

ANALISIS PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH DI RSUD IBU FATMAWATI SOEKARNO DENGAN PERHITUNGAN MANUAL DAN SOFTWARE GEO 5

Diana Anggun Permatasari; Ir Sugiyatno, S.T., M.T

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) di kawasan RSUD Ibu Fatmawati Soekarno dibangun untuk mencegah kelongsoran lereng dibelakang bangunan, Untuk menjaga kestabilan lereng – lereng tersebut maka dibuatlah dinding penahan tanah (DPT) tipe gravitasi yang dilengkapi dengan alternatif perkuatan fondasi cerucuk bambu karena lokasi berbatasan dengan sungai agar dapat menahan tekanan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan SF DPT metode manual dengan *software Geo5* dan merencanakan ulang sesuai standar SNI 8468-2017. Hasil analisis kondisi eksisting tanpa perkuatan (Tidak Aman) terhadap guling dengan $SF = 0,89 < 2$, stabilitas terhadap gaya geser (Tidak Aman) dengan $SF = 1,10 < 2$ dan terhadap kapasitas daya dukung $e > e$ izin $2,26 > 0,2$. Sedangkan hasil dari perhitungan *software Geo 5* menghasilkan stabilitas (Tidak Aman) guling dengan $SF 0,86 < 2$, stabilitas terhadap geser) dengan $SF 0,96 < 2$ sedangkan terhadap kapasitas daya dukung dengan nilai $e 0,598 > 0,333$. Perbandingan perhitungan manual dan software pada keadaan eksisting Tidak Aman, maka perlu menggunakan perkuatan fondasi cerucuk bambu untuk meningkatkan kuat dukung tanah yang semula $SF-12,58$ menjadi $2,19$. Namun masih tidak aman dibuktikan dengan adanya 2 tiang/m dengan jarak antar tiang $0,5$ m (tidak sesuai standarnya). Maka perlu direncanakan ulang DPT sesuai SNI 8468-2017 dengan menambah lebar dasar dinding yang semula $1,2$ m menjadi $3,36$ m tanpa menggunakan perkuatan cerucuk bambu. Mendapatkan hasil yang memuaskan (Aman) terhadap perhitungan manual maupun *Geo5*. SF guling hitungan manual = $2,16 > 2$, *Geo5* SF = $2,69 > 2$, stabilitas geser dengan perhitungan manual SF = $2,37 > 2$, *Geo5* SF = $3,36 > 2$ dan pada kapasitas daya dukung dengan hitungan manual maupun *Geo5* $e < e$ izin perhitungan manual $0,01 < 0,56$ dan perhitungan *Geo5* $0,11 < 0,33$ (Aman)

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah Gravitasi, Stabilitas, Fondasi Cerucuk Bambu, Geo5

Abstract

Retaining wall in the area of RSUD Ibu Fatmawati Soekarno was built to prevent the slope behind the building, To maintain the stability of these slopes, a gravity type retaining wall (DPT) was made which was equipped with an alternative reinforcement of the bamboo niche foundation because the location borders the river in order to withstand soil pressure. This research aims to compare SF DPT manual method with *Geo5* software and re-plan according to SNI 8468-2017 standard. The results of the analysis of existing conditions without reinforcement (Unsafe) against overturning with $SF = 0.89 < 2$, stability against shear force (Unsafe) with $SF = 1.10 < 2$ and against bearing capacity $e > e$ permit $2.26 > 0.2$. While the results of the *Geo 5* software calculation produce stability (Unsafe) roll with $SF 0.86 < 2$, stability against shear) with $SF 0.96 < 2$ while against the bearing capacity with a value of $e 0.598 > 0.333$. Comparison of manual and software calculations in the existing situation is not safe, it is necessary to use reinforcement of the bamboo niche foundation to increase the bearing capacity of the soil from SF -12.58 to 2.19. However, it is still unsafe as evidenced by the presence of 2 poles / m with a distance

between poles of 0.5 m (not according to the standard). So it is necessary to re-plan the DPT according to SNI 8468-2017 by increasing the width of the base of the wall from 1.2 m to 3.36 m without using bamboo pile reinforcement. Getting satisfactory results (Safe) against manual and Geo5 calculations. Manual calculation $SF = 2.16 > 2$, Geo5 $SF = 2.69 > 2$, shear stability with manual calculation $SF = 2.37 > 2$, Geo5 $SF = 3.36 > 2$ and on the bearing capacity with manual and Geo5 calculation $e < e$ permit manual calculation $0.01 < 0.56$ and Geo5 calculation $0.11 < 0.33$ (Safe).

