [4]:

$$p_a = H' \gamma k_a \quad (8)$$

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (9)$$

dengan:

P_a : tekanan tanah aktif total (kN/m),

- K_a : koefisien tekanan aktif,
 H' : tinggi tanah urugan (m),
 γ : berat jenis tanah (kN/m^3).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berdasarkan dari penelitian yang telah ada yang berlokasi di Desa Tupa, Kecamatan Bulango Utara, Kabupaten Bone Bolango [5].



Gambar 1 Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Bahan penelitian berupa jurnal ilmiah yang membahas tentang perkuatan lereng dari dinding penahan tipe gravitasi. Data tanah diperoleh dari salah satu penelitian terdahulu yang digunakan untuk menganalisis kembali perilaku lereng dengan dinding kantilever bertingkat.

3.3 Metode Analisis

Data perhitungan yang akan dipakai sebagai data percobaan untuk pemodelan perkuatan dinding yang lain, didapat dari hasil penelitian dari salah satu jurnal yang diulas. Analisis data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Analisis tekanan tanah yang terjadi pada dinding penahan menggunakan metode Rankine.
2. Perhitungan kestabilan terhadap penggeseran (F_{gs}), penggulingan (F_{gl}), dan keruntuhan kapasitas dukung (F) dilakukan secara manual dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*.
3. Analisis kestabilan lereng secara global didasarkan pada konsep keseimbangan batas dengan bantuan perangkat lunak *Slide 2D*. Analisis faktor aman dilakukan dengan menggunakan metode irisan yaitu Fellenius/Ordinary, Bishop's *Simplified*, Spencer, dan GLE/Morgenstern-Price.
4. Hasil akhir berupa rangkuman nilai faktor aman dari analisis kembali dinding kantilever bertingkat yang akan dibandingkan dengan perkuatan dinding gravitasi bertingkat.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Tahap persiapan ini dimulai dengan menentukan topik dilanjutkan mengumpulkan teori-teori. Teori bersumber dari jurnal dan artikel ilmiah.
2. Data sekunder berupa jurnal penelitian yang membahas model-model perkuatan lereng.
3. Data tanah berasal dari salah satu penelitian yang terdahulu yang melakukan penelitian dinding gravitasi bertingkat, yang dianalisis kembali dengan model perkuatan lain, yaitu dinding kantilever bertingkat.
4. Tahap analisis data dengan sejumlah jurnal dikaji berdasarkan jenis perkuatan lereng yang digunakan, jenis longoran ataupun masalah yang terjadi, kemiringan lereng, material pembentuk lereng, hasil stabilitas lereng baik tanpa perkuatan maupun dengan perkuatan. Analisis kestabilan dinding kantilever bertingkat dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel* dan *Slide 2D*.
5. Analisis tekanan tanah yang dilakukan pada perencanaan dinding penahan kantilever bertingkat, analisis diperoleh tekanan tanah dengan menggunakan persamaan Rankine.
6. Analisis dinding penahan tanah untuk memperoleh faktor aman terhadap bahaya geser, guling dan keruntuhan kapasitas dukung dengan menggunakan persamaan Terzaghi.
7. Analisis faktor aman secara global pada lereng, yang menggunakan metode keseimbangan batas, dengan bantuan aplikasi *Slide 2D*.
8. Hasil akhir berupa rangkuman nilai faktor aman dari analisis kembali dinding kantilever bertingkat yang akan dibandingkan dengan perkuatan terdahulu yakni dinding gravitasi bertingkat.

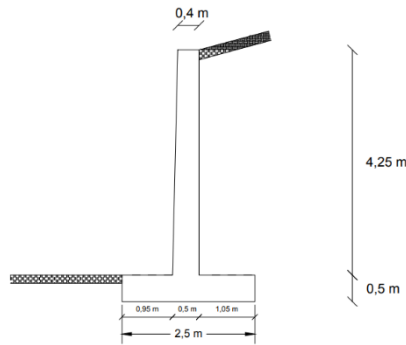
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi

Penelitian dilakukan di Desa Tupa, Kecamatan Bulango Utara. Patuti, dkk. (2019), menjelaskan kondisi lokasi penelitian, memiliki kondisi topografi lereng dengan kemiringan 56-140%. Lokasi penelitian, dilalui Sungai Bolango. Panjang lereng adalah 40 m. Adapun hasil pengamatan dan survei geologi permukaan di lokasi, menunjukkan kondisi geologi dengan batuan diorite dan granodiorit, secara terperinci terdapat batu diorit kuarsa, yang telah terjadi pelapukan dan mengakibatkan bencana longsor [6].

