

EVALUASI KELONGSORAN TANAH PADA BANTARAN SUNGAI KONTO DI KECAMATAN PUJON DAN PENANGANANNYA

Suhudi dan Maradona Supriyanto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi

Abstract

Retaining wall serves to hold the soil and prevent it from sliding danger. Either as a result of rain load, heavy soil itself, also a result of the load that works on it. Nowadays, construction of retaining wall is very often used in civil works construction of a retaining wall even if it turns out the land is long enough known in the world. Landslide that occurred along the River Konto at Abdul Manan Wijaya Street Pujon caused by the dimensions of the retaining wall is too small so unstable to the safety factor (SF), the value of the safety factor in the review is a safety factor to bearing capacity, shear forces and stability against roll style. The purpose of this research is to analyze the cause of the collapse of the retaining wall and re plan retaining wall that had collapsed. The unstable retaining wall caused by shear force that is $1.28 < 1.5$ (unsafe). The replan of the retaining wall by gravity type retaining wall with the rear side of upright because of this type is suitable for a high retaining wall. Dimensional stability toward sliding wall: $1.67 > 1.5$ (safe) and stable toward the bolsters: $3.9 > 1.5$ (safe).

Key words: retaining wall, landslide, dimension, retaining wall stability

PENDAHULUAN

Jalan Abdul Manan Wijaya merupakan salah satu jalan utama arus lalu lintas yang menghubungkan akses Malang-Kediri yang terletak di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang, tepatnya di pinggir Sungai Konto, sungai ini memiliki aliran yang cukup luas.

Sepanjang daerah ini sering mengalami tanah longsor di sejumlah titik. Sejumlah lokasi yang menjadi titik rawan tanah longsor saat ini memang berbahaya, apalagi titik-titik lokasi tersebut juga berbatasan dengan aliran Sungai Konto yang membahayakan bagi pengguna jalan yang melintasi dikawasan itu. Akibat tanah longsor di sejumlah titik di kawasan tersebut, pengguna jalan yang akan melalui jalur Malang-Kediri disarankan untuk melewati jalur alternatif

melalui Kabupaten Blitar atau jalur lainnya.

Hal ini tidak dapat dilepaskan dari peran perancang dan pembuat dinding penahan tanah di sepanjang sungai, tebing dan lainnya untuk memperhitungkan kekuatan dinding penahan tanah tersebut, agar dapat mendukung tanah pada jalan dan berfungsi untuk menahan tanah serta mencegah dari bahaya kelongsoran baik akibat beban air, berat tanah maupun beban yang bekerja di atasnya.

Dinding penahan dapat dikatakan aman apabila dinding penahan tersebut telah diperhatikan faktor keamanannya, baik terhadap bahaya pergeseran, bahaya penggulingan, penurunan daya dukung tanah dan patahan. Pada dinding penahan, stabilitas merupakan salah satu aspek

yang tidak boleh diabaikan, karena stabilitas dinding penahan sangat mempengaruhi usia desain dinding penahan itu sendiri.

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah sebuah struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral (horisontal) tanah ketika terdapat perubahan dalam elevasi tanah yang melampaui sudut at-rest dalam tanah. Faktor penting dalam mendesain dan membangun dinding penahan tanah adalah mengusahakan agar dinding penahan tanah tidak bergerak ataupun tanahnya longsor akibat gaya gravitasi. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung kepada sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi (c). Tekanan lateral meningkat dari atas sampai ke bagian paling bawah pada dinding penahan tanah. Jika tidak direncanakan dengan baik, tekanan tanah akan mendorong dinding penahan tanah sehingga menyebabkan kegagalan konstruksi serta kelongsoran.

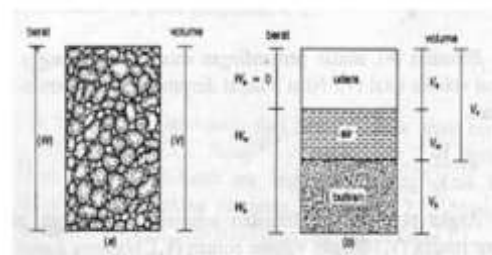
Jenis Dinding Penahan Tanah

1. Dinding grafitasi (*Gravity Wall*)
2. Dinding penahan kantilever (*Kantilever Retaining Wall*)
3. Dinding counterfort (*Counterfort Wall*)
4. Dinding butters (*Butters Wall*)

Tanah

Beban utama yang dipikul oleh dinding penahan tanah adalah berat tanah itu sendiri. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan yang memadai tentang tanah untuk dapat mendesain dinding penahan tanah. Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan

organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), atau lempung (clay), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan hal di atas, berikut adalah gambar diagram fase tanah.



