

**ANALISIS PEMBUATAN DINDING PENAHAN TANAH PADA
LERENG JALAN RAYA ENDE – NANGAPANDA
KAB. ENDE**

JURNAL



Oleh :

**KONSTANTINUS RANI KOTA
NIM : 2008520021**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI**

2013

LEMBAR PERSETUJUAN JURNAL SKRIPSI ATAS NAMA

**KONSTANTINUS RANI KOTA
NIM : 2008520021**

JUDUL

**ANALISIS PEMBUATAN DINDING PENAHAN TANAH PADA
LERENG JALAN RAYA ENDE – NANGAPANDA KAB. ENDE**

Dasen Pembimbing I : Galih Damar Pandulu,ST.,MT _____

Dosen Pembimbing II : Kiki Farida Sulistiyani, ST., MT _____

ANALISIS PEMBUATAN DINDING PENAHAN TANAH PADA LERENG JALAN RAYA ENDE – NANGAPANDA KAB. ENDE

Konstantinus Rani Kota

Jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang
Jl.Telaga Warna Tlogomas Malang, 65114, Indonesia

Telp. 0341-565500; fax 0341-565522

Email : Oman_sora@yahoo.com

ABSTRAK

Kelongsoran pada umumnya antara lain disebabkan karena rendahnya kuat geser tanah pembentuk lereng, peningkatan beban luar atau kondisi hidrolis dan tingginya kadar air. Penelitian ini untuk mengetahui perubahan sifat fisik dan mekanik tanah akibat pembasahan antara lain perubahan nilai kadar air (w), derajat kejenuhan (S_r), kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ) pada tanah berlanau dengan kondisi kadar air awal tertentu dan bagaimana pengaruhnya terhadap potensi kelongsoran, melihat pengaruh variasi geometri lereng baik variasi kemiringan maupun variasi tinggi lereng terhadap perubahan nilai faktor keamanan (SF) akibat perubahan parameter-parameter tanah tersebut.

Analisa data yang dilakukan didasarkan pada rumusan coulomb. Dinding penahan tanah dapat dikatakan stabil, apabila angka keamanan yang diperoleh di atas batas yang diambil. Stabilitas dinding penahan tanah dapat dinyatakan dengan nilai F_s (faktor keamanan). Nilai faktor keamanan yang ditinjau adalah F_s *Overtuning* yaitu faktor keamanan terhadap gaya guling, F_s *Slading* adalah faktor keamanan terhadap geser pada dasar dinding penahan tanah, F_s *bearing capacity* adalah faktor keamanan terhadap daya dukung.

Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisa stabilitas dinding gravitasi dan mendisain dimensi yang aman terhadap beban statis dan dinamis. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa dinding gravitasi tersebut, dengan dimensi $H = 9,65$ m, $B = 5,79$ m, $T_a = 1$ m, $T_b = 4,5$ m aman karena nilai stabilitasnya sesuai dengan yang disyaratkan, yaitu sebesar F_s guling = 2,40, F_s Geser = 1,81, F_s daya dukung = 0.84.

Kata Kunci : Analisis, Dinding Penahan Gravitasi, Dimensi

ANALISIS PEMBUATAN DINDING PENAHAN TANAH PADA LERENG JALAN RAYA ENDE – NANGAPANDA KAB. ENDE

Konstantinus Rani Kota

Jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang
Jl.Telaga Warna Tlogomas Malang, 65114, Indonesia

Telp. 0341-565500; fax 0341-565522

Email : Oman_sora@yahoo.com

ABSTRACT

Slide in general for example caused by to lower strong him shift land;ground pembentuk of bevel, make-up of external burden or condition of water rate height and hidrolis. This research to know denaturing of land;ground mechanic and physical effect of drenching for example change of water rate value (w), degree of saturation (Sr), cohesi (c), angle;corner shift in () land;ground have silt with condition of rate irrigate early certain and how its influence to slide potency, see influence of good bevel geometry variation inclination variation of and also high variation of bevel to change of factor of safety value (SF) effect of change of land;ground parameters.