4.2 Perancangan Dinding Kantilever Bertingkat

Analisis terhadap kekuatan lereng dilakukan setelah adanya modifikasi terhadap dimensi kekuatan dan jenis kekuatan. Jumlah dari dinding kantilever yang dibuat bertingkat berjumlah 7 buah, dengan jarak antara dinding adalah 4 m yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Dimensi Dinding Kantilever

4.3 Karakteristik Tanah dan Dinding Penahan

Karakteristik tanah didapatkan dari penelitian sebelumnya dengan cara pengeboran manual di kaki lereng, di tengah lereng dan di puncak lereng dan diuji untuk mendapatkan parameter tanah. Parameter tanah yang didapatkan, yakni lereng dengan kondisi kering. Hasil dari pengeboran tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Properti Tanah

Material	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ	w (%)
Pasir Lanau	17,89	3,53	38	8,18
Diorit	25,17	130	31	0,81
Kuarsa				
Dinding Kantilver	24			

4.4 Analisis Stabilitas Dinding Kantilever

Dilakukan perhitungan tekanan tanah yang terjadi pada dinding penahan, lalu perhitungan dilakukan pada gaya dan momen yang bekerja pada dinding penahan. Tekanan tanah aktif total per meter:

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45 - \frac{38}{2} \right) = 0,24$$

$$p_a = 0,5 (H')^2 \gamma k_a$$

$$= 0,5 (4,77) (17,89) (0,24)$$

$$= 48,85 \text{ kN}$$

Komponen horisontal P_a yang bekerja pada dinding:

$$P_{ah} = 48,85 \times \cos 1^\circ = 48,85 \text{ kN}$$

Komponen vertikal P_a yang bekerja pada dinding:

$$P_{av} = 48,85 \times \sin 1^\circ = 0,85 \text{ kN}$$

a. Gaya vertikal dan gaya momen pada Dinding Kantilever:

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan, umumnya diambil per meter lebar. Hitungan gaya yang terjadi pada dinding kantilever ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2 Hitungan Gaya Vertikal dan Gaya Momen

No	Berat (kN)	Jarak dari O (m)	Momen ke O (kN.m)
1	0,5x0,1x4,25x24	1,017	5,185
2	0,4x4,25x24	1,250	51
3	2,5x0,5x24	1,250	37,5
4	1,05x4,27x17,89	1,975	158,41
Σ	156,11		252,009

b. Stabilitas terhadap Penggeseran

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum p_h}$$

$$= \frac{(2/3 \times 3,53 \times 2,5 + 155,73 + 0,85 \times \text{tg } 25,3)}{48,85}$$

$$= 1,63 \geq 1,5 \text{ (ok)}$$

c. Stabilitas terhadap Penggulingan

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} = \frac{156,11 \times 1,25}{48,85 \times 1,59 + 0,85 \times 2,5}$$

$$= 2,44 \geq 2,0 \text{ (ok)}$$

d. Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung

Letak resultan gaya-gaya dari titik O:

$$xe = \frac{(156,11 \times 1,25) - (48,85 \times 1,59 + 0,85 \times 2,5)}{156,11 + 0,85} = 0,73 \text{ m}$$

$$e = 2,5/2 - 0,73 = 0,52 \text{ m} > B/6 = 0,42 \text{ m}$$

$$qu = cN_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma$$

$$qu = 607,200 \text{ kN/m}^2$$

$$qun = 607,200 - (0,5 \times 17,8) = 598,255 \text{ kN/m}^2$$

$$qa = \frac{598,255}{3} = 199,418 \text{ kN/m}$$

Kapasitas dukung dinding maksimum:

$$q_{max} = \frac{2V}{3(B-2e)} \text{ bila } e > \frac{B}{6}$$

$$q_{max} = \frac{2 \times 157,09}{3 \times (2,5 - 2 \times 0,52)}$$

$$q_{max} = 71,506 \text{ kN/m}^2 < qa = 199,418 \text{ kN/m}^2$$

Faktor aman kapasitas dukung:

$$F = \frac{qu}{q} = \frac{607,200}{71,506} = 8,49 \geq 3 \text{ (ok)}$$

e. Stabilitas Lereng Secara Global dengan Metode GLE/Morgenstern-Price

Analisis untuk menghitung faktor aman pada lereng menggunakan metode keseimbangan batas dengan menggunakan metode GLE/Morgenstern-Price ditunjukkan pada Gambar 3. Analisis dibantu dengan aplikasi komputer yakni Slide 2D dengan hasil nilai faktor aman sebesar 1,56 > 1,5.