Keywords: Retaining Wall Gravity, Stability, Niche Bamboo Foundation, Geo 5

1. PENDAHULUAN

Pembangunan RSUD Ibu Fatmawati Soekarno menggunakan dinding penahan tanah tipe gravitasi yang diperkuat dengan fondasi cerucuk bambu. Dinding penahan tanah gravitasi adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu kali. Sedikit tulangan beton kadang – kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan *temperatur* dan pengikat pasangan batu kali tersebut Hardiyatmo (2018). Untuk menjaga kestabilan lereng – lereng yang berdekatan dengan sungai maka dibuatlah dinding penahan tanah (DPT) yang dilengkapi dengan Alternatif perkuatan pondasi cerucuk bambu dimana dalam merencanakan dinding penahan tanah (DPT) harus dapat memperhitungkan kestabilan dinding penahan tanah terhadap daya dukung, stabilitas geser, dan stabilitas gulingnya. Untuk mengetahui perkuatan dinding penahan tanah menggunakan cerucuk bambu sudah aman atau tidak, maka dilakukan analisis secara hitungan manual, sedangkan analisis tanpa perkuatan cerucuk bambu dengan *software Geo5* untuk mengetahui nilai faktor keamanan, kemudian dibandingkan dengan hasil analisis faktor keamanan perhitungan manual.



Gambar I Pengukuran Topografi dan Lokasi Pembangunan Dinding Penahan Tanah

Penelitian ini perlu dilakukan, untuk membantu mencegah terjadinya tanah longsor. Dari analisa yang dilakukan dari data - data yang ada, maka dapat diketahui stabilitas dinding

penahan tanah terhadap gangguan yang mungkin timbul karena berbagai faktor, seperti penambahan beban bangunan di atasnya, hujan yang mengakibatkan muka air tinggi maupun akibat berat tanah itu sendiri. Selain itu juga dapat mengetahui dimensi dinding penahan tanah yang tepat sesuai SNI 8468-2017 dan menghitung jumlah, jarak dan cara pemasangan alternatif cerucuk bambu.

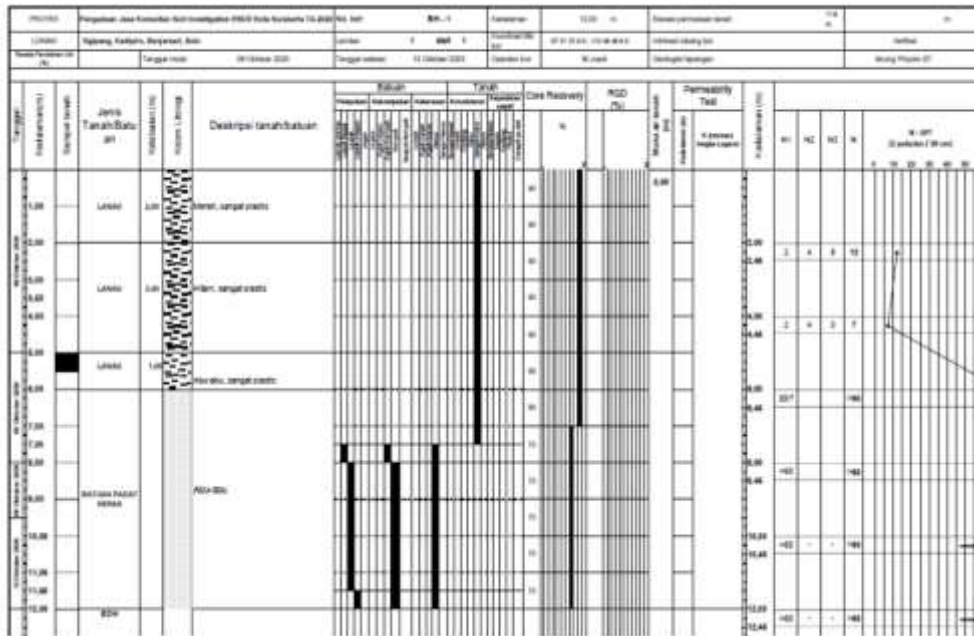
Penelitian sebelumnya pernah dilakukan Sonia (2022) Dengan judul “Perencanaan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*) Tipe *Gravity* Dengan Menggunakan Program *Geo 5* Di Proyek Pengendalian Banjir Tukad UNDA Di Desa Tangkas, Klungkung, Bali” pada penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dimensi dan stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya pergeseran, penggulingan dan keruntuhan daya dukung tanah dengan metode manual. Kemudian diolah dengan menggunakan program *Geo5*. Penggunaan *Geo5* untuk mencari nilai keamanan dari stabilitas dinding penahan tanah. Penelitian ini menggunakan rumus *Rankine* pada metode manualnya sedangkan pada saat perhitungan *Geo5* menggunakan rumus *Rankine* yang sudah dimodifikasi menjadi *Mazindrani*. Hasil dari penelitian ini dengan metode manual menghasilkan (SF) guling = $2,75 > 1,5$ (aman), (SF) geser = $4,655 > 1,5$ (aman), dan keruntuhan daya dukung $12,55 > 3$ (aman). Sedangkan perhitungan program *Geo5* dengan hasil (SF) guling = $1,61 > 1,5$ (aman), (SF) geser = $7,17 > 1,5$ (aman), dan keruntuhan kapasitas daya dukung = $3,27 > 3$ (aman). Perbedaan hasil perhitungan stabilitas antara perhitungan manual dengan *Geo5*, dikarenakan rumus atau metode yang digunakan berbeda. Pada perhitungan manual peneliti menggunakan metode Rankine akan tetapi pada program *Geo5* menggunakan metode *Rankine* yang sudah termodifikasi menjadi *Mazindrani*.