Data analysis which is to be relied on coulomb formula. Wall penahan of land;ground can be told to stabilize, if obtained security number above taken boundary. Wall stability penahan of land;ground can be expressed with value of Fs (factor of safety). Value factor of safety the evaluated is Fs Overtuning that is factor of safety to rolling style, Fs Slading is factor of safety to shifting at wall base penahan of land;ground, Bearing capacity Fs is factor of safety to energy support

Intention of this study is to analyse gravitation wall stability and design peaceful dimension to dynamic and static burden. Result of from this study indicate that gravitation wall, with dimension of H = 9,65 m, B = 5,79 m, Ta = 1m, Tb = 4,5 peaceful m because its stability value is matching with the one which required, that is equal to Fs rolling = 2,40, Fs Shift = 1,81, Energy Fs support = 0.84

Keyword : Analysis, Wall Gravitation, Dimension

PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan bahaya lingkungan dengan daerah pengaruh paling luas dan berdampak kerugian paling besar. Longsoran banyak dipengaruhi oleh kondisi geologi yang berada pada daerah aktif tektonik dan vulkanik, iklim tropis dan curah hujan yang tinggi serta kondisi terrain yang berbukit dan bergunung.

Mengingat pentingnya masalah tersebut, maka perlu kiranya dikembangkan suatu pedoman yang secara khusus dapat memberikan informasi tentang metode penanganan yang dapat diterapkan jika kita dihadapkan dengan konstruksi pada suatu lereng kemungkinan terjadi kelongsoran sangat besar karena komponen gravitasi cenderung menggerakkan masa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah

Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi, oleh karena itu daya dukung tanah merupakan faktor yang menentukan kestabilan, kelayakan dan umur suatu konstruksi. Beberapa teknik pengendalian tanah diantaranya perencanaan dinding penahan tanah sehingga dapat meminimalisir terhadap dampak yang timbul terutama pada daerah pemukiman dengan kondisi tanah yang berbeda ketinggian antara titik satu dengan yang lain.

KAJIAN PUSTAKA

1. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi penahan agar tanah tidak longsor. Konstruksi ini di gunakan untuk suatu tebing yang agak curam / tegak dimana kemantapannya tidak dapat dijamin tanpa dinding penahan, tebing tersebut akan longsor. Dinding penahan tanah juga digunakan bila suatu jalan dibangun berbatasan dengan sungai, danau.

Dinding gravitasi menggantungkan seluruh kestabilannya pada berat dinding itu sendiri. Karena bentuknya sederhana dan pelaksanaannya mudah, jenis ini sering digunakan apabila diperlukan suatu konstruksi penahan yang tidak terlalu tinggi. Bahan dinding penahan ini dapat dibuat dari beton atau pasangan batu. Pada dinding gravitasi dari beton tidaka dibutuhkan tulangan kecuali hanya pada permukaan sebelah luar untuk mencegah retak-retak pada permukaan akibat suhu.

2. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi

Dinding gravitasi menggantungkan seluruh kestabilannya pada berat dinding itu sendiri. Karena bentuknya sederhana dan pelaksanaannya mudah, jenis ini sering digunakan apabila diperlukan suatu konstruksi penahan yang tidak terlalu tinggi. Bahan dinding penahan ini dapat dibuat dari beton atau

pasangan batu. Pada dinding gravitasi dari beton tidak dibutuhkan tulangan kecuali hanya pada permukaan sebelah luar untuk mencegah retak-retak pada permukaan akibat suhu.

Dinding gravitasi, adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu. Sedikit tulangan beton kadang-kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan dinding akibat perubahan temperatur. Pada tembok penahan tipe gravitasi dalam perencanaan harus tidak terjadi tegangan tarik pada setiap irisan badannya. Untuk itu dalam perencanaan tembok penahan jenis ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

lebar plat B adalah $0,5 - 0,7 H$
 lebar bagian puncak B' diambil $0,02 m$ dan biasanya dipakai $0,03 m$ tebal D diambil $H/8$.

