

EVALUASI STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DI DESA NGROTO, KECAMATAN PUJON, KABUPATEN MALANG

Suhudi¹, Simplisius Ehok²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

Abstrak

Kondisi topografi bergelombang dengan intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan dinding penahan tanah tipe kantilever di ruas Jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya di desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang yang berbatasan dengan aliran sungai Konto mengalami kelongsoran. Stabilitas dinding penahan tanah dapat dinyatakan sebagai F_s (Safety Factor). Nilai faktor keamanan yang ditinjau adalah F_s guling yaitu faktor keamanan terhadap gaya guling, F_s geser adalah faktor keamanan terhadap gaya geser pada dasar dinding penahan, F_s daya dukung tanah adalah faktor keamanan terhadap daya dukung tanah. Tujuan dari evaluasi ini untuk mengetahui perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever dan mengevaluasi stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap bahaya guling, geser, daya dukung tanah serta mengetahui rencana anggaran biaya perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever. Hasil evaluasi ini menunjukkan dinding penahan tanah dengan dimensi $H=7$, $B=3,5$, $T_a=0,5$, $T_b=0,7$, $D=1$ dinyatakan aman dengan nilai keamanan untuk muka air normal f_s geser $1,8 > 1,5$ (aman), f_s guling $2 > 1,5$ (aman), f_s daya dukung tanah $186,8 > 4752,86$ (aman). Muka air banjir f_s geser $2,6 > 1,5$ (aman), f_s guling $2,3 > 1,5$ (aman), f_s daya dukung tanah $186,8 > 4752,86$ (aman). Total biaya yang diperlukan untuk pembangunan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan panjang 20 m $T=7$ lebar 3,5 m sebesar Rp.290,570,000.

Kata kunci: Dinding penahan, Dimensi, Stabilitas dinding penahan

Pendahuluan

Ruas jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya adalah salah satu daerah yang mempunyai kondisi topografi berupa perbukitan dan lembah yang rawan akan tanah longsor, hal ini mengakibatkan beberapa segmen ruas jalan harus berada pada lereng. 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.

Dinding penahan tanah yang sudah dibangun di ruas Jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya, Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang tidak mampu menahan bahaya terhadap pergeseran, bahaya penggulingan, penurunan daya dukung tanah akibatnya dinding penahan tersebut mengalami kelongsoran. Pada dinding penahan, stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan, karena stabilitas

dinding penahan sangat mempengaruhi usia desain dinding penahan itu sendiri.

Maka dari itu perlu dilakukan perencanaan dinding penahan yang aman terhadap faktor guling, geser dan daya dukung tanah

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan merupakan struktur bangunan yang digunakan untuk menahan tanah atau memberikan kestabilan terhadap tanah. Menurut Sudarmanto, Ir., Msc., 1996 Konstruksi Beton 2 dinyatakan bahwa, Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami serta mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampatannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri.

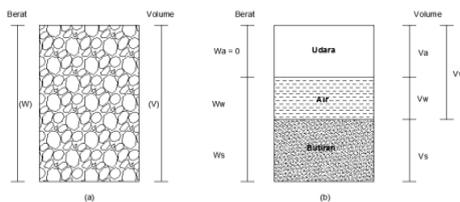
Menurut Hary CH, (2002) dinding penahan tanah adalah suatu bangunan konstruksi yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Kestabilan dinding penahan tanah

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

diperoleh terutama dari berat sendiri struktur dan berat tanah yang berada di atas pelat pondasi. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah, sangat bergantung pada gerakan kearah lateral tanah relative terhadap dinding. Tipe tipe dinding penahan tanah: Dinding Gravitasi, Dinding Kantilever, Dinding Penguat (Counterfort), Dinding Buttress.

Tanah

Tanah merupakan 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 (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Dalam bidang teknik sipil tanah berfungsi sebagai bahan bangunan dan pendukung pondasi bangunan. Tanah terdiri dari 3 bagian yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara dan air pori. Bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Fase Tanah

Drainase Dinding Penahan Tanah

Dalam perancangan dinding penahan tanah diperlukan suatu sistem drainase, karena tanah isian yang terendam oleh air akan menimbulkan:

- Tekanan hidrostatik pada dinding sepanjang dinding penahan tanah
- Terdapatnya tekanan air pori yang besar akan menaikkan tekanan tanah yang bekerja pada dinding.