Judul penelitian “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Menggunakan Pondasi Cerucuk Kayu Dan Minipile Pada Proyek Pembangunan Jalan Ponncosari – Greges, Yogyakarta STA 9 + 350 /0 +000” Setyawan (2017) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas struktur dinding penahan tanah tanpa pondasi, mengetahui stabilitas struktur dinding penahan tanah dengan perkuatan cerucuk, mengetahui stabilitas struktur dinding penahan tanah dengan perkuatan *minipile*, mengetahui perbandingan daya dukung cerucuk dengan *minipile*. Secara umum dinding penahan tanah menggunakan perkuatan cerucuk dan mini pile adalah perkuatan yang digunakan untuk memperkuat stabilitas dan daya dukung dinding penahan tanah, perkuatan cerucuk dan *minipile* digunakan karena kurangnya kapasitas dukung tanah yang mempengaruhi kuat geser tanah keseluruhan. Dinding penahan tanah yang direncanakan tipe beton bertulang (*kantilever*). Hasil dari penelitian ini yang pertama, stabilitas dinding penahan tanah tanpa perkuatan pondasi aman terhadap geser dengan $SF = 3,3739 > 1,5$ tanpa gempa dan $SF 2,7088 > 1,1$ dengan gempa, tetapi tidak aman terhadap

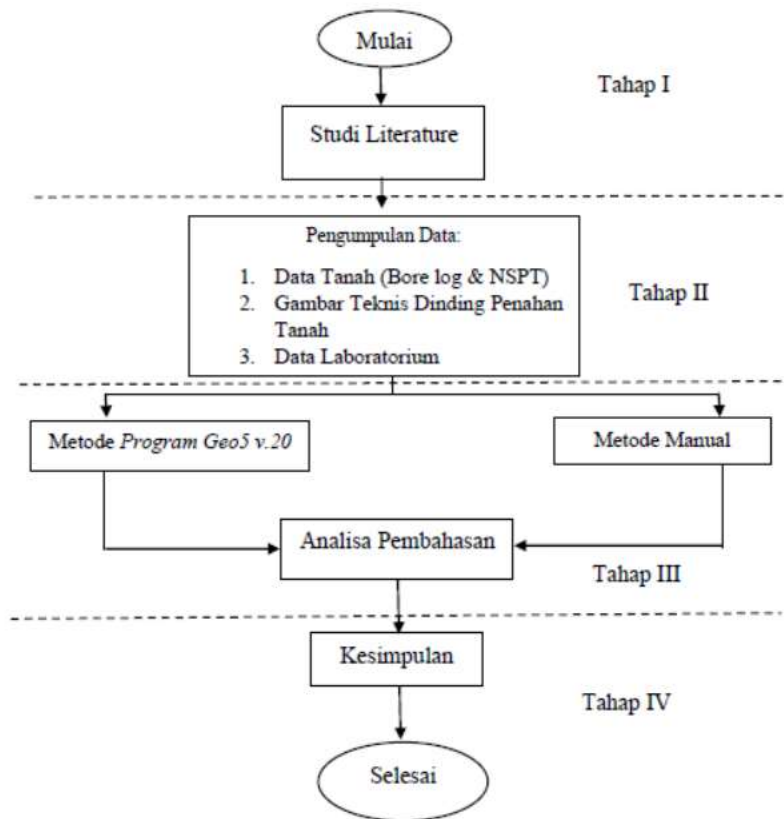
guling dengan $SF = 1,083 < 2$ tanpa gempa dan $SF = 0,5733 < 1,5$ dengan gempa. Daya dukung tanah tidak aman dengan $SF = 1,2770 < 2$ tanpa gempa dan $SF = 0,6553 < 1$ dengan gempa, sehingga dinding penahan tanah harus didesain ulang dengan menambah Panjang kaki belakang. Hasil dari desain yang baru menunjukkan bahwa DPT aman terhadap guling dengan $SF = 2,3741 > 2$ tanpa gempa dan $SF = 1,6879 > 1,5$. Stabilitas geser aman dengan $SF = 5,3614 > 1,5$ tanpa gempa dan $SF = 1,4900 < 2$ tanpa gempa dan $SF = 0,9360 < 1$ dengan gempa sehingga diperlukan perkuatan pondasi. Hasil kedua stabilitas dinding penahan tanah dengan cerucuk meningkatkan kuat dukung tanah yang semula $SF = 1,4900 < 2$ menjadi $3,5211 > 2$ tanpa gempa dan $SF = 0,9360 < 1$ menjadi $SF = 2,2119 > 1$ dengan gempa. Ketiga, Stabilitas dinding penahan tanah dengan minipile meningkatkan kuat dukung tanah yang semula $SF = 1,4900 < 2$ menjadi $2,8506 > 2$ tanpa gempa dan $SF = 0,9360 < 1$ menjadi $SF = 1,7907 > 1$ dengan gempa. Hasil yang terakhir yaitu perbandingan daya dukung pondasi menunjukkan bahwa perkuatan pondasi *minipile* berjumlah 4 tiang dan perkuatan pondasi cerucuk kayu dengan jumlah 11 tiang mampu menahan beban sebelum dan sesudah gempa.