Keterangan :

$$a = (30 \text{ cm} - H/12)$$

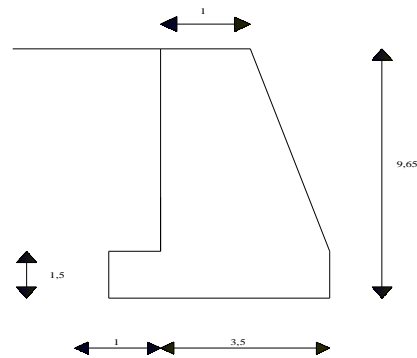
$$b = (0,5 - 0,7)H$$

$$D_f = (\text{d disesuaikan dengan}$$

kondisi setempat)

$$d = (H/8 - H/6)$$

$$I_1 \text{ dan } I_2 (0,5 - 1)d$$



Gambar 1 Ukuran dinding penahan Gravitasi

3. Tekanan Tanah Pasif dan Aktif Menurut Coulomb

Anggapan dasar di dalam teori tekanan tanah yang dikemukakan oleh C.A Coulomb (1776), adalah sebagai berikut :

- Tanah adalah isotropic dan homogeny yang mempunyai gesekan dalam dan kohesi.
- Bidang runtuh adalah sebuah bidang rata, tetapi anggapan seperti ini sangat menyederhanakan perhitungan. Permukaan urugan belakang (backfill surface) merupakan bidang datar.
- Dengan nilai yang sama gaya-gaya gesekan didistribusikan sepanjang permukaan runtuh yang rata, dan $f = \tan \phi$ ($f =$ symbol untuk koefisien gesek).
- Keeping runtuh (failure wedge) adalah sebuah benda tegar.
- Terdapat gesekan dinding : yakni, keeping runtuh bergerak sepanjang bagian belakang dinding,

yang menimbulkan gaya-gaya gesekan sepanjang batas dinding.

- f. Keruntuhan adalah suatu persoalan peregangan dinding, tinjaulah satu satuan panjang dari sebuah benda yang panjangnya tidak berhingga.

4. Kestabilan Terhadap Giling (Overturning)

Faktor terhadap guling:

$$FS_{\text{overturning}} = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MO} > 2$$

M_R = momen yang menahan guling

M_O = momen yang menyebabkan geser

Dimana :

$$M_O = Ph (H'/3), \quad Ph \cdot \cos$$

5. Kestabilan Terhadap Geser (sliding)

Faktor keamanan terhadap geser dapat ditulis :

$$FS_{\text{sliding}} = \frac{\Sigma FR}{\Sigma Fd} > 1,$$

Dimana :

F_d = jumlah gaya dorong horizontal

Atau dapat ditulis :

$$F_R \cdot (v) \text{ atau } \tan \emptyset_2 + BC_2 + Pp$$

$$F_d = Pa \cdot \cos$$

dari persamaan diatas bila dikombinasikan :

$$FS_{\text{sliding}} = \frac{(\Sigma v) \tan \emptyset_2 + BC_2 + Pp}{Pa \cdot \cos \alpha}$$

Dalam beberapa kasus, tekanan tanah pasif (Pp) tidak dimasukan dalam perhitungan sehingga diperoleh hasil yang lebih aman terhadap dudut

geserdalam \emptyset_2 can C_2 dikalikan dengan koefisien k_1 dan k_2 , maka persamaan diatas menjadi :

$$FS_{\text{sliding}} = \frac{(\Sigma v) \tan (k_1 \cdot \emptyset_2) + Bk_2 \cdot C_2 + Pp}{Pa \cdot \cos \alpha}$$

Dimana k_1 dan k_2 berkisar antara $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$

6. Kestabilan Terhadap Daya Dukung Tanah

Beban vertikal yang diterimatanah pada lapisan pondasi dari dinding penahan harus dicek keamanan terhadap daya dukung tanah. Jumlah gaya vertikal pada lapisan pondasi adalah Σv dan jumlah gaya horizontal $Pa \cdot \cos \alpha$, maka resultan gaya R adalah :

$$R = v + (Pa \cdot \cos \alpha)$$

Momen netto akibat gaya adalah :

$$M_{\text{netto}} = M_R - M_O$$

Garis resultan R, memotong dasar pondasi :

$$CE = X = \frac{M_{\text{netto}}}{v}$$

Sehingga eksintrisitas dari resultan R adalah :

$$e \frac{B}{2} - CE$$

Distribusi tekanan dibawah dasar pondasi adalah :

$$q \frac{v}{A} \pm$$

Dimana :

