

DESAIN PENAHAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL

I Made Putra Dwityagana¹

¹Program Studi Teknik Sipil FT Unhi

dedesamuh@gmail.com

ABSTRAK

Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran. Diperlukan sebuah perkuatan lereng, salah satunya yaitu dengan geotekstil. Geotekstil sering digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah dalam pelaksanaan dan dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif. Studi kasus mengenai desain penahan tanah dengan perkuatan geotekstil ini dilakukan di Jalan Raya Bedugul-Singaraja, Desa Pancasari, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain penahan tanah dengan perkuatan geotekstil pada lokasi tersebut. Adapun desain yang dimaksud meliputi panjang geotekstil yang diperlukan (panjang penjangkaran, panjang nonacting dan panjang overlap), jarak vertikal antar geotekstil (S_v).

Data-data yang dibutuhkan adalah data primer meliputi : γ tanah, kohesi tanah (c), sudut geser (ϕ) tanah. Analisis desain dilakukan dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode Rankine. Analisis data meliputi spasi antar lapisan geosintetik (S_v), tegangan izin (T_{all}), tegangan lateral tanah (σ'_h), kuat tarik geosintetik yang dibutuhkan (P_{req}), panjang penjangkaran + panjang nonacting (L), panjang overlap (L_o), tekanan aktif tanah (P_a). Selanjutnya diperlukan analisis untuk menghitung stabilitas terhadap faktor penyebab kegagalannya, yaitu kontrol stabilitas internal dan stabilitas eksternal.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa spasi antar lapisan geotekstil berturut-turut sebesar 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m. P_{req} sebesar 55 kN/m. Diperoleh hasil L dengan panjang 3,00 m pada kedalaman 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m, dan 1,90 m, serta L dengan panjang 2,00 m pada kedalaman 2,30 m, 2,70 m, 3,00 m, 3,30 m, dan 3,60 m. L_o diperoleh hasil yang sama yaitu 1,00 m pada setiap kedalaman.

Hasil penelitian yang diperoleh telah memenuhi kontrol stabilitas eksternal yang meliputi kegagalan geser, kegagalan guling, kegagalan daya dukung tanah dasar serta kontrol terhadap stabilitas internal yang meliputi putusnya tulangan dan tercabutnya tulangan.

Kata kunci : desain penahan tanah, perkuatan tanah, geotekstil.

PENDAHULUAN

Peristiwa longsor terjadi karena geseran tanah yang meningkat sudah tidak mampu lagi ditahan oleh tanah. Salah satu daerah di Bali yang sering terjadi longsor yaitu kawasan Jalan Raya Bedugul-Singaraja, Desa Pancasari, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. Berdasarkan data dari web resmi dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Buleleng sepanjang tahun 2012 sampai Februari 2013 telah terjadi kasus longsor sebanyak dua puluh dua (22) kali pada titik yang berbeda (BPBD Kabupaten Buleleng, 2013).

Salah satu konsep untuk menindaklanjuti longsor tersebut yaitu penambahan suatu bahan ke dalam tanah untuk memikul gaya tarik yang dipikul oleh lereng. Seiring perkembangan zaman, timbullah salah satu material konstruksi dengan nama geotekstil yang fungsinya sebagai separasi, perkuatan. Kombinasi antara material tanah (yang baik dalam memikul gaya tekan tapi lemah dalam gaya tarik) dengan material geotekstil (yang baik dalam memikul gaya tarik tapi lemah dalam memikul gaya tekan) ini berhasil dengan baik.

Berdasarkan penjelasan di atas, diharapkan adanya perencanaan terkait dengan penggunaan geotekstil di lapangan. Maka dari itu diperlukan sebuah desain penahan tanah dengan menggunakan bahan geotekstil sebagai perkuatan.

Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan diangkat pada penyusunan jurnal ilmiah ini adalah bagaimana mendesain penahan tanah dengan perkuatan geotekstil.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan jurnal ilmiah ini adalah menguraikan secara jelas desain penahan tanah dengan perkuatan geotekstil.