2. METODE

Tahapan awal pada penelitian perencanaan ini adalah mengumpulkan dan memahami studi literatur permasalahan di RSUD Ibu Fatmawati Soekarno dengan mengumpulkan buku – buku, jurnal, peneliti terdahulu yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian. Tahap kedua Mengumpulkan data – data seperti gambar teknis, penyelidikan N-SPT dan Bore Log, dan Data Laboratorium tanah yang didapatkan. Tahap ketiga menganalisis stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi kondisi eksisting tanpa perkuatan cerucuk bambu dengan metode manual dan *software Geo 5*, lalu dilanjutkan menganalisis perkuatan fondasi cerucuk bambu hanya dengan metode manual, jika SF yang di dibandingkan dari perhitungan manual maupun *Geo 5* sama – sama tidak aman, maka perlu perencanaan ulang dinding penahan tanah tipe gravitasi tanpa perkuatan fondasi cerucuk bambu dengan metode manual dan *Geo 5* dengan dimensi dinding penahan tanah tipe gravitasi sesuai SNI 8486 – 2017. Tahap keempat menyimpulkan hasil analisis dan pembahasan untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian dan memberi masukan penelitian sebagai untuk kebaikan kedepannya. Data SPT dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2 Bor Log BH-1



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 5 Pembacaan Grafik NSPT

Kedalaman	Elevasi	Deskripsi	N-SPT	Koreksi	koreksi 2
2	111	Lanau(Hitam sangat plastis)	12	14,60	25,40
2,45	111,55	Lanau(Hitam sangat plastis)	12	14,60	25,40
4	110	Lanau(Hitam sangat plastis)	7	8,517	24,13
4,45	109,55	Lanau(Hitam sangat plastis)	15	18,250	26,04
4,8	109,2	Lanau(Hitam sangat plastis)	33,00	40,150	28,96
5,8	108,2	Batuan(abu- abu)	60	73	32,08
6	116	Batuan(abu- abu)	60	73	32,08
6,3	107,7	Batuan(abu- abu)	60	73	32,08
7	107	Batuan(abu- abu)	60	73	32,08

Tabel 6. Data Laboratorium

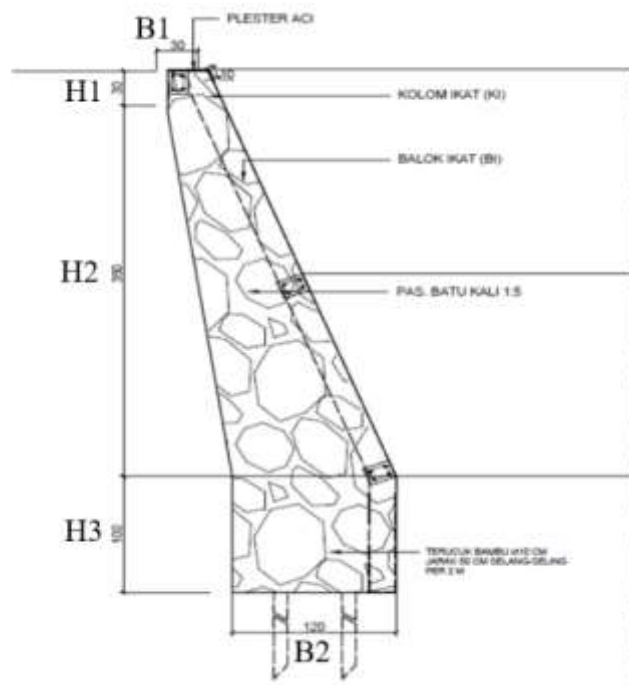
Kedalaman	Jenis Tanah	Parameter	Nilai	Satuan
(2,5 - 3) meter	Lanau (Hitam sangat plastis)	Kohesi (c)	5,19	kN/m ²
		Sudut Gesek Dalam (ϕ)	11,3	°
		Berat Volume tanah Basah (γ_b)	16,49	kN/m ³
		Spesific Gravity (G _s)	2,62	
		Angka Pori (e)	1,48	
		Berat volume tanah kering (γ_d)	10,35	kN/m ³
		Berat Volume efektif (γ')	6,4	kN/m ³
		Berat jenis Air (γ_w)	9,8	kN/m ³
		Berat Volume tanah jenuh air (γ_{sat})	16,2	kN/m ³
(5,5 – 6) meter	Lanau(Abu-abu,sangat plastis)	Kohesi (c)	24,42	kN/m ²
		Sudut Gesek Dalam (ϕ)	16,06	°
		Berat Volume tanah Basah (γ_b)	16,94	kN/m ³
		Spesific Gravity (G _s)	2,63	
		Angka Pori (e)	1,44	
		Berat volume tanah kering (γ_d)	10,52	kN/m ³