M_{netto} = momen = $(v) \cdot e$ = momen inersia per satuan panjang tiap potongan/bagian

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Perencanaan dinding penahan pada penelitian ini bertempat pada jalan raya Ende – Nangapanda KAB. Ende

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data tanah

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada tabel dibawa ini

a. Data pengujian kadar air

Tabel 4.1 Pengujian kadar air

Titik			
Kedalaman (m)			
No. Cawan	1	2	3
Berat Cawan (gr)	9,36	8,72	9,16
Berat Cawan + tanah basah (gr)	21,39	21,11	24,47
Berat Cawan + tanah kering (gr)	20,22	19,87	22,8
Berat air (gr)	1,17	1,24	1,67
Berat tanah kering (gr)	10,86	11,15	13,64
Kadar air (%)	10,77	11,12	12,24
Kadar air rata-rata (avg) (%)	11,38		

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

b. Data pengujian berat isi tanah

Tabel 4.2 Pengujian berat isi tanah

Titik		
Kedalaman		
No. Cetakan	1	2
Berat cetakan + tanah basah	72,75	80,22
Berat cetakan	37,32	44,12
Berat tanah basah	35,43	36,10
Diameter cetakan	3,64	3,64
Tinggi cetakan	2,36	2,36
Volume cetakan	24,49	24,49
Berat isi tanah basah	1,45	1,47
Kadar air	11,38	
Berat isi tanah kering	1,3	1,32
Berat isi tanah basah rata-rata	1,46	

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

Catatan : Dengan nilai sudut geser dalam (\emptyset) = 11,18) diperoleh jenis tanah yaitu lempung organik.

c. Data pengujian geser langsung

Tabel 4.3 Pengujian geser langsung

No contoh	1	2	3
Kedalaman m	-3,00	-3,00	-3,00
Kohesi C (kg/cm ²)	0,22	0,45	0,4
Sudut geser dalam (\emptyset°)	14,17	11,18	15,22

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

d. Data pengujian berat jenis tanah

Tabel 4.4 Pengujian berat jenis tanah

Kedalaman (m)			
No. Piknometer	A	B	C
Berat Piknometer (W1) (gr)	28,58	19,04	35,2
Berat Piknometer + tanah kering (W2) (gr)	38,6	29,05	45,21
Berat tanah kering (Wt = W2-W1) (gr)	10	10,01	10,01
Berat Piknometer + tanah kering + air (W3) (gr)	84,52	74,58	94,58
Berat Piknometer + air (W4) (gr)	78,5	68,56	88,58
Temperatur (C ⁰)	28	28	28
Faktor koreksi temperatur (K)	0,9995	0,9995	0,9995
Berat Piknometer + Air Terkoreksi (W5)	78,46	68,53	88,54
Berat Jenis Tanah (W2-W1)/[(W5-W1)-(W3-W2)]	2,53	2,53	2,52
Berat Jenis Tanah Rata-Rata	2,53		

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

e. Data pengujian batas cair dan batas plastis

1) Data pengujian batas cair

Tabel 4.5 Pengujian batas cair

No. Cawan	15	16	17	18	19	20	21	22
Berat cawan + tanah basa (gr)	20,3	19,27	18,55	15,85	17,72	15,37	17,71	16,47
Berat cawan + kering (gr)	16,99	16,18	15,65	13,9	15,26	13,68	15,29	14,43
Berat Cawan (gr)	9,89	9,61	9,28	9,62	9,68	9,92	9,78	9,79
Berat air (gr)	3,31	3,09	2,9	1,95	2,46	1,69	2,42	2,04
Berat tanah kering (gr)	7,1	6,57	6,37	4,28	5,58	3,76	5,51	4,64
Kadar air (%)	46,62	47,03	45,53	45,56	44,09	44,95	43,9	43,97
Kadar air rata-rata (%)	46,83		45,54		44,52		43,94	
Jumlah ketukan	11		23		32		42	