Gambar 1. Diagram Fase Tanah

Besarnya kadar air dan udara berpengaruh besar pada stabilitas tanah, oleh karena itu tidak semua jenis tanah dapat digunakan untuk timbunan di belakang dinding penahan tanah. Bahan yang paling baik digunakan adalah tanah yang kering dan tidak kohesif Timbunan.

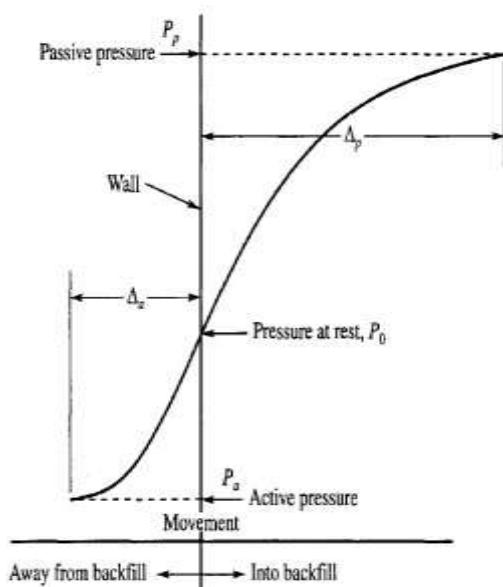
Sistem Drainase Pada Dinding Penahan Tanah

Satu hal yang lebih penting lagi dalam membangun sebuah dinding penahan tanah adalah memadainya sistem drainase karena air yang berada di belakang dinding penahan tanah mempunyai pengaruh pada stabilitas struktur. Drainase berfungsi untuk mengalirkan air tanah yang berada di belakang dinding. Dinding penahan yang tidak mempunyai sistem drainase yang baik dapat mengakibatkan peningkatan tekanan tanah aktif di belakang dinding, berkurangnya tekanan pasif di depan dinding, berkurangnya resistansi friksional antara dasar dinding dan tanah serta kuat geser tanah yang akhirnya akan

berdampak pada berkurangnya daya dukung tanah.

Tekanan Tanah Aktif Dan Pasif Menurut Rankine.

Keseimbangan plastis (plastic equilibrium) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Rankine (1857) menyelidiki keadaan tegangan di dalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis.



Gambar 2. Grafik hubungan pergerakan Dinding penahan dan tekanan tanah.

Untuk tanah yang tidak berkohesi (cohesionless soil), $c = 0$, maka koefisien tekanan aktifnya adalah

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

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

Kapasitas Dukung Tanah

Analisa kapasitas dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja diatasnya. Persamaan – persamaan yang

dibuat dikaitkan dengan sifat – sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhannya. (Teori Terzaghi) Rumus persamaan umum beban ultimit persatuan luas:

$$q_u = 1/3 \cdot c \cdot N_c + \gamma \cdot d \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\phi$$

Keterangan:

q_u	= kapasitas dukung ultimit
c	= kohesi (kN/m^2)
$p_o = D_f \gamma$	= tekanan <i>overburden</i> pada dasar pondasi (kN/m^2)
D_f	= kedalaman pondasi (m)
γ	= berat volume tanah
N_ϕ, N_c, N_q	= faktor kapasitas dukung tanah (fungsi ϕ).

Keruntuhan Terhadap Bahaya Geser

Gaya aktif tanah (E_g) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser, bila dinding menahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya – gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang.

$$(\Sigma F) = 0 \text{ dan } \Sigma M = 0$$

Daya dukung ijin dari tanah

Tekanan yang disebabkan oleh gaya – gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan / abutmen dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

Tekanan tanah dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{maks} = \frac{2 \cdot V}{3 \cdot \left(\frac{B}{2} - e \right)}$$

Metodelogi Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Pujon tepatnya di bantaran Sungai Konto