MATERI DAN METODE

Perkuatan pada Tanah

Tanah berperkuatan pada penahan tanah adalah konstruksi material yang terdiri dari material timbunan friksional dan lembaran perkuatan (perkuatan) linear, biasanya ditempatkan secara horisontal. Sistem perkuatan dapat menahan gaya tarik yang tinggi, menahan deformasi lateral massa tanah yang diperkuat. Struktur perkuatan tanah bertulang: material timbunan, lembaran perkuatan (perkuatan) yang linear, digabungkan dengan timbunan, membentuk massa tanah berperkuatan, dan lapisan luar, yang mempunyai peranan mencegah material timbunan di belakang dinding penahan dari kelongsoran.

Definisi Geotekstil

Geotekstil adalah bahan polimer yang lulus air. Dapat berupa tenunan (woven), rajutan (nonwoven). Digunakan dalam pekerjaan geoteknik dan teknik sipil lainnya.

Fungsi & Aplikasi Geotekstil

Geotekstil memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Separator: bahan Geotekstil digunakan di antara dua material tanah yang tidak sejenis untuk mencegah terjadi pencampuran material.
2. Perkuatan: sifat tarik bahan Geotekstil dimanfaatkan untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah.

Observasi Awal

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Raya Bedugul-Singaraja, Desa Pancasari, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng.



Gambar 1. Lokasi studi kasus

Metode Pengumpulan Data

- a. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah

$$G_s = \frac{\text{Berat Volume Butir - Butir Tanah}}{\text{Berat Volume Air}}$$

$$= \frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)} \dots\dots\dots(1)$$

b. Pemadatan Tanah (*Soil Compaction*)

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{w + \frac{1}{G_s}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

γ_{zav} = Berat volume saat kadar udara nol

G_s = Berat spesifik butiran padat tanah

γ_w = Berat volume air

w = Kadar air

c. Pemeriksaan Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Sudut geser (ϕ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\phi = (\alpha - 45^\circ) \times 2 \dots\dots\dots(3)$$

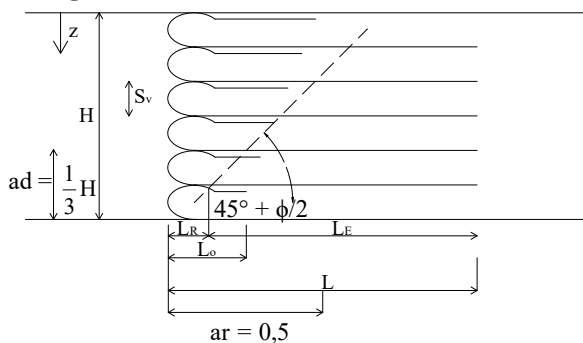
dimana :

α = sudut pecah tanah saat tes

Kohesi (cu) dapat dihitung dengan persamaan:

$$c_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots(4)$$

Perancangan Desain Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil



Gambar 2. Konsep Desain Rankine

Keterangan gambar:

H : tinggi dinding penahan tanah

S_v : spasi antar lapisan perkuatan

L_R : panjang *nonacting*

L_o : panjang *overlap*

L_E : panjang penjangkaran

L : panjang penjangkaran + panjang *nonacting*

Z : kedalaman titik yang ditinjau dari permukaan tanah

Φ' : sudut geser tanah

Perhitungan spasi antar lapisan geosintetik

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma'_h \times FS} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

S_v : spasi antar lapisan geometrik

T_{all} : tegangan izin

σ'_h : tekanan lateral tanah pada kedalaman tertentu

FS : faktor keamanan (1,3 – 1,5)

Perhitungan tegangan izin (T_{all})

$$T_{all} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

T_{ult} : tegangan tarik batas geosintetik

FS_{ID} : faktor parsial kerusakan instalasi saat konstruksi (1,1 – 2,0)

FS_{CR} : faktor parsial akibat rangkakan (*creep*) (2,0-4,0)

FS_{CD} : faktor parsial akibat degradasi kimia (1,0 - 1,5)

FS_{BD} : faktor parsial akibat degradasi biologi (1,0 - 1,3)

Perhitungan panjang penjangkaran ditambah panjang *nonacting* (L)

$$L = L_E + L_R \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

L_E : *embedment length* / panjang penjangkaran

L_R : *nonacting lengths* / panjang *nonacting*

Perhitungan panjang *overlap* (L_o)

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma'_h \cdot FS}{4(c + \gamma \cdot z \tan \delta)} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

FS : faktor keamanan (1,3 – 1,5)