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

2) Data pengujian batas plastis

Tabel 4.6 Pengujian batas plastis

No. Cawan	23	24	(LL) (%) = 45,13
Berat cawan + tanah basah (gr)	21,16	10,67	
Berat cawan + tanah kering (gr)	11,63	10,43	(PL) (%) = 26,14
Berat cawan (gr)	9,74	9,44	
Berat air (gr)	0,53	0,24	
Berat tanah kering (gr)	1,89	0,99	(PI) (%) = 18,98
Kadar air (%)	28,04	24,24	
Kadar air rata-rata (%)	26,14		

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

Catatan : ML= lanau organik, pasir sangat halus, serbuk batuan, kelanuan atau kelempungan

f. Data pengujian pemadatan

1) Pengujian kadar air

Tabel 4.7 Pengujian kadar air

no. Contoh	1		2		3		4	
No. Cawan	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat cawan + tanah basah (gr)	29,999	26,12	28,48	32,22	33,24	30,13	27,32	31,44
Berat cawan + tanah kering (gr)	27,92	24,62	25,44	28,54	28,2	25,61	23	26,01
Berat air (gr)	2,07	1,5	3,04	3,68	5,04	4,52	4,32	5,43
Berat cawan (gr)	9,87	9,6	9,28	9,61	9,67	9,91	9,67	9,91
Berat tanah kering (gr)	18,05	15,02	16,16	18,93	18,53	15,7	13,33	16,1
Kadar air (%)	11,47	9,99	18,81	19,44	27,2	28,79	32,41	33,73

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

2) Penentuan kapadatan

Tabel 4.8 Penentuan kapadatan

No. Contoh	1	2	3	4
Berat cawan + tanah basah (%)	10,73	19,13	27,99	33,07
Berat cawan + kering (gr)	5088	5291	5416	5460
Berat air (gram)	3663	3663	3663	3663
Berat tanah basah (gr/cm ³)	1425	1628	1753	1797
Berat isi tanah basah (gr/cm ³)	1,45	1,66	1,79	1,83
Berat isi tanah kering (gr/cm ³)	1,31	1,392	1,395	1,375

Sumber : Lab Mektan Politeknik Negeri Malang

Langkah – Langkah Perhitungan

1. Perkiraan tinggi dinding penahan

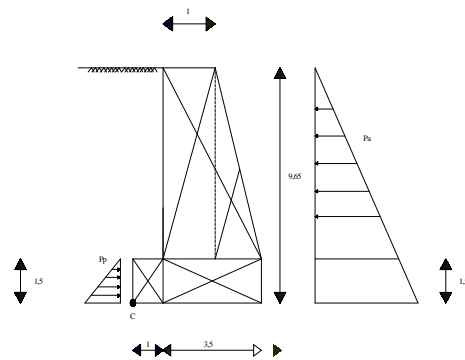
Dari pengukuran secara langsung kedalaman bidang longsor (H') = 8,15 meter. Kedalaman fondasi (D) diambil sebesar 1,5 meter sehingga tinggi tembok penahan keseluruhan adalah :

$$\begin{aligned}
 H &= H' + D \\
 &= 8,15 \text{ m} + 1,5 \text{ m} \\
 &= 9,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- H = Tinggi dinding penahan
- D = Kedalaman fondasi
- H' = Tinggi bidang longsor

2. Perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif dengan metode koulomb



Gambar 4.1 distribusi tekanan tanah aktif dan pasif

Menghitung tekanan tanah aktif (Pa) :

$$\begin{aligned}
 Pa &= \frac{1}{2} \cdot H'^2 \cdot Ka + \gamma \cdot H' \cdot Ka \cdot H' \\
 &\quad \cdot (2,5) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot (36,1) \cdot (9,65)^2 \cdot (0,62) + \\
 &\quad (36,1) \cdot (0,62) \cdot (9,65) \cdot (2,5) \\
 &= 158,209 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Menghitung tekanan tanah pasif (P_p) :

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \cdot D^2 \cdot K_p \\ &= \frac{1}{2} \cdot (36,1) \cdot (1,5)^2 \cdot (0,787) \\ &= 31,962 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Menentukan dimensi dinding penahan

Diambil $K_a = 0,65$

Perkiraan panjang tapak :

Lebar plat $B = 4,5 \text{ m}$ ($0,5 - 0,7 H$)