Jalan Abdul Manan Wijaya Desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang. Lokasi yang direncanakan sepanjang 50 meter memakai dinding penahan batu kali dengan memakai konstruksi beton pada bagian bawah. Lokasi ini berada pada ketinggian 845 meter di atas permukaan laut dengan titik koordinat antara garis lintang $7^{\circ}51'53.54''\text{S}$ dan garis bujur $112^{\circ}25'15.94''\text{T}$.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer disini adalah data yang didapat dari pengamatan langsung peneliti pada lokasi penelitian seperti:

- Peninjauan dan pengukuran lokasi dengan bertujuan mengamati situasi lokasi penelitian
- Pengambilan foto – foto lokasi penelitian untuk pengamatan dan analisa.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain berkaitan dengan perencanaan yang dilakukan. Data ini merupakan data yang tidak perlu diolah lagi karena merupakan data yang sudah baku, yang berkaitan dengan perencanaan yang akan dilakukan. Seperti Peta topografi menggambarkan dimensi

lereng secara visual sehingga didapatkan tinggi dari kemiringan lereng.

Hasil dan Pembahasan

Data Tanah

Sebagai data – data penunjang untuk menghitung stabilitas dinding penahan ini, maka data yang diperoleh diantaranya adalah sebagai berikut:

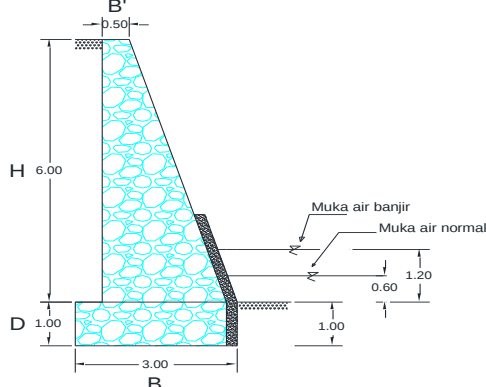
- Tinggi air (H_{air})
 - Normal = 0,60 m
 - Banjir = 1,20 m
- Tanah pengisi = Tanah Lanau

Tabel 1. Data Tanah

No	Jenis Data	Notasi	Σ	Satuan
1	Berat Jenis Tanah	Gs	1,001	kN/m^3
2	Berat Volume Tanah Kering	γ_d	11,09	kN/m^3
3	Berat Volume Tanah Jenuh	γ_{sat}	23,55	kN/m^3
4	Berat Volume Tanah Apung	γ'	13,74	kN/m^3
5	Berat Jenis Air	γ_w	9,81	kN/m^3
6	Berat Jenis Pasangan Batu	γ	22	kN/m^3
7	Angka Pori	e	1,27	
8	Kadar Pori	n	0,56	
9	Kohesi Tanah	c	0,35	kN/m^2
10	Sudut Gesek	ϕ	24,2	$^{\circ}$

Sumber : Lab Mektan Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

Data Dinding Penahan Tanah Eksisting



Gambar 4. Dimensi dinding Penahan eksisting

Tinggi total dinding penahan tanah
(H + D) = 7 m

Tinggi dinding penahan (H)
= 6 m

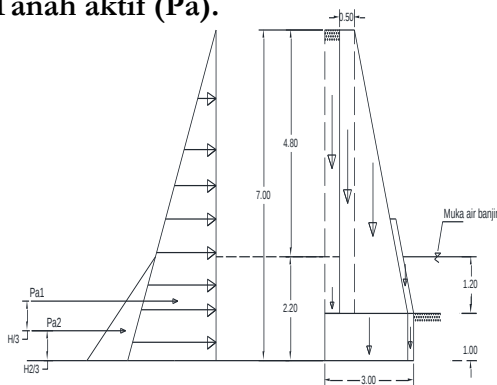
Lebar bawah (B)
= 3 m

Lebar atas (B')
= 0,5 m

Kedalaman fondasi
= 1 m

Perhitungan Tekanan Tanah Aktif Dan Pasif.

Tanah aktif (Pa).



Gambar 5. Tekanan Tanah Aktif pada Kondisi Muka Air Banjir

$$K_a = \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} = \tan^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

$$= \tan^2 (45^\circ - 24,2/2) = 0,41$$

Tekanan tanah aktif :

$$Pa1 = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_d \cdot H^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,41 \cdot 11,09 \cdot 7^2$$

$$= 111,34 \text{ kN}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \gamma_{sat} H^2 \cdot K_a$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 23,55 \cdot 2,22 \cdot 0,41$$

$$= 23,37 \text{ kN}$$

Jumlah tekanan aktif yang bekerja :

$$\Sigma Pa = Pa1 + Pa2$$

$$= 111,34 + 23,37$$

$$= 134,71 \text{ kN}$$

Momen aktif :

$$Ma1 = Pa1 \cdot (1/3 \cdot H)$$

$$= 111,34 (1/3 \cdot 7)$$

$$= 259,79 \text{ kNm}$$

$$Ma2 = Pa2 \cdot (1/3 \cdot H^2)$$

$$= 23,37 (1/3 \cdot 2,2)$$

$$= 17,138 \text{ kNm}$$

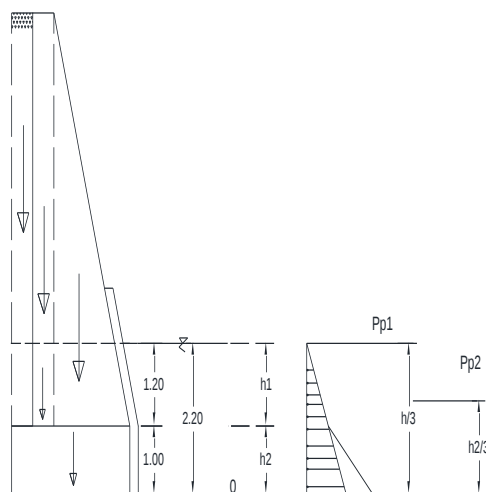
Jumlah momen aktif yang bekerja :

$$\Sigma Ma = Ma1 + Ma2$$

$$= 259,97 + 17,138$$

$$= 276,92 \text{ kNm}$$

Tanah Pasif



Gambar 6. Tekanan Tanah Pasif pada Kondisi Muka Air Banjir

Koefisien tekanan tanah pasif :

$$K_p = \frac{(1 + \sin \varphi)}{(1 - \sin \varphi)} = \tan^2 (45^\circ + \varphi/2)$$

$$= \tan^2 (45^\circ + 24,2/2)$$

$$= 2,3$$

Tekanan tanah pasif:

$$\begin{aligned} Pp1 &= \frac{1}{2} \gamma_w H12 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 2,22 \\ &= 23,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp2 &= \frac{1}{2} \gamma' \cdot K_p \cdot Df^2 + 2 \cdot c \cdot \sqrt{(K_p \cdot Df)} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 13,74 \cdot 2,3 \cdot 12 + 2 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{(2,3 \cdot 1)} \\ &= 15,801 + 1,061 \\ &= 16,862 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja:

$$\begin{aligned} \sum Pp &= Pp1 + Pp2 \\ &= 23,74 + 16,862 \\ &= 40,602 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen pasif :

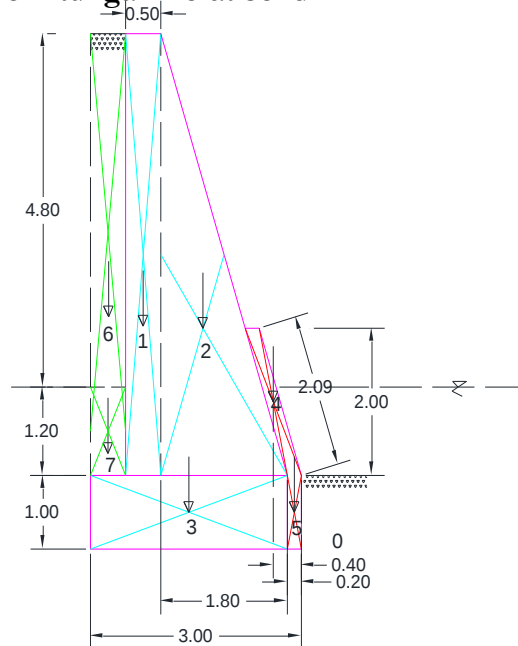
$$\begin{aligned} Mp1 &= Pp1 \cdot \frac{1}{3} \cdot H1 \\ &= 23,74 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1,2 \\ &= 24,14 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mp2 &= Pp2 \cdot \frac{1}{3} \cdot Df \\ &= 16,862 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \\ &= 5,620 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja:

$$\begin{aligned} \sum Mp &= Mp1 + Mp2 \\ &= 24,14 + 5,620 \\ &= 29,76 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Sendiri



Gambar 7. Berat Sendiri Konstruksi

Tabel 2. Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Vertikal.

No	Berat Sendiri P (kN/m)	Jarak ke titik 0 (m)	Momen (kN.m)
1	66	2,25	148,5
2	118,8	1,4	166,32
3	61	1,6	98,56
4	10,03	0,2	2,006
5	4,8	0,1	0,48
6	26,616	2,75	73,194
7	14,13	2,75	38,85
Σ	301,97		527,92

Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser dan Guling

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\Sigma M = 527,92 \text{ kNm}$$

$$V = \Sigma P = 301,97 \text{ kN}$$

$$e = \frac{1}{2} \cdot B - \Sigma M / \Sigma P$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3 - 527,92 / 301,97$$

$$= -0,248$$

$$e_{ijin} = \frac{1}{6} \cdot B = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5$$

$$\sigma_{maks} = (2 \cdot V) / (3 \cdot (B/2 - e))$$

$$\begin{aligned} \sigma_{maks} &= (2 \cdot 301,97) / (3 \cdot (3/2 - (-0,248))) \\ &= 115,167 > q_a = 41,445 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser

$$\text{Gaya vertikal } V = \Sigma P$$

$$F = \tan \phi = \tan 24,2^\circ = 0,45$$

$$SF = (V \cdot f + 2/3 \cdot c \cdot B + Pp) / Pa$$

$$SF = (301,97 \cdot 0,45 + 2/3 \cdot 0,35 \cdot 3 + 40,602) / 134,71$$

$$= 1,28 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

Stabilitas terhadap guling :

$$\Sigma M_a = 276,92 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_p = 29,76 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M = 527,92$$

$$SF = (\Sigma M + \Sigma M_p) / \Sigma M_a$$

$$= (527,92 + 29,76) / 276,92$$

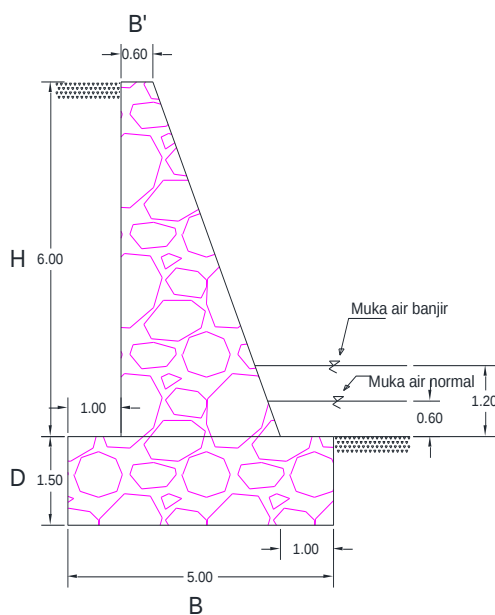
$$= 2,0 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Dari hasil perhitungan eksisting menunjukkan bahwa stabilitas terhadap guling aman, tetapi tidak aman terhadap stabilitas geser, maka bisa disimpulkan bahwa robohnya dinding penahan eksisting karena tidak stabil terhadap geser. Maka dari itu perlu perencanaan dinding penahan ulang.

Merencanakan Kembali Dinding Penahan Tanah

Menentukan Dimensi Dinding Penahan Tanah

Tinggi (H) = 6 m
 Lebar (B) = 5 m
 Lebar atas dinding penahan = 0,60 m
 Kedalaman Pondasi = 1,5 m



Gambar 8. Dimensi Dinding Penahan Tanah

Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser dan Guling

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 1334,65 \text{ kNm} \\ V = \Sigma P &= 450,88 \text{ kN/m} \\ e &= 1/2 \cdot B - \Sigma M / \Sigma P \\ &= 1/2 \cdot 3 - 1334,65 / 450,88 \\ &= -1,46 \\ e_{ijin} &= 1/6 \cdot B = 1/6 \cdot 5 = 0,83\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{maks} &= (2 \cdot V) / (3 \cdot (B/2 - e)) \\ \sigma_{maks} &= 2 \cdot 450,88 / (3 \cdot (5/2 - (-1,46))) \\ &= 75,905 < q_a = 130,762 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned}\text{Gaya vertikal } V &= \Sigma P \\ F &= \tan \theta = 24,2^\circ = 0,45 \\ SF &= (v \cdot f + 2/3 \cdot c \cdot B + P_p) / P_a \\ SF &= (450,88 \cdot 0,45 + 2/3 \cdot 3 \cdot 0,355 + 72,602) / 16 \\ &= 3,074 \\ &= 1,67 > 1,5 \text{ (aman)}\end{aligned}$$

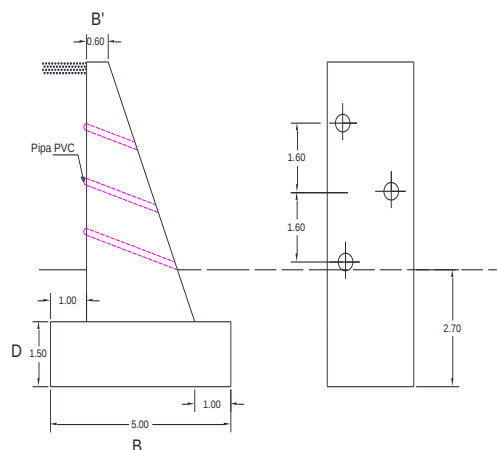
Stabilitas terhadap guling :

$$\begin{aligned}\Sigma M_a &= 351,37 \text{ kNm} \\ \Sigma M_p &= 54,576 \text{ kNm} \\ \Sigma M &= 1334,65 \\ SF &= (\Sigma M + \Sigma M_p) / \Sigma M_a \\ &= (1334,65 + 54,576) / 351,37 \\ &= 3,9 > 1,5 \text{ (aman)}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dinding penahan yang direncanakan menunjukkan bahwa stabilitas terhadap guling dan stabilitas terhadap geser aman, maka bisa disimpulkan bahwa dinding penahan rencana stabil terhadap geser dan guling.

Pemilihan Sistem Drainase

Untuk dinding penahan ini dipilih sistem drainase dasar untuk lubang atau pipa penyalur digunakan pipa keras vinyl (PVC) dengan diameter dalam kira-kira 15 cm,



Gambar 9. Drainase Dinding Penahan

Rencana Anggaran Biaya

Jumlah harga tiap m^3 = jumlah total biaya
: luas bangunan dinding penahan

$$L1 = 0,6 \times 6 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$L2 = \frac{1}{2} \cdot 2,4 \cdot 6 = 7,2 \text{ m}^2$$

$$L3 = 5 \times 1,5 = 7,5 \text{ m}^2$$

$$\Sigma L = 3,6 + 7,2 + 7,5 \\ = 18,3 \text{ m}^2$$

$$V = 18,3 \times 50 \\ = 915 \text{ m}^3$$

Sehingga:

$$\text{Jumlah harga tiap } m^3 = \frac{939.515.342,19}{915} \\ = \text{Rp. } 1.023.515$$

KESIMPULAN

1. Penyebab terjadinya keruntuhan dinding penahan eksisting yaitu tidak stabil terhadap gaya geser yaitu : $= 1,28 < 1,5$ (tidak aman). Perencanaan Kembali Dinding Penahan Tanah, Dimensi dinding penahan tanah Tinggi (H) = 6 m, Lebar (B) = 5 m, Lebar atas dinding penahan = 0,6 m, Kedalaman pondasi = 1,5 m

2. Hasil Analisa stabil terhadap gaya geser $= 1,67 > 1,5$ (aman), Dinding Stabil Terhadap Guling $= 3,9 > 1,5$ (aman) Total biaya yang diperlukan untuk perencanaan dinding penahan tanah dengan panjang 50 m dan lebar 5 m yaitu sebesar Rp. 939.515.342,19 Dari total biaya keseluruhannya di dapat jumlah biaya pekerjaan setiap $m^3 = \text{Rp. } 1.023.515$, Perencanaan harus dilakukan efisien, praktis dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Djarmiko Soedarmono, Edy Purnomo (1993) Mekanika Tanah 2. Kanisius. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2003, "*Mekanika Tanah II*", Edisi Ketiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hary crustady Hardiyatmo (2010) Mekanika Tanah 2. Gajah Mada University press. Yogyakarta.
- Herlien Indrawahjuni (2011) Mekanika Tanah II. Bargie Media, Malang.
- L.D. Wesley (1997) Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
- R.F.Craig (1978) Mekanika Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Terzaghi, K, & peck, R. B, 1993, "*Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*", Penerbit Erlanga, Jakarta.