Perhitungan tekanan aktif tanah (Pa)

$$P_a = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

Pa : tekanan aktif tanah

Ka : koefisien tekanan aktif tanah,

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

Stabilitas Eksternal

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Geser

$$FK_{geser} = \frac{c \cdot L_e + Q \tan \delta}{P_a} > 1,5 \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

Q: gaya karena beban tanah sendiri
($Q = L_e \times H \times \gamma$)

Pa: tekanan yang menyebabkan gaya geser

δ : sudut friksi antara tanah dengan geosintetik

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Guling

$$FS_{guling} = \frac{Q \cdot ar}{P_a \cdot ad} > 2 \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

Q :gaya karena beban tanah sendiri
($Q = L_e \times H \times \gamma$)

ar : 0,5 L

Pa : tekanan yang menyebabkan gaya geser

$$ad : \frac{1}{3} H$$

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Daya Dukung Tanah Dasar

$$FK_{tanah\ pondasi} = \frac{q_{ult}}{q} > 3 \dots\dots\dots(12)$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

q_{ult} :daya dukung tanah)

Q : berat tanah

B : lebar dasar pondasi yang kontak dengan tanah

N_c : koefisien daya dukung untuk kohesi

N_q : koefisien daya dukung untuk berat tanah (beban)

N_γ : koefisien daya dukung untuk berat jenis

tanah

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Stabilitas Global

$$FS_{tulangan} = FS_{non-tulangan} + \left(\frac{M_g}{M_D} \right) \dots\dots\dots(14)$$

Stabilitas Internal

Faktor Keamanan Terhadap Putusnya Perkuatan

$$FK_{OS} = \frac{T_{all}}{T_{pendorong\ i}} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

T_{all} : tegangan yang dimiliki tiap geotekstil

T_{pendorong I} :tegangan tarik maksimum pada tiap geotekstil

Faktor Keamanan Terhadap Tercabutnya Perkuatan

$$FK_{PO} = \frac{T_{penahan\ i}}{T_{pendorong\ i}} \dots\dots\dots(16)$$

$$T_{penahan\ i} = 2 \times L_{ai} \times \sigma'_h \times \tan \delta \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

T_{penahan I} : tegangan penahan yang mencegah geotekstil tercabut dari tanah yang menjepitnya

T_{pendorong I} : tegangan tarik maksimum pada tiap geotekstil

L_{ai} : panjang geotekstil penahan (panjang zona ankur di belakang bidang runtuh)

δ : sudut friksi antara tanah dengan geotekstil

HASIL DAN PEMBAHASAN DESAIN Lapisan perkuatan yang dipakai



Gambar 3. Geotekstil yang digunakan

Geotekstil BW-250 dengan *tensile* sebesar 25 kN/m.

Data Primer dari Hasil Laboratorium

$c = 8420 \text{ N/m}^2$
 $\phi = 28^\circ$
 $\gamma = 1,265 \text{ gr/cm}^3$

Interaksi Tanah Dan Geotekstil

$\frac{2}{3} \times \tan \phi = \frac{2}{3} \times \tan 28^\circ = 0,355$

Perencanaan Desain

Dirancang sebuah desain penahan tanah dengan menggunakan perkuatan geotekstil. Desain penahan tanah dibuat setinggi lereng yang terletak pada daerah Jalan Raya Bedugul-Singaraja, Desa Pancasari, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng, dimana tinggi lereng adalah 3,60 meter. dengan memasukkan air tanah, dimana direncanakan tinggi muka air tanah setinggi 1,70 meter. Direncanakan penahan tanah mampu menahan beban mati sebesar 5000 N/m² serta beban hidup berupa beban orang dewasa sebesar 800 N/m². Tanah yang dipakai merupakan tanah timbunan setempat dimana sampel tanahnya telah diteliti di laboratorium.

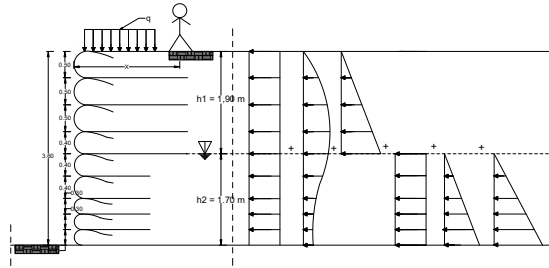
Koefisien Tanah Aktif (K_a)

$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$
 $= \tan^2(45^\circ - \frac{28^\circ}{2})$
 $= 0,361$

Tegangan Izin (T_{all})