		Berat Volume efektif (γ')	6,5	kN/m ³
		Berat jenis Air (γ_w)	9,8	kN/m ³
		Berat Volume tanah jenuh air (γ_{sat})	16,32	kN/m ³

Tabel 7. Kuat Tekan Bambu Petung Morisco (1999)

Jenis Bambu	Bagian	Kuat Tekan (MPa)
Bambu Petung (<i>Dendrocalamus asper</i>)	Pangkal	277
	Tengah	409
	Ujung	548
Rata – rata Kuat Tekan Bambu Petung		411

Dimensi Dinding Penahan Tanah



Gambar 6. Dimensi DPT

Dimensi dinding penahan tanah pada kondisi eksisting tinggi permukaan atas (H_1) = 30 cm, H_2 = 350 cm, H_3 = 100 cm, dan tinggi total (H) = 480 cm. Sedangkan lebar permukaan atas (B_1) = 30 cm dan lebar dasar dinding penahan tanah (B_2) = 120 cm.

A. Analisis Beban Kerja Dinding Penahan Tanah

1. Perhitungan Tekanan Tanah Lateral

Langkah – Langkah yang dilakukan dalam menganalisis dinding penahan tanah sebagai berikut :

a. Menghitung Koefisien Tanah lateral

1) Koefisien tekanan aktif (K_a)

Lapis 1 menggunakan teori Rankine

$$\begin{aligned} K_a &= \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{11,3}{2} \right) \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

Lapis 2 menggunakan teori Rankine

$$\begin{aligned} K_a &= \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{16,06}{2} \right) \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

2) Koefisien tekanan pasif (K_p)

Lapis 3 menggunakan teori Rankine

$$\begin{aligned} K_p &= \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{16,06}{2} \right) \\ &= 1,76 \end{aligned}$$

b. Menghitung Gaya

1) Menghitung Gaya Aktif

Lapis 1

$$z = 0$$

$$\begin{aligned} \sigma_v &= q + \gamma' \cdot z \\ &= 12 + 6,40 \times 0 \\ &= 12 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \sigma_v K_a - 2c\sqrt{K_a} \\ &= 12 \times 0,67 - 2 \times 5,19 \times \sqrt{0,67} \\ &= 2,33 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= (\sigma_v K_a - 2c\sqrt{K_a}) \cdot z \text{ diagram} \\ &= (12 \times 0,67 - 2 \times 5,19 \times \sqrt{0,67}) \times 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 7,01 \text{ kN/m} \\
z &= 3 \\
\sigma_v &= q + \gamma'1 z \\
&= 12 + 6,40 \times 3 \\
&= 31,20 \text{ kN/m}^2 \\
\sigma_H &= K_{a1}(q + (\gamma' x Z_0) + (\gamma' x Z_1) - 2c\sqrt{K_{a1}}) \\
&= 0,67(12 + (6,40 \times 0) + (6,40 \times 3) - 2 \times 5,19\sqrt{0,67}) \\
&= 15,24 \text{ kN/m}^2 \\
Pa &= \frac{1}{2} K_{a1}(q + (\gamma' x Z_0) + (\gamma' x Z_1) - 2c\sqrt{K_{a1}}) z \text{ diagram} \\
&= \frac{1}{2} 0,67(12 + (6,40 \times 0) + (6,40 \times 3) - 2 \times 5,19\sqrt{0,67}) \times 3 \\
&= 22,87 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