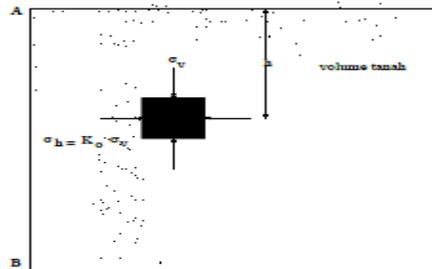
Untuk menghilangkan atau mereduksi pengaruh-pengaruh tersebut di atas, diperlukan drainase sehingga perancangan dinding penahan tanah lebih ekonomis.

Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting didalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi-konstruksi lain, yang ada di bawah.

• Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

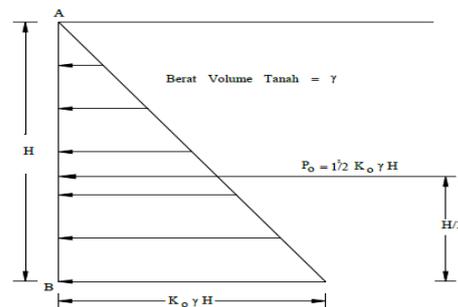
Bila kita tinjau massa tanah seperti yang ditunjukkan dalam gambar massa tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman h akan terkena tekanan arah vertikal dan tekanan arah horizontal.



Gambar 2. Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam K_o , atau: $K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$

Karena $\sigma_v = \gamma h$, maka $\sigma_h = K_o (\gamma h)$



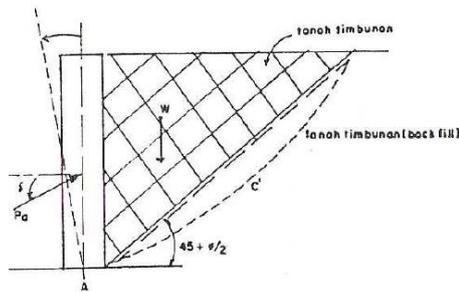
Gambar 3. Distribusi Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2$$

• Tekanan Tanah Aktif

Seperti ditunjukkan pada gambar akibat dinding penahan berotasi ke kiri terhadap titik A, maka tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan akan berkurang perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga yang seimbang. Tekanan tanah yang mempunyai harga tetap atau seimbang dalam kondisi ini disebut tekanan tanah aktif

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang



Gambar 4. Dinding yang Berotasi Akibat

Menurut teori rankine, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Dimana harga K_a untuk tanah datar adalah

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

γ = Berat isi tanah (g/cm^3)

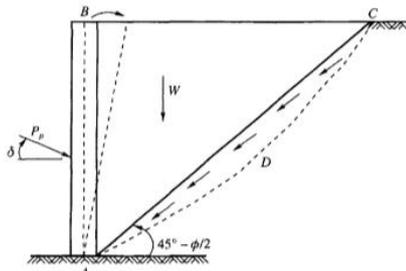
H = tinggi dinding (m)

ϕ = sudut gesek tanah ($^\circ$)

Tegangan utama arah horizontal untuk kondisi aktif berkohesi adalah

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c \sqrt{K_a} H$$

- Tekanan Tanah Pasif



Gambar 5. Dinding Yang Berotasi Melawan Tekanan Tanah Aktif

Menurut teori rankine, besarnya gaya lateral pada pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

Dimana harga K_p untuk tanah datar adalah

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

γ = Berat isi tanah (g/cm^3)

H = tinggi dinding (m)

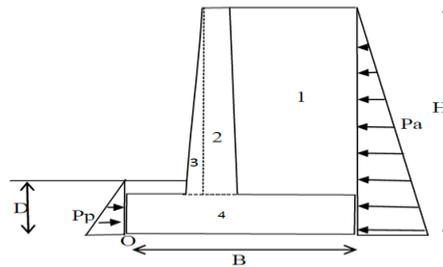
ϕ = sudut gesek tanah ($^\circ$)

Tanah kohesi:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p - 2c \sqrt{K_p} H$$

Stabilitas terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan dibelakang dinding penahan cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah diatas pelat pondasi.