Dicoba $B = 0,6 \times 9,65 \text{ m} = 5,79 \text{ m}$

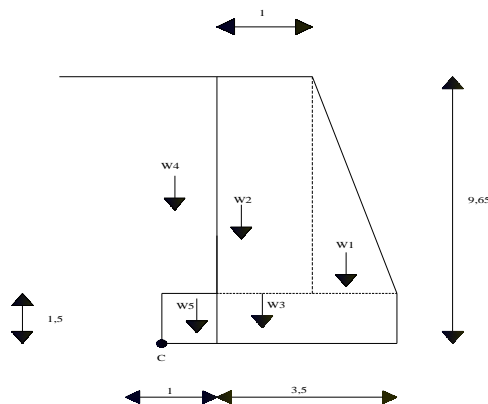
Penentuan dimensi dinding penahan :

Tebal dinding vertikal :

Penampang atas, diambil = 1 m

Penampang bawah, di ambil = $4,5 \text{ m}$

Tebal tapak : Diambil = $1/3 \cdot H'$
 $= 1/3 \cdot 5,79 \text{ m}$
 $= 1,93 \text{ m}$



Gambar 4.2 Dimensi dinding panahan

Kestabilan terhadap guling (*overturning*):

$$\begin{aligned} M_O &= Ph \cdot (H'/3) \\ &= 156,873 \cdot (9,65/3) \\ &= 504,608 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FS &= MR/ MO \\ &= 1029,789/504,608 \\ &= 2,40 > 2,0 \text{ (oke)} \end{aligned}$$

Kestabilan terhadap Geser (*sliding*) :

$$FS = (V) \cdot \tan (k_1 \cdot \emptyset) + B \cdot K \cdot C + P_p$$

Diambil nilai $k = 2/3$

Maka :

$$\begin{aligned} FS &= (619,603) \cdot \tan (2/3 \cdot 11,18) + \\ &\quad 5,79 \cdot 2/3 \cdot 45 + 31,692/158,209 \\ &= 286,720 \text{ kN/m} \\ &= 286,720/158,209 \\ &= 1,81 > 1,5 \text{ (oke)} \end{aligned}$$

Stabilitas daya dukung tanah (*bearing capacity*)

$$\begin{aligned} e &= B/2 - 1029,789 - 504,60/ 619,603 \\ &= 0,48 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Pemilihan sistem drainase

untuk dinding penahan ini diperoleh sistem drainase dasar untuk lubang penyalur digunakan pipa keras vinyl clorida dengan diameter dalam 15 cm .

PENUTUP

1. Kesimpulan

Dinding penahan tanah yang direncanakan menggunakan tipe gravitasi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Dimensi dinding penahan yang menggunakan tipe gravitasi yang aman terhadap stabilitas guling, geser, daya dukung diperoleh nilai lebar atas sebesar 1 m, lebar dasar fondasi sebesar 5,43 m, tinggi dinding penahan sebesar 9,65 m, dan tebal dasar fondasi sebesar 1,5 m.

Untuk stabilitas guling (Fgl) diperoleh nilai sebesar 2,43, stabilitas geser nilainya sebesar (Fgs) 1,94, stabilitas terhadap daya dukung (F) sebesar 36,25.

2. Saran

Dinding penahan tipe gravitasi ini tidak dapat diterapkan pada semua tempat yang memiliki kedalaman bidang longsor yang berbeda. disarankan Untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian perbandingan dinding penahan tipe Gravitasi dan tipe Kantilever.

DAFTAR PUSTAKA

- Hary crustady Hardiyatmo (2010) *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada University press. Yogyakarta.
- Herlien* Indrawahjuni (2011) *Mekanika Tanah II*. Bargie Media, Malang.
- L. D. Wesley (1977) *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- R.F. Craig (1987) *Mekanika Tanah*. Erlangga, Jakarta.
- Djarmiko Soedarmono, Edy Purnomo (1993) *Mekanika Tanah 2*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C (2003) *Mekanika Tanah II*, Edisi Ketiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2002, *Teknik Fondasi I*, Edisi Kedua. PT. Gramedia. Jakarta. Yogyakarta.
- Das, B.M. 1998, *Mekanika Tanah* (Prinsip –prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid2, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga, Jakarta.