Lapis 2

$$\begin{aligned}
z &= 3 \\
\sigma_v &= q + \gamma'2 z \\
&= 12 + 6,5 \times 3 \\
&= 23,74 \text{ kN/m}^2 \\
\sigma_H &= K_{a2}(q + \gamma'_1 x Z_1 + \gamma'_2 x Z_2 - 2c\sqrt{K_{a2}}) \\
&= 0,57 (12 + 6,40 \times 3 + 6,5 \times 1,8 - 24,42\sqrt{0,57}) \\
&= 3,50 \text{ kN/m}^2 \\
Pa &= K_{a2}(q + \gamma'_1 Z_1 + \gamma'_2 Z_2 - 2 c \sqrt{K_{a2}}) z \text{ diagram} \\
&= 0,57 (12 + 6,40 \times 3 + 6,5 \times 1,8 - 24,42\sqrt{0,57}) \times 3 \\
&= 10,49 \text{ kN/m} \\
z &= 4,8 \\
\sigma_v &= q + \gamma'_1 Z + \gamma'_2 Z \\
&= 12 + 6,40 \times 3 + 6,52 \times 1,8 \\
&= 43,30 \text{ kN/m}^2 \\
\sigma_H &= K_{a2}(q + (\gamma'_2 Z_2) + (\gamma'_1 Z_1 + \gamma'_2 Z_2) - 2 c \sqrt{K_{a2}}) \\
&= 0,57^2(12 + (6,52 \times 1,8) + (6,40 \times 3 + 6,52 \times 1,8) - 2 \times 24,42\sqrt{0,57}) \\
&= 10,15 \text{ kN/m}^2 \\
Pa &= \frac{1}{2} (K_{a2}(q + (\gamma'_2 Z_2) + (\gamma'_1 Z_1 + \gamma'_2 Z_2) - 2 c \sqrt{K_{a2}})) z \\
&= \frac{1}{2} 0,57^2(12 + (6,52 \times 1,8) + (6,40 \times 3 + 6,52 \times 1,8) - 2 \times \\
&\quad 24,42\sqrt{0,57}) \times 4,8 \\
&= 24,36 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

Akibat Tekanan Air di belakang dinding

$$z = 4,8$$

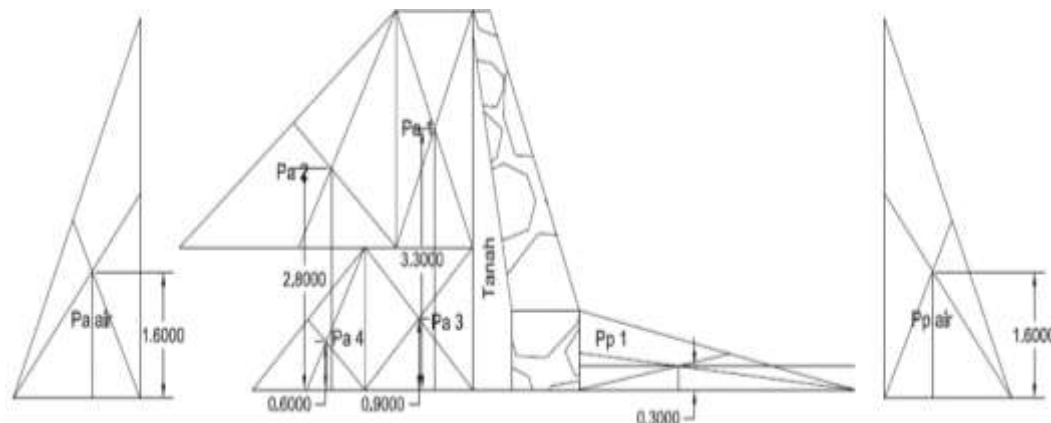
$$\begin{aligned}\sigma_v &= q + \gamma_w z \\ &= 12 + 9,8 \times 4,8 \\ &= 59,04 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_H &= \sigma_v K_{a_{air}} - 2c_{air} \sqrt{K_{a_{air}}} \\ &= 59,04 \times 1 - 2 \times 0 \times \sqrt{1} \\ &= 59,04 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{a_{air}} &= \frac{1}{2} (\sigma_v K_{a_{air}} - 2c_{air} \sqrt{K_{a_{air}}}) z \text{ diagram} \\ &= \frac{1}{2} (59,04 \times 1 - 2 \times 0 \times \sqrt{1}) \times 4,8 \\ &= 141,69 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Sehingga Pa Total diperoleh:

$$\begin{aligned}P_{a \text{ Total}} &= P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + P_{a4} + P_{a_{air}} \\ &= 7,01 + 22,87 + 10,49 + 24,36 + 141,69 \\ &= 206,43 \text{ kN/m}\end{aligned}$$