$T_{all} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right)$
 $= 55000 \left(\frac{1}{1,2 \times 2,5 \times 1,2 \times 1,2} \right)$
 $= 16700 \text{ N/m}$

Perhitungan Tegangan Lateral Tanah (σ_h)



Gambar 4. Diagram tegangan lateral tanah

Perhitungan Tekanan Lateral per Kedalaman (z)

Ditinjau pada Kedalaman z = 3,60 m (Dibawah Muka Air)

a. Tekanan Lateral akibat Beban Merata

$\sigma'_{hq1} = K_a \times q$
 $= 0,361 \times 5000$
 $= 1805 \text{ N/m}^2$

b. Tekanan Lateral akibat Beban Hidup (Terpusat)

$\sigma'_{hl} = P \frac{x^2 z}{R^5}$
 $= 800 \frac{2^2 \times 3,60}{4,12^5}$
 $= 9,70 \text{ N/m}^2$

c. Tekanan Lateral akibat Beban Tanah Diatas Muka Air

$\sigma'_{hs1} = \gamma \times K_a \times z$
 $= 12650 \times 0,361 \times 3,60$
 $= 16439,94 \text{ N/m}^2$

d. Tekanan Lateral akibat Beban Diatasnya

$\sigma'_{hq2} = K_a \times \gamma \times z$
 $= 0,361 \times 12650 \times 3,60$
 $= 16439,94 \text{ N/m}^2$

e. Tekanan Lateral akibat Beban Tanah Dibawah Muka Air

$\sigma'_{hs2} = (\gamma - \gamma_w) \times K_a \times z$
 $= (12650 - 10000) \times 0,361 \times 1,70$
 $= 1626,305 \text{ N/m}^2$

f. Tekanan Lateral akibat Pengaruh Air Tanah

$\sigma'_{hw} = z \times \gamma_w$
 $= 1,70 \times 10000$
 $= 17000 \text{ N/m}^2$

Persamaan Tekanan Lateral Total

$\sigma'_h = \sigma'_{hq1} + \sigma'_{hl} + \sigma'_{hs1} + \sigma'_{hq2} + \sigma'_{hs2} + \sigma'_{hw}$
 $= 1805 + 9,70 + 16439,94 + 16439,94 + 1626,305 + 17000 \text{ N/m}^2$
 $= 53320,91 \text{ N/m}^2$

Dengan perhitungan yang sama, didapatkan hasil sesuai dengan tabel di bawah.
Tabel 1. Rangkuman tekanan lateral tanah per kedalaman z dengan air tanah

z (m)	σ_{hq1} N/m ²	σ_{hl} N/m ²	σ'_{hs1} N/m ²	σ'_{hq1} N/m ²	σ'_{hs2} N/m ²	σ'_{hw} N/m ²	σ'_h N/m ²
0,5	1805	42,96	2283,32	2283,32	-	-	6414,6
1,0	1805	57,24	4566,65	4566,65	-	-	10995,5
1,5	1805	49,15	6849,98	6849,98	-	-	15554,1
1,9	1805	38,05	8676,64	8676,64	-	-	19196,3
2,3	1805	27,97	10503,3	10503,3	382,7	4000	27222,2
2,7	1805	20,17	12329,9	12329,9	765,3	8000	35250,4
3,0	1805	15,75	13699,9	13699,9	1052,3	11000	41272,9
3,3	1805	12,34	14613,3	14613,3	1339,3	14000	47296,5
3,6	1805	9,72	16439,9	16439,9	1626,3	17000	53320,9

Menghitung Spasi Antar Perkuatan Geotekstil (S_v)

Dengan *trial and error*, dicoba memakai S_v = 0,30 m di kedalaman z = 3,60 m

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma'_h \times FS}$$

$$= \frac{16700}{53320,91 \times 1,4}$$

$$= 0,305 \text{ m (OK)}$$

Hasil perhitungan spasi antar geotekstil dapat dilihat pada gambar 7.