Rangkuman dari analisis perilaku lereng yang telah ditambahkan dinding penahan tanah berupa dinding kantilever bertingkat, ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Rangkuman Hasil Analisis Dinding Kantilever Bertingkat

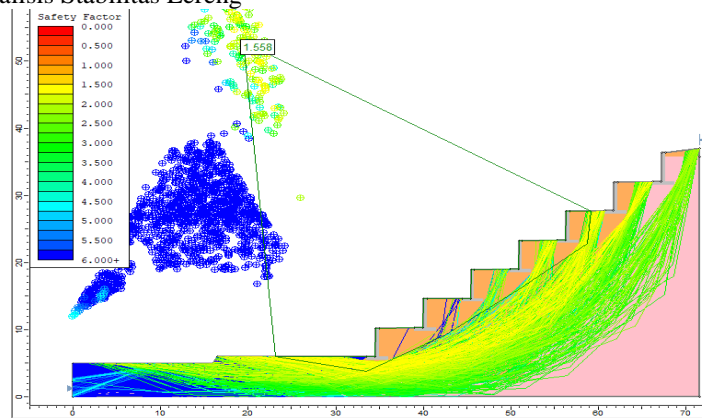
Analisis Stabilitas Lereng	Faktor Aman
Stabilitas Terhadap Penggeseran	1,63 > 1,5
Stabilitas Terhadap Penggulingan	2,44 > 2,0
Stabilitas Terhadap Keruntuhan	8,49 > 3,0
Kapasitas Dukung	
Stabilitas Lereng Secara Global (GLE/Morgenstern-Price)	1,56 > 1,5

Hasil analisis perkuatan lereng dengan dinding kantilever ditunjukkan pada Tabel 4. Perubahan terhadap faktor aman stabilitas penggeseran dan mengganti dinding penahan tanah, yakni dari dinding gravitasi bertingkat menjadi dinding kantilever bertingkat dibandingkan yang penggulingan terjadi penurunan masing-masing sebesar 1% dan 20%. Pada kapasitas dukung dinding terjadi peningkatan sebesar 31%. Adapun pada stabilitas lereng yang dianalisis terjadi penurunan faktor aman sebesar 5% setelah diganti jenis perkuatannya, tetapi menunjukkan lereng masih stabil. Perencanaan dinding kantilever bertingkat, diharapkan dapat menjadi langkah perbaikan lereng di Gorontalo.

Tabel 4 Perbandingan Perkuatan Lereng

Analisis Stabilitas Lereng	Faktor Aman	
	Dinding Gravitasi Bertingkat	Dinding Kantilever Bertingkat
Stabilitas Terhadap Penggeseran	1,65 > 1,5	1,63 > 1,5
Stabilitas Terhadap Penggulingan	3,06 > 2,0	2,44 > 2,0
Stabilitas Terhadap Keruntuhan	6,48 > 3,0	8,49 > 3,0
Kapasitas Dukung		
Stabilitas Lereng Secara Global (GLE/Morgenstern-Price)	1,64 > 1,5	1,56 > 1,5

f. Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng



Gambar 3 Stabilitas Lereng Menggunakan Slide 2D

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan berupa ulasan jurnal dan analisis lereng yang ditambahi perkuatan, dapat disimpulkan bahwa analisis stabilitas perkuatan lereng, dengan pemilihan perkuatan dinding kantilever bertingkat yang dianalisis dengan metode keseimbangan batas, menggunakan metode GLE/Morgenstern-Price menunjukkan lereng dalam kondisi stabil. Nilai faktor aman terhadap penggeseran sebesar $1,63 > 1,5$; nilai faktor aman terhadap penggulingan sebesar $2,44 > 2,0$; nilai faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung sebesar $8,49 > 3,0$; dan stabilitas lereng secara global sebesar $1,56 > 1,5$. Perubahan terhadap faktor aman stabilitas penggeseran dan penggulingan terjadi penurunan masing-masing sebesar 1% dan 20% dibandingkan dengan faktor aman pada lereng dengan perkuatan dinding gravitasi. Pada kapasitas dukung dinding terjadi peningkatan sebesar 31%. Perubahan yang terjadi pada faktor aman di dinding kantilever disebabkan oleh faktor berubahnya dimensi dinding yang mempengaruhi kekuatan struktur dalam gaya menahan tanah dan jenis prinsip kerja dinding.

Adapun pada stabilitas lereng yang dianalisis terjadi penurunan faktor aman sebesar 5% setelah diganti jenis perkuatannya, tetapi menunjukkan lereng masih stabil. Ini dikarenakan perkuatan jenis dinding kantilever memiliki dimensi dinding depan yang ramping dibanding dinding gravitasi yang lebih tahan akan resiko dari pergerakan lateral lereng.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Hardiyatmo, Analisis dan Perancangan Fondasi I, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2017.
- [2] L. W. Abramson, T. S. Lee, S. Sharma and G. M. Boyce, Slope Stability and Stabilization Methods, Canada: John Wiley & Sons, INC, 2002.
- [3] H. C. Hardiyatmo, Tanah Longsor dan Erosi Kejadian Dan Penanganan, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2012.
- [4] H. C. Hardiyatmo, Mekanika Tanah 2, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- [5] I. M. Patuti, A. Rifa'i, K. B. Suryolelono and S. Siswosukarto, "Numerical Analysis of Multi-Level Gravity Walls in Tupa Village, Bulango Utara-Bone Bolango District by Limit Equilibrium Methods," in *Third International Conference on Sustaibale Innovation 2019*, 2019.
- [6] I. M. Patuti, A. Rifa'i and K. B. Suryolelono, "Mechanism And Characteristics of The Landslides in Bone Bolango Regency, Gorontalo Province, Indonesia," *International Journal of GEOMATE*, vol. 12, no. 29, pp. 1-8, 2017.
- [7] F. Azizi, Applied Analyses in Geotechnics, New York: E & FN SPON, 2000.
- [8] D. H. Cornforth, Landslide in Practice, Canada: John Wiley & Sons, INC, 2005.
- [9] Y. Jalang, "Studi Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi pada Jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya Kecamatan Pujon Kabupaten Malang," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur*, vol. I, no. 1, pp. 221-225, 2018.
- [10] R. Jalla, "Design of Multiple Level Retaining Walls," *Journal of Architectural Engineering*, vol. V, no. 3, pp. 82-88, 1999.
- [11] I. F. Nenohai, N. Rasidi and I. Hanggara, "Perencanaan Perkuatan Tebing pada Ruas Jalan Malang-Kediri Sta (30km) dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever di Desa Kawaden, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang," *eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, vol. I, no. 2, pp. 1-8, 2017.
- [12] I. M. Patuti, A. Rifa'i, K. B. Suryolelono and S. Siswosukarto, "Numerical Analysis of Multi-Level Gravity Walls in Tupa Village, Bulango Utara-Bone Bolango District by Limit Equilibrium Methods," in *Third International Conference on Sustaibale Innovation 2019*, 2019.
- [13] I. M. Patuti, A. Rifa'i, K. B. Suryolelono and S. Siswosukarto, "Model of Timber Crib Walls Using Counterweight in Bone Bolango Regency Gorontalo Province Indonesia," in *International Review of Civil Engineering*, 2018.
- [14] F. Achmad, D. M. Harmain and F. Husnan, "Tinjauan Longsoran pada Ruas Gorontalo Outer Ring Road (GORR) Km 4+650 – 4+800," in *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, Depok, 2019.
- [15] H. C. Hardiyatmo, Analisis dan Perancangan Fondasi II, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2015.
- [16] E. S. Wagola and M. Rasyid, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever pada Landfill TPA Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku," *Rekaya Sipil*, vol. XIV, no. 1, pp. 70-74, 2020.

Copyright © Composite Journal. All rights reserved,
including the making of copies unless permission is
obtained from the copyright proprietors.