Gambar 7 Diagram Tekanan Tanah Lateral Kondisi Eksisting

2) Menghitung Gaya Pasif

Lapis tanah di depan DPT

$$z = 1$$

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma z \\ &= 6,52 \times 1 \\ &= 6,52 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_H &= \sigma_v K_{p2} - 2c \sqrt{K_{p2}} \\ &= 6,52 \times 1,76 + 2 \times 24,42 \times \sqrt{1,76}\end{aligned}$$

$$= 76,41 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_p &= 1/2 (\sigma_v K_{p2} - 2c\sqrt{K_{p2}}) z \text{ diagram} \\ &= 1/2 (6,52 \times 1,76 + 2 \times 24,42 \times \sqrt{1,76}) \times 1 \\ &= 76,41 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Akibat Tekanan Air di depan dinding

$$z = 4,8$$

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \gamma_w z \\ &= 9,8 \times 4,8 \\ &= 47,04 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \sigma_v K_{a\text{air}} - 2c_{\text{air}}\sqrt{K_{a\text{air}}} \\ &= 47,04 \times 1 + 2 \times 0 \times \sqrt{1} \\ &= 47,04 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{p \text{ air}} &= 1/2 (\sigma_v K_{a\text{air}} - 2c_{\text{air}}\sqrt{K_{a\text{air}}}) z \text{ diagram} \\ &= 1/2 (47,04 \times 1 - 2 \times 0 \times \sqrt{1}) \times 4,8 \\ &= 112,896 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Sehingga P_p Total diperoleh:

$$\begin{aligned} P_p \text{ Total} &= P_{p1} + P_{p \text{ air}} \\ &= 76,41 + 112,896 \\ &= 189,31 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

1. Menghitung Tekanan Akibat Dinding Penahan Tanah (DPT)

Tabel 8 Hitungan tekanan akibat dinding penahan tanah

No	Gaya Vertical	Jarak	Momen Ke O
1	$\frac{1}{2} \times 0,3 \times 0,3 \times 22 = 0,99$	$\frac{2}{3} \times 0,3 + 1,5 = 1,7$	1,386
2	$\frac{1}{2} \times 0,3 \times 3,8 \times 22 = 12,54$	$\frac{2}{3} \times 0,3 + 1,5 = 1,7$	17,556
3	$\frac{1}{2} \times 1,2 \times 3,8 \times 22 = 50,16$	$\frac{2}{3} \times 1,2 = 0,8$	40,128
4	$1,2 \times 1 \times 22 = 26,4$	$\frac{1}{2} \times 1,2 = 0,6$	15,84
5	$\frac{1}{2} \times 2,7 \times 0,5 \times 6,40 = 4,32$	$\frac{2}{3} \times 0,5 + 1,2 = 1,5$	6,63
6	$\frac{1}{2} \times 0,5 \times 0,8 \times 6,52 = 1,30$	$\frac{2}{3} \times 0,5 + 1,2 = 1,5$	2,00
7	$\frac{1}{2} \times 0,8 \times 0,6 \times 6,52 = 1,57$	$\frac{2}{3} \times 0,6 + 1,2 = 1,6$	2,50
8	$0,6 \times 1 \times 6,52 = 3,91$	$\frac{1}{2} \times 0,6 + 1,2 = 1,5$	5,87
Total	$\Sigma V = 101,19$	10,97	$\Sigma MV = 95,97$

Tabel 9 Akibat Tekanan Lateral Tanah Aktif di Belakang DPT

No	Gaya Horizontal	Jarak	Momen Ke O
1	7,01	$\frac{1}{2} \times 3 + 1,8 = 3,30$	22,52
2	22,87	$\frac{1}{3} \times 3 + 1,8 = 2,80$	68,44
3	10,49	$\frac{1}{2} \times 1,8 = 0,90$	9,66
4	24,36	$\frac{1}{3} \times 1,8 = 0,60$	14,62
5	141,696	$\frac{1}{3} \times 4,8 = 1,60$	226,71
TOTAL	$\Sigma PA = 206,428$	9,20	$\Sigma MPA = 337,94$

Tabel 10 Akibat Tekanan Tanah Pasif di Depan DPT

No	Gaya Horizontal	Jarak	Momen Ke O
1	76,29	$\frac{1}{3} \times 1 = 0,33$	25,42
2	112,896	$\frac{1}{3} \times 4,8 = 1,6$	180,63
	$\Sigma PP = 189,19$	1,93	$\Sigma MPP = 206,06$

Momen total yang terjadi

$$\Sigma MV + \Sigma MPA - \Sigma MPP = 95,97 + 337,94 - 206,06 = 227,80 \text{ kN.m}$$

B. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Tekanan lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tipe gravitasi yang harus diperhitungkan antara lain kestabilan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung. Sehingga konstruksi dinding penahan tanah menjadi aman, dan tidak terjadi keruntuhan. Berikut ini analisis stabilitas dinding penahan tanah kondisi eksisting.