Panjang Penjangkaran Ditambah Panjang Nonacting (L) Ditinjau pada kedalaman z = 0,50 meter

$$L_R = (H - z) \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$= (3,60 - 0,50) \tan\left(45^\circ - \frac{28^\circ}{2}\right)$$

$$= 1,86 \text{ m}$$

$$L_E = \frac{S_v \sigma'_h FS}{2(8420 + \gamma \cdot z \tan \delta)}$$

$$= \frac{0,50 \times 6414,618 \times 1,4}{2(8420 + 12650 \times 0,50 \times 0,355)}$$

$$= 0,197 \text{ m}$$

Karena panjang L_E minimum = 1 meter, maka yang dipakai adalah L_E minimum

$$L = L_R + L_E$$

$$= 1,86 + 1,0$$

$$= 2,86 \text{ m}$$

Hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada tabel.

Menghitung Panjang Overlap (L_o) Panjang Overlap (L_o) Ditinjau pada kedalaman z = 0,50 meter

$$L_E = \frac{S_v \sigma'_h FS}{4(8420 + \gamma \cdot z \tan \delta)}$$

$$= \frac{0,50 \times 6414,618 \times 1,4}{4(8420 + 12650 \times 0,50 \times 0,355)}$$

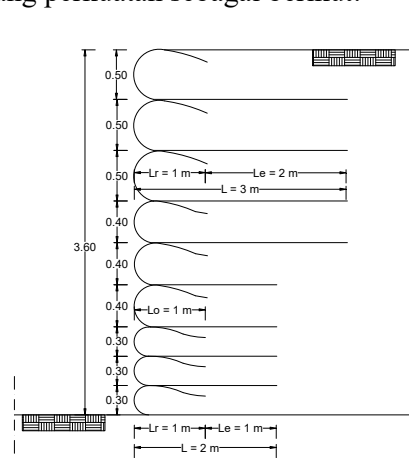
$$= 0,0985 \text{ m}$$

Karena panjang L_o minimum = 1 meter, maka yang dipakai adalah L_o minimum.

Tabel 2. Rangkuman perhitungan panjang perkuatan geotekstil

z (m)	S _v (m)	L _e (m)	L _e min (m)	L _r (m)	L (m)	L dipakai (m)
0,50	0,50	0,045	1,00	1,86	2,86	3,00
1,00	0,50	0,066	1,00	1,56	2,56	3,00
1,50	0,50	0,090	1,00	1,26	2,26	3,00
1,90	0,40	0,095	1,00	1,02	2,02	3,00
2,30	0,40	0,120	1,00	0,78	1,78	2,00
2,70	0,40	0,132	1,00	0,54	1,54	2,00
3,00	0,30	0,141	1,00	0,36	1,36	2,00
3,30	0,30	0,156	1,00	0,18	1,18	2,00
3,60	0,30	0,174	1,00	0,00	1,00	2,00

Dari tabel tersebut, dapat digambarkan panjang perkuatan sebagai berikut:



Gambar 7. Panjang penjangkaran dan panjang overlap per kedalaman

Kontrol Stabilitas

Tabel 3. Perhitungan tekanan dan momen

Tekanan Tanah (Pa)	Momen Terhadap A
$Pa_1 = K_a \cdot q \cdot H$ $= 0,361 \cdot 5000 \cdot 3,60$ $= 6498 \text{ N/m}$	$M_1 = 6498 \cdot 1,80$ $= 11696,4 \text{ N.m}$
$Pa_2 = P \cdot x^2 \cdot H^2 / R^5$ $= 800 \cdot 2^2 \cdot 3,60^2 / 4,12^5$ $= 34,94 \text{ N/m}$	$M_2 = 34,94 \cdot 2,41$ $= 84,21 \text{ N.m}$
$Pa_3 = K_a \cdot \gamma \cdot h_1^2 \cdot \cos 20^\circ / 2$ $= 0,361 \cdot 12650 \cdot 1,90^2 \cdot 0,94 / 2$ $= 7745,71 \text{ N/m}$	$M_3 = 7745,71 \cdot 2,33$ $= 18047,50 \text{ N.m}$
$Pa_4 = K_a \cdot \gamma \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot \cos 20^\circ$ $= 0,361 \cdot 12650 \cdot 1,9 \cdot 1,7 \cdot 0,94$ $= 13860,73 \text{ N/m}$	$M_4 = 13860,73 \cdot 0,85$ $= 11781,62 \text{ N.m}$
$Pa_5 = K_a \cdot \gamma^2 \cdot h_2^2 / 2$ $= 0,361 \cdot 12650 \cdot 1,70^2 \cdot \cos 20^\circ / 2$ $= 1298,99 \text{ N/m}$	$M_5 = 1298,99 \cdot 0,57$ $= 740,42 \text{ N.m}$
$Pa_6 = \gamma_w \cdot h_2^2 / 2$ $= 10000 \cdot 1,70^2 / 2$ $= 14450 \text{ N/m}$	$M_6 = 14450 \cdot 0,57$ $= 8236,5 \text{ N.m}$
$\Sigma Pa = 43888,37 \text{ N/m}$	$\Sigma M = 50586,65 \text{ N.m}$