Gambar 6. Diagram tekanan tanah untuk dinding kantilever

Faktor keamanan terhadap guling jika ditinjau dari kaki/titik O pada gambar didefinisikan sebagai :

$$F_{\text{guling}} = \frac{\sum MW}{\sum Mgl}$$

Dimana :

$\sum MW$ = jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan momen pada titik O

$\sum Mgl$ = jumlah momen yang menahan guling terhadap titik O

Momen yang menghasilkan guling :

$$\sum MW = Ph \left(\frac{H}{3} \right)$$

Dimana tekanan tanah horizontal,

$Ph = Pa$ tekanan aktif apabila permukaan tanah datar.

Momen yang menahan guling:

Tabel 1. Perhitungan Gaya Verikal dan Momen

Bagian (1)	Luas (2)	Berat per unit panjang (3)	Jarak momen dari titik O (4)	Momen terhadap titik O (5)
1	A1	$W1 = \gamma_a \times A1$	X1	M1
2	A2	$W1 = \gamma_a \times A2$	X2	M2
3	A3	$W1 = \gamma_b \times A3$	X3	M3
4	A4	$W1 = \gamma_b \times A4$	X4	M4
		ΣV		ΣMR

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

Jadi, faktor keamanannya adalah

$$F_{gl} = \frac{M1+M2+M3+M4}{Pa \left(\frac{H}{3}\right)}$$

Faktor aman terhadap guling, bergantung pada jenis tanah yaitu :

- a. $\geq 1,5$ untuk tanah dasar berbutir
- b. ≥ 2 untuk tanah dasar kohesif

Stabilitas terhadap Geser

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

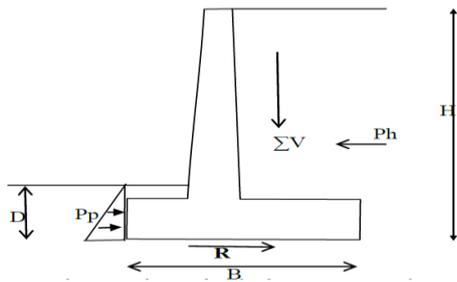
- a. Gesekan antara tanah dan dasar pondasi
- b. Tekanan tanah pasif di depan dinding penahan

Faktor keamanan terhadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus: $F_{gs} = \frac{\sum RH}{\sum Pah}$

Dimana:

$\sum RH$ = jumlah gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horizontal

$\sum Pah$ = jumlah gaya-gaya yang mendorong



Gambar 7. Kontrol Terhadap Pergeseran Dasar Dinding

Gambar menunjukkan bahwa Pp juga merupakan gaya menahan horizontal, sehingga :

$$\sum F_R = (\sum V) \tan \delta + Bc_a + Pp$$

$$F_d = Ph$$

$$F_{S_{geser}} = \frac{(\sum V) \tan \delta + Bc_a + Pp}{Ph}$$

Untuk jenis tanah campuran (lempung pasir) maka besarnya:

$$SF = \frac{v \cdot f + \frac{2}{3} c \cdot B + Ep}{Ea}$$

Dimana:

C= kohesi tanah

b= alas pondasi dinding penahan tanah

SF $\geq 1,5$ digunakan untuk jenis tanah kohesif, misalnya tanah lempung.

Stabilitas terhadap Keruntuhan Daya Dukung Tanah

Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser

yang terjadi saat keruntuhannya. Rumus persamaan umum beban ultimit per satuan luar menurut (Teori Terzaghi):

$$Q_u = \left(\frac{1}{3} \cdot c \cdot N_c\right) + (\gamma \cdot d \cdot N_q) + (0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

dimana:

qu = kapasitas dukung ultimit

c = kohesi (kN/m²)

po = $Df\gamma$ = tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m²)

Df = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah

N_γ, N_c, N_q = faktor kapasitas dukung tanah (fungsi ϕ)

Faktor aman (F) dalam tinjauan kapasitas dukung ultimit neto didefinisikan sebagai berikut:

$$F = \frac{q_{un}}{q} = \frac{qu - \gamma \cdot Df}{q - \gamma \cdot Df}$$

Eksentrisitas dapat diperoleh dari

$$e = \frac{B}{2} = \frac{\sum MR - \sum Mo}{\sum V}$$

Distribusi tekanan pada dasar dinding penahan dapat dihitung sebagai berikut:

$$q = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{M_{net} y}{I}$$

dimana : $M_{net} = (\sum V) e$

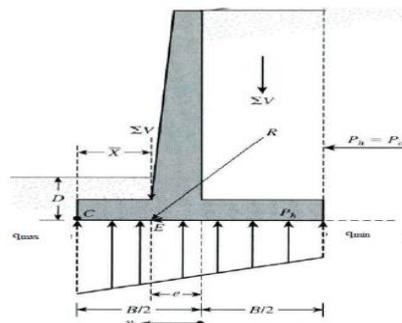
$$I = (1/12) (1) (B^3)$$

Untuk nilai maksimum dan minimum,

$$y = B/2$$

$$q_{max} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$



Gambar 8. Kontrol Terhadap Keruntuhan Daya Dukung

Faktor keamanan terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai :

$$F = \frac{qu}{q_{max}} \geq 3$$

Dimana;

F = Faktor aman terhadap kapasitas dukung

Qu = Tegangan Ultimit

qmax = Tegangan maksimum

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

Beton Struktural

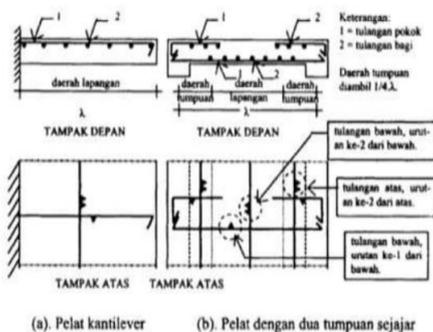
Mutu beton dalam perencanaan pembangunan dinding penahan tanah Kantilever tersebut adalah K-225 (19,3 Mpa) dan melebihi persyaratan minimum untuk perencanaan bangunan tahan gempa sesuai standar SNI BETON 03-2847-2002. Dimana untuk beton struktur, f_c' tidak boleh kurang dari 17 MPa. Sedangkan Nilai maksimum f_c' tidak dibatasi kecuali bila mana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu. Standar ini melengkapi peraturan bangunan gedung secara umum dan harus mengatur dalam semua hal yang berkaitan dengan desain, konstruksi beton struktur, kecuali bila mana standar ini bertentangan dengan persyaratan secara umum yang di adopsi secara ilegal dan tidak sesuai dengan standar- standar SNI Beton 03-2847-2002 (Dikyipan Kriswanto, 2015).

Baja Tulangan

Perencanaan dinding penahan Tanah Kantilever ini sesuai dengan standar perencanaan spesifikasi untuk structural baja gedung yang mengacu pada SNI 03-1729-2002. Baja yang digunakan untuk tulangan - tulangan beton dalam perencanaan gedung tahan gempa menggunakan baja polos diameter 8 mm (untuk sengkang atau ring plat), diameter 12 untuk pelat.

Sistem Penulangan Pelat Satu Arah

Konstruksi pelat satu arah adalah pelat dengan tulangan pokok satu arah, biasanya akan bisa dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.



Gambar 9. Contoh Pelat dengan Tulangan Pokok Satu Arah

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di Jalan Brigjend Abdul Manan Wijaya, Desa Ngroto, Kecamatan Pujon,

Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Ruas Jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya berbatasan langsung dengan aliran sungai konto.



Gambar 10. Lokasi Penelitian

Metode Pengumpulan Data

Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer yaitu :

1. Survei Lapangan
2. Pengukuran
3. Observasi
4. Dokumentasi
5. Data tanah

Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan. Data sekunder pada penelitian ini adalah :

1. Peta Lokasi
2. Daftar Harga Satuan.
3. Literatur

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian sampel tanah di Laboratorium Tanah Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang didapatkan data-data sebagai berikut

Tinggi air (H_{air})

- Normal = 0.60 m
- Banjir = 1.60 m

Tabel 3. Data Tanah

No	Jenis Data	Notasi	Angka	Satuan
1	Berat Jenis Tanah	G_s	1,8	kN/m^3
2	Berat Volume Tanah Basah	γ_b	22,8	kN/m^3
3	Berat Volume Tanah Kering	γ_d	20,32	kN/m^3
4	Berat Volume Tanah Jenuh	γ_{sat}	11,73	kN/m^3
6	Berat Jenis Air	γ_w	9,81	kN/m^3
7	Berat Jenis beton	γ	24,00	kN/m^3
8	Angka Pori	e	3,09	
9	Kohesi Tanah	c	2	t/m^3
10	Sudut Geser	ϕ	45	$^\circ$

Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah yang direncanakan adalah jenis dinding penahan tanah tipe Kantilever.

Data Perencanaan (Dicoba dengan dimensi):

Tinggi Total ($H+D$) = 7,00 m

Tinggi Dinding Penahan (H) = 6,00 m

Lebar Bawah (c) = 0,70 m

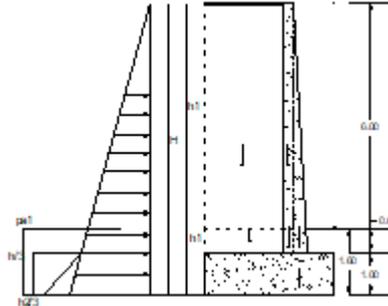
Lebar Atas (a) = 0,30 m

Kedalaman pondasi (d) = 1,00 m

Lebar pondasi (B) = 3,50 m

Perhitungan di lakukan dua kondisi:

1. Kondisi Muka Air Normal Tanpa Gempa Tanah Aktif (P_a)



Gambar 11. Tekanan Tanah Aktif Kondisi Muka Air Normal

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

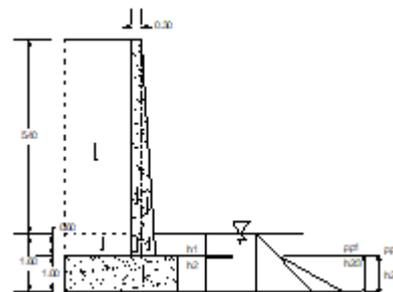
$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{45}{2} \right) = 0,414$$

Tekanan Tanah Aktif :

$$P_{a1} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_d \cdot H_1^2 \cdot K_a = \frac{1}{2} \cdot 20,32 \cdot 7^2 \cdot 0,414 = 206.106 \text{ kN}$$

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_d \cdot K_a \cdot \sqrt{K_a \cdot D_f} = \frac{1}{2} \cdot 20,32 \cdot 0,414 \cdot \sqrt{0,414 \cdot 2,10} = 5,683 \text{ kN}$$

Tanah Pasif



Gambar 12. Tekanan Tanah Pasif Kondisi Muka Air Normal

Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{45}{2} \right) = 2,414$$

Tekanan Tanah Pasif

$$P_{p1} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 1,60^2 = 12.557 \text{ kN}$$

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

$$\begin{aligned}
 Pp2 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot Kp \cdot Df^2 + 2 \cdot c \cdot \sqrt{Kp \cdot Df} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 11,73 \cdot 1^2 + 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2,414 \cdot 1} \\
 &= 5,860 + 6,215 \\
 &= 12,075 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja:

$$\begin{aligned}
 \Sigma Pp &= Pp1 + Pp2 \\
 &= 12,557 + 12,075 \text{ kN} \\
 &= 24,632 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jumlah tekanan Tanah aktif yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 \Sigma Pa &= Pa1 + Pa2 \\
 &= 206,106 + 5,686 \\
 &= 211,789 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Momen Aktif:

$$\begin{aligned}
 Ma1 &= Pa1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot H1\right) \\
 &= 206,106 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 7\right) \\
 &= 432,823 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ma2 &= Pa2 \cdot \frac{1}{3} \cdot H2^2 \\
 &= 5,686 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 1^2\right) \\
 &= 1,7604 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Jumlah momen aktif yang bekerja

$$\begin{aligned}
 \Sigma Ma &= Ma1 + Ma2 \\
 &= 432,823 + 1,7604 \\
 &= 434,583 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Momen Pasif

$$\begin{aligned}
 Mp1 &= Pp1 \cdot \frac{1}{3} \cdot H1 \\
 &= 12,557 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 1,60\right) \\
 &= 6,027 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

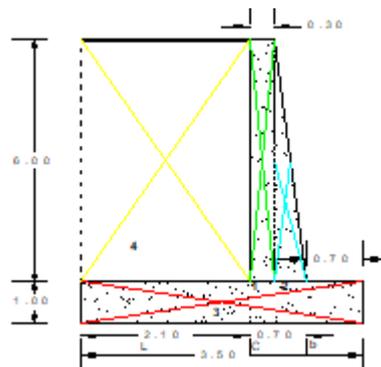
$$\begin{aligned}
 Mp2 &= Pp2 \cdot \frac{1}{3} \cdot H2 \\
 &= 12,075 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 1\right) \\
 &= 3,6225 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja:

$$\begin{aligned}
 \Sigma Mp &= Mp1 + Mp2 \\
 &= 6,027 + 3,6225 \\
 &= 9,6495 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Sendiri Konstruksi

Berat sendiri dihitung berdasarkan bahan yang dipakai dalam pembangunan dinding penahan tersebut. Berat bangunan ini menggunakan ketetapan untuk berat volume beton bertulang yaitu 24 kN/m³, sedangkan berat bangunan itu sendiri adalah perkalian antara luas pias dengan berat volume beton bertulang



Gambar 13. Berat Sendiri Konstruksi

Tabel 4. Hasil Perhitungan Momen

No	Berat Sendiri P (kN/m)	Jarak ke titik 0 (m)	Momen (kN.m)
1	50,4	1,55	78,12
2	34	1,37	46,56
3	84	1,55	130,2
4	299	2,45	732,55
Σ	467		987,45

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\Sigma M = 987,45 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M = 987,45 \text{ kNm}$$

$$V = \Sigma P = 467 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{1}{2} \cdot B - \frac{\Sigma M}{\Sigma P} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 3,5 - \frac{987,45}{467} \\
 &= -0,25
 \end{aligned}$$

$$e_{\text{ijin}} = \frac{1}{6} \cdot B = \frac{1}{6} \cdot 3,5 = 0,58$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{max}} &= \frac{2 \cdot V}{3 \cdot \left(\frac{B}{2}\right) - e} \\
 &= \frac{2 \cdot 467}{2,467}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3 \cdot \left(\frac{3,5}{2}\right) - (-0,25)}{5} \\
 &= 186,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 186,8 \text{ kN/m}^2 < q_a = 4752,86 \text{ kN/m}^2$$

Stabilitas terhadap geser

$$F = \text{tg } 45 = 1$$

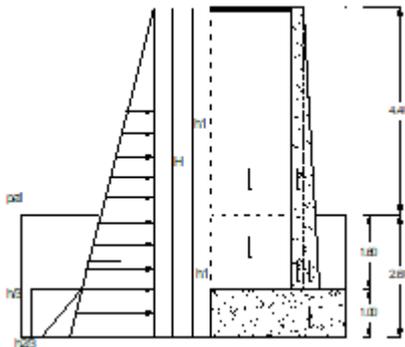
$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(v \cdot f) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B\right) + (Pp)}{Pa} \\
 &= \frac{(467 \cdot 1) + \left(\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 3,5\right) + (24,632)}{211,789} \\
 &= \frac{(461) + (4,6) + (24,632)}{211,789} \\
 &= \frac{490,232}{274,609} \\
 &= 1,8 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto,
Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned} \sum Ma &= 435 \text{ kNm} \\ \sum Mp &= 9,650 \text{ kNm} \\ \sum M &= 987,45 \text{ kNm} \\ SF &= \frac{\sum M + \sum Mp}{\sum Ma} \\ &= \frac{987,45 + 9,6495}{435} \\ &= \frac{82,992}{435} \\ &= 2 > 1,5 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

2. Kondisi Muka Air Banjir Tanpa Gempa Tanah Aktif (Pa)



Gambar 14. Tekanan Tanah Aktif pada Kondisi Aktif

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan \left(45^\circ - \frac{40}{2} \right) \\ &= 0,414 \end{aligned}$$

Tekanan Tanah Aktif :

$$\begin{aligned} Pa1 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_d \cdot H1^2 \cdot K_a \\ &= \frac{1}{2} \cdot 20,32 \cdot 7^2 \cdot 0,414 \\ &= 206,106 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa2 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_a \cdot K_a \cdot \sqrt{Ka \cdot Df} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 20,32 \cdot 0,414 \cdot \sqrt{0,414 \cdot 2,10} \\ &= 5,683 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan Tanah aktif yang bekerja :

$$\begin{aligned} \sum Pa &= Pa1 + Pa2 \\ &= 206,106 + 5,686 \\ &= 211,789 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen Aktif :

$$\begin{aligned} Ma1 &= Pa1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot H1 \right) \\ &= 206,106 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 7 \right) \\ &= 435,42 \text{ kNm} \end{aligned}$$

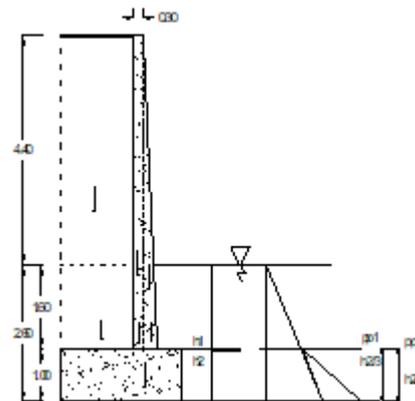
$$\begin{aligned} Ma2 &= Pa2 \cdot \frac{1}{3} \cdot H2^2 \\ &= 5,683 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1^2 \\ &= 6,82 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah momen aktif yang bekerja

$$\begin{aligned} \sum Ma &= Ma1 + Ma2 \\ &= 435,42 + 6,82 \end{aligned}$$

$$= 442,24 \text{ kNm}$$

Tanah Pasif



Gambar 15. Tekanan Tanah Pasif pada Kondisi Banjir

Tekanan tanah Pasif :

Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan \left(45^\circ + \frac{45}{2} \right) \\ &= 2,414 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp1 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H1^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 2,60^2 \\ &= 33,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp2 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{sat} \cdot K_p \cdot Df^2 + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p \cdot Df} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 12,92 \cdot 2,414 \cdot 2,10^2 + 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2,414 \cdot 2,10} \\ &= 68,771 + 1,05 \\ &= 81,823 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja:

$$\begin{aligned} \sum Pp &= Pp1 + Pp2 \\ &= 33,16 + 81,823 \\ &= 114,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen Pasif:

$$\begin{aligned} Mp1 &= Pp1 \cdot \frac{1}{3} \cdot H1 \\ &= 4,91 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 2,60 \right) \\ &= 10,30 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mp2 &= Pp2 \cdot \frac{1}{3} \cdot H2 \\ &= 81,823 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 1 \right) \\ &= 24,55 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja:

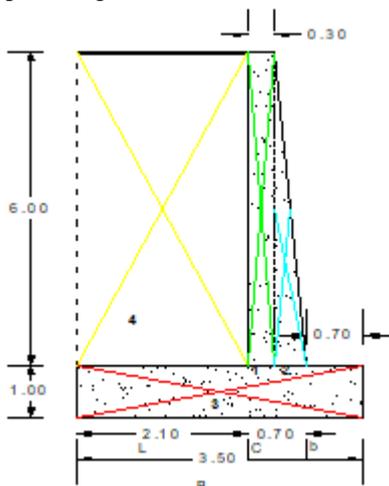
$$\begin{aligned} \sum Mp &= Mp1 + Mp2 \\ &= 10,30 + 24,55 \\ &= 34,85 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Sendiri Konstruksi

Berat sendiri dihitung berdasarkan bahan yang dipakai dalam pembangunan dinding penahan tersebut. Berat bangunan ini menggunakan ketetapan untuk berat volume beton bertulang yaitu 24 kN/m³, sedangkan berat

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

bangunan itu sendiri adalah perkalian antara luas pias dengan berat volume beton bertulang.



Gambar 16. Berat Sendiri Konstruksi

Tabel 5. Hasil Perhitungan Momen

No	Berat Sendiri P (kN/m)	Jarak ke titik 0 (m)	Momen (kN.m)
1	50,4	1,55	78,12
2	34	1,37	46,56
3	84	1,55	130,2
4	299	2,45	732,55
Σ	467		987,45

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\sum M = 987,45 \text{ kNm}$$

$$V = \sum P = 467 \text{ kN/m}$$

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

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,5 - \frac{987,45}{467}$$

$$= -0,25$$

$$e_{ijin} = \frac{1}{6} \cdot B = \frac{1}{6} \cdot 3,5 = 0,58$$

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

$$= \frac{2 \cdot 467}{3 \cdot \left(\frac{3,5}{2}\right) - (-0,25)}$$

$$= \frac{934}{5}$$

$$= 186,8 \text{ kN/m}^2$$

$$V = \sum P = 467 \text{ kN/m}^2 < q_a = 4752,86 \text{ kN/m}^2$$

Stabilitas terhadap geser

$$F = \text{tg } \alpha = \text{tg } 45 = 1$$

$$SF = \frac{(v \cdot f) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B\right) + (Pp)}{Pa}$$

$$= \frac{(467 \cdot 1) + \left(\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 3,5\right) + (86,73)}{211,789}$$

$$= \frac{(467) + (4,6) + (86,73)}{211,789}$$

$$= \frac{558,33}{211,789}$$

$$= 2,6 > 1,5$$

Stabilitas terhadap guling

$$\sum Ma = 442,24 \text{ kNm}$$

$$\sum Mp = 34,85 \text{ kNm}$$

$$\sum M = 987,45 \text{ kNm}$$

$$SF = \frac{\sum M + \sum Mp}{\sum Ma}$$

$$= \frac{987,45 + 34,85}{442,24}$$

$$= \frac{1022}{442,24}$$

$$= 2,3 > 1,5$$

Rencana Anggaran Biaya

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

$$\text{Jumlah harga tiap } \text{m}^3 = \frac{293.260.000}{121}$$

$$= \text{Rp } 2.400.000 \text{ m}^3$$

Kesimpulan

Hasil analisis perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang diantaranya Sebagai Berikut :

Dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan:

Tinggi (H) = 6 m

Lebar pondasi (B) = 3,5 m

Lebar atas = 0,3 m

Kedalaman pondasi = 1 m

Tinggi total = 7 m

Hasil evaluasi stabilitas dinding penahan stabil terhadap:

Kondisi muka air normal tanpa gempa:

a. Bahaya Geser, SF = 1,8 > 1,5

b. Bahaya Guling = 2 > 1,5

c. Daya Dukung Tanah = 186,8 < 475,86

Kondisi muka air banjir tanpa gempa:

a. Bahaya Geser, SF = 2,6 > 1,5

b. Bahaya Guling = 2,3 > 1,5

c. Daya Dukung Tanah = 186,8 < 4752,86

Total biaya yang diperlukan untuk pembangunan dinding penahan tanah tipe

Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Desa Ngroto,
Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang

kantilever dengan panjang 20 m dengan lebar 3,5 m sebesar Rp 290,570.000 . Biaya pekerjaan setiap m³ = Rp.2,400,000

Daftar Rujukan

- Arsoni, Ali., 2010. "*Balok Dan Pelat Beton Bertulang*", Graham Ilmu Yogyakarta.
- Bolwes, J. E, 1992. "*Foundation Analysis And Design* ", Third Edition, Mcgraw-Hill Book Company, Singapore.
- Bowles Joseph E, 1988, *Analisis Dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2*, Jakarta : Penerbit Erlangga
- Das Braja M. 1995. **Mekanika Tanah 1**. Erlangga. Jakarta.
- Hakim Abdul, Mulya Pranata Risky. 2011. **Studi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Ruas Jalan Silaing Padang-Bukit Tinggi km 64+500**. *Jurnal Rekaya Sipil*, vol 7 No 1 : 57-74
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. **Mekanika Tanah 2**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 1
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006 . **Teknik Pondasi 2** : Edisi Ketiga. Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady . 2014. **Mekanika Tanah 2**, Cetakan Kedua, Edisi Kelima
- Lulut Fadhilah,Sudarno.2017. **Perencanaan Dinding Penahan Tanah Untuk Perbaikan Lonsor Di Ruas Jalan Balerejo Kolegen.Reviews In Civil Engineering**.Vol 01 No 1:25-28
- Syaifulloh,Suhudi,Rasidi Nawir. 2011. **Analisis Stabilitas Dinding Penahan Di Jalan Ngantang Kabupaten Malang**. *Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi*.Hal.1-10
- Sudarmanto, 1996, Dinding Penahan Tanah, "*Konstruksi Beton 2*"
- Soemono, 1997. "Statika I" Edisi Kelima, Penerbit ITB, Bandung.
- Suhudi dan M. Supriyanto. 2016 **Evaluasi Kelongsoran Tanah Pada Bantaran Sungai Konto Di Kecamatan Pujon Dan Penanganannya**.*Buana Sains* Vol 1 No 1: 83-90
- Terzaghi K dan peck. R . B 1993. **Mekanika Tanah Dalam Praktik Rekayasa**. Penerbit Erlangga. Jakarta