1. Stabilitas terhadap Penggeseran

$$SF = \frac{R_h}{P_h} \geq 2$$

$$R_h = W \cdot \tan \delta_b$$

$$= 101,19 \cdot \tan \frac{2}{3} \times 3,36$$

$$= 18,90 \text{ kN/m}$$

$$P_h = \Sigma Pa - \Sigma Pp$$

$$= 208,06 - 189,19$$

$$= 17,12 \text{ kN/m}$$

$$SF_{gs} = \frac{18,90}{17,12}$$

$$= 1,10 \leq 2 \text{ (Tidak Aman)}$$

2. Stabilitas terhadap Penggulingan

$$SF_{gl} = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}} \geq 2$$

ΣM_w = momen yang menahan guling

ΣM_{gl} = momen yang menyebabkan guling

$$SF_{gl} = \frac{302,07}{337,94}$$

$$= 0,89 \leq 2 \text{ (Tidak Aman)}$$

3. Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

$$X_e = \frac{\Sigma M_v - \Sigma M_{Pa} - \Sigma M_{Pp}}{\Sigma V}$$
$$= \frac{91,91 - 337,94 - 206,10}{101,19}$$

$$= -0,395 \text{ m}$$

$$e_{\text{ijin}} = B / 6$$

$$= 1,2 / 6$$

$$= 0,2$$

$$e = \frac{B - 2}{X_e}$$

$$= \frac{1,2 - 2}{-0,395}$$

$$= 2,03 \text{ m}$$

Lebar efektif

$$B' = B - 2e$$

$$= 1,2 - 2(2,03)$$

$$= -2,85 \text{ m}$$

$$A' = B' \times L$$

$$= -2,85 \times 1$$

$$= -2,85 \text{ m}$$

$$q' = \frac{\Sigma V}{B'}$$

$$= \frac{101,19}{-2,85}$$

$$= -35,43 \text{ kN/m}^2$$

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

$$= 24,42 \times 13,91 + 1 \times 6,5 \times 5,03 + 0,5 \times 1,2 \times 6,5 \times 3,03$$

$$= 384,04 \text{ kN/m}^2$$

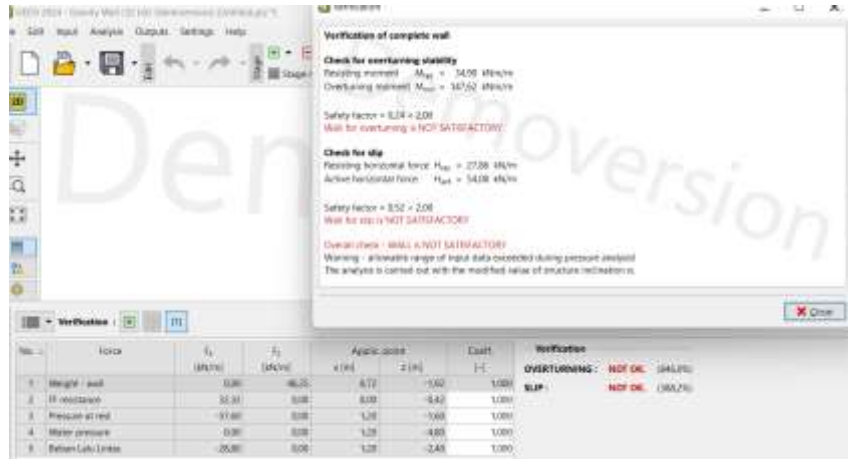
$$SF = \frac{q_u}{q'}$$

$$= \frac{384,04}{-35,43}$$

$$= -10,83 \leq 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

C. Perhitungan dengan *software Geo5*

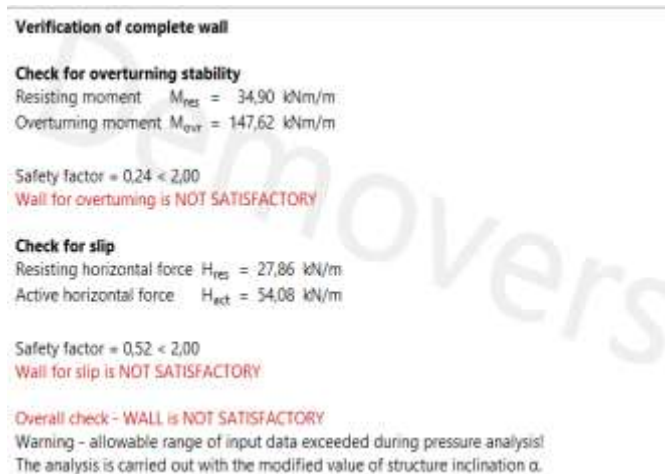
Dari analisis yang dilakukan menghasilkan Gaya Guling dan Gaya Gesr tidak aman maka akan muncul Not Ok.



Gambar 8 Tampilan Verification

Untuk mengetahui