Perhitungan tegangan lateral tanah ke arah vertikal :

$$Pa_3 \times \sin \delta = \frac{K_a \times \gamma \times h_1^2 \times \sin \delta}{2}$$

$$= \frac{0,361 \times 12650 \times 1,90^2 \times \sin 20^\circ}{2}$$

$$= 2819,21 \text{ N/m}$$

$$Pa_4 \times \sin \delta = K_a \times \gamma \times h_1 \times h_2 \times \sin \delta$$

$$= 0,361 \times 12650 \times 1,90 \times 1,70 \times \sin 20^\circ$$

$$= 5044,89 \text{ N/m}$$

$$Pa_5 \times \sin \delta = \frac{K_a \times \gamma^2 \times h_2^2 \times \sin \delta}{2}$$

$$= \frac{0,361 \times (12650 - 10000) \times 1,70^2 \times \sin 20^\circ}{2}$$

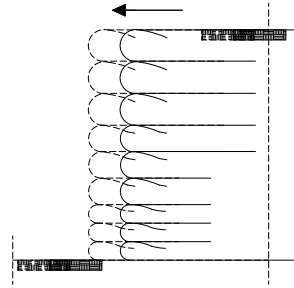
$$= 472,79 \text{ N/m}$$

$$\Sigma P_a \times \sin \delta = 2819,21 + 5044,89 + 472,79$$

$$= 8336,89 \text{ N/m}$$

Kontrol Stabilitas Eksternal

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Geser



Gambar 8. Ilustrasi kegagalan geser

$$FK_{geser} \geq 1,5$$

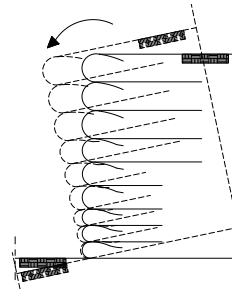
$$FK_{geser} = \frac{(c + Q) \times L_e \times \tan \delta}{\Sigma P_a} > 1,5$$

$$= \frac{\left[c_a + \left(\frac{w_1 + w_2 + P_a \sin \phi + q \cdot L}{2} \right) \tan \delta \right] \times 2}{\Sigma P_a} > 1,5$$

$$= \frac{\left[8420 + \left(\frac{(91080) + (24035) + (8336,89) + (5000)}{2} \right) 0,355 \right] \times 2}{43888,37} > 1,5$$

$$= 1,658 > 1,5 \quad (OK)$$

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Guling



Gambar 9. Ilustrasi kegagalan guling

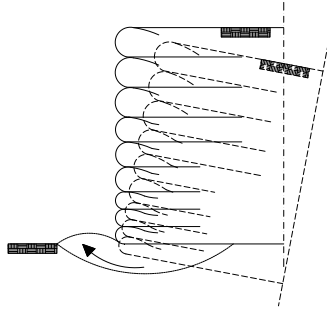
$$FS_{guling} = \frac{\Sigma Q \cdot ar}{\Sigma M} > 2,0$$

$$= \frac{w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + \Sigma P_a \sin \delta \cdot L + (q \cdot x_1)}{\Sigma M} > 2,0$$

$$= \frac{(3,60 \times 2 \times 12650 \times 1) + (1,90 \times 1 \times 12650 \times 2,5) + (8336,89 \times 3) + (5000 \times 1)}{50586,65} > 2$$

$$= 3,58 > 2,0 \quad (OK)$$

Faktor Keamanan Tanah Dasar



Gambar 10. Ilustrasi kegagalan tanah dasar

$$FK_{\text{tanah pondasi}} = \frac{q_{ult}}{q_{act}} > 2$$

$$= \frac{c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma}{(\gamma \cdot H) + c} > 2$$

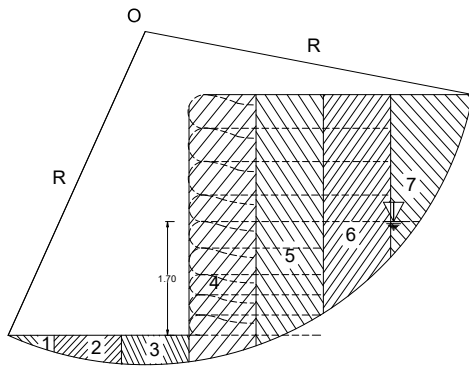
$$= \frac{8420 \times 25,8 + 0 + 0,5 \times 12650 \times 2 \times 11,19}{(12650 \times 3,6) + 8420} > 2,0$$

$$= \frac{1123034,2}{88988} > 2,0$$

$$= 6,65 > 2,0 \quad (OK)$$

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Stabilitas Global

Perhitungan Faktor Keamanan terhadap Stabilitas Global Nonperkuatan



Gambar 11. Pembagian Pias pada Lereng

Tabel 4. Perhitungan FS_{non-perkuatan} dengan metode Bishop

Pias ke-	b Pias m	h Pias m	(c)	θ (°)	(W x sin θ) (N)	φ (°)
1.	1,0	0,12	8420	-19	-494,212	28
2.	1,0	0,37	8420	-9	-732,192	28
3.	1,0	0,44	8420	-1	-97,140	28
4.	1,0	3,91	8420	12	10283,62	28
5.	1,0	3,55	8420	25	18978,73	28
6.	1,0	2,87	8420	40	23336,73	28
7.	1,0	1,08	8420	66	12480,86	28

Tabel 5. Lanjutan perhitungan FS_{non-perkuatan} dengan metode Bishop

Pias ke-	h Air m	U N/m ²	(r _u)	1 - r _u x tan θ	c.b _i + W _i (1 - r _u) x tan θ'
1.	0,12	1200	0,791	0,2095	8589,084
2.	0,37	3700	0,791	0,2095	8941,341
3.	0,44	4400	0,791	0,2095	9039,973
4.	2,02	20200	0,408	0,5916	23978,616
5.	1,66	16600	0,370	0,6304	23471,365
6.	0,98	9800	0,270	0,7301	22513,224
7.	0,35	3500	0,256	0,7438	13823,231

Dicoba menggunakan FS = 1,865

Tabel 6. dengan FS = 1,865

Pias ke-	$\sum_{i=1}^{inn} [c.b_i + W_i(1 - r_{u_i}) \tan \theta'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / 1,865)} \right)$
1.	10072,81
2.	9480,909
3.	9086,569
4.	23113,63
5.	22858,84
6.	23715,54
7.	20718,66
$\Sigma = 119046,98$	

$$FS_{\text{non-perkuatan}} = \frac{\sum_{i=1}^{inn} [c.b_i + W_i(1 - r_{u_i}) \tan \theta'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / 1,865)} \right)}{\sum_{i=1}^{inn} W_i \sin \theta_i}$$

$$FS_{\text{non-perkuatan}} = \frac{119046,98}{63756,393} = 1,867$$

$$FS_{\text{perkuatan}} = FS_{\text{non-perkuatan}} + \left(\frac{M_g}{M_D} \right) > 2,0$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,965 + \left(\frac{52224,10}{41681,01} \right) > 2,0 \\
 &= 1,9 + 1,25 > 2,0 \\
 &= 3,15 > 2,0 \quad (OK)
 \end{aligned}$$

**Kontrol Stabilitas Internal
Faktor Keamanan Terhadap Putusnya
Perkuatan Geotekstil**

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 7. berikut.

Tabel 7. Perhitungan kontrol putusnya perkuatan

Lapisan	Sv (m)	T _{all} (N/m)	T _{pendorong} σ _h × S _v (N/m)	FK _{os}	Kontrol FK _{os} > 3 = OK
1.	0,50	35000	3207,31	17,14	OK
2.	1,00	35000	5497,77	10,01	OK
3.	1,50	35000	7777,05	7,07	OK
4.	1,90	35000	7678,53	7,16	OK
5.	2,30	35000	10888,89	5,05	OK
6.	2,70	35000	14100,16	3,90	OK
7.	3,00	35000	12381,89	4,44	OK
8.	3,30	35000	14188,96	3,88	OK
9.	3,60	35000	15996,27	3,44	OK

**Faktor Keamanan Terhadap
Tercabutnya Perkuatan
Ditinjau Perkuatan pada lapisan ke-1,
dengan z = 0,50 meter**

$$FK_{PO} = \frac{2 \times \left(L - \left(\tan(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \times (H - z) \right) \right) \times \sigma'_v \times \tan \delta}{\sigma'_h \times S_v}$$

$$= \frac{2 \times \left(3 - \left(\tan(45^\circ - \frac{28^\circ}{2}) \times (3,6 - 0,5) \right) \right) \times 12650 \times 0,50 \times 0,355}{6416,618 \times 0,50} > 1,50$$

$$= \frac{5119,46}{3208,31} > 1,50$$

$$= 1,596 > 1,50 \quad (OK)$$

Hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel 8. berikut.

Tabel 8. Perhitungan kontrol tercabutnya perkuatan

Lapisan	z (m)	T _{penahan} (N/m)	T _{pendorong} (N/m)	FK _{PO}	FK _{PO} > 1,5 = OK
1.	0,5	5119,46	3208,31	1,596	OK
2.	1,0	12933,36	5497,77	2,35	OK
3.	1,5	23441,72	7777,051	3,014	OK
4.	1,9	33788,40	7678,53	4,40	OK
5.	2,3	45859,54	10888,89	4,51	OK
6.	2,7	59655,12	14100,16	4,231	OK
7.	3,0	71133,48	12381,89	5,745	OK
8.	3,3	83581,84	14188,96	5,89	OK
9.	3,6	97000,2	15996,27	6,064	OK

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

a) Hasil analisis desain

1. Kekuatan tarik dari geotekstil woven tipe BW-250 yang digunakan adalah 55 kN/m.
2. Tegangan izin (T_{all}) diperoleh sebesar 16700 N/m.
3. Spasi Antar Lapisan Geosintetik didapatkan hasil sebagai berikut :
S_v = 0,50 m pada h 0,50 m, 1,00, dan 1,50 m.
S_v = 0,40 m pada h 1,90 m, 2,30 m, 2,70 m
S_v = 0,30 m pada h 3,00 m, 3,30 m, 3,60 m.
4. Panjang perkuatan geotekstil dicantumkan pada tabel di bawah.

Sv (m)	L _e (m)	L _e min (m)	L _r (m)	L (m)	L dipakai (m)
0,50	0,045	1,00	1,86	2,86	3,00
0,50	0,066	1,00	1,56	2,56	3,00
0,50	0,090	1,00	1,26	2,26	3,00
0,40	0,095	1,00	1,02	2,02	3,00
0,40	0,120	1,00	0,78	1,78	2,00
0,40	0,132	1,00	0,54	1,54	2,00
0,30	0,141	1,00	0,36	1,36	2,00
0,30	0,156	1,00	0,18	1,18	2,00
0,30	0,174	1,00	0,00	1,00	2,00

Saran

Berdasarkan hasil desain yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat diberikan saran yaitu metode yang dipakai dalam

desain tidak hanya dengan metode Rankine. Bisa juga memakai metode metode satu baji (*single wedge method*) dan dua baji (*two part wedge method*) ataupun dengan penggunaan software seperti Geoslope agar nantinya hasil masing-masing metode dapat dibandingkan sehingga didapatkan hasil akhir yang paling efisien untuk kasus longsor ini.

Tempo. 2013. *Longsor di Bali Tewaskan Dua Orang*.
<http://www.tempo.co/read/news/2013/02/20/058390178/Longsor-di-Bali-Tewaskan-Dua-Orang.html>. Diakses tanggal 28 Juli 2013.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur kehadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Jurnal Ilmiah yang berjudul “Desain Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil”. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang selalu memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian jurnal ilmiah ini

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Buleleng. 2013. *Titik Bencana Longsor 2012 - 2013*.
<http://bpbdbulelengkab.go.id/index.php?sik=berita/Titik-Bencana-Longsor.html>. Diakses tanggal 28 Juli 2013.
- Civiliana. 2012. *Modul Pelatihan Geosintetik*.
<http://civiliana.blogspot.com/2012/05/modul-pelatihan-geosintetik.html>. Diakses tanggal 14 Juni 2013.
- Das, Braja.M. 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- DPU. 2009. *Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum (DPU), Indonesia.
- Koerner, Robert M. 1990. *Designing with Geosynthetics, Second Edition*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Redana, I Wayan. 2010. *Teknik Pondasi*. Denpasar: Udayana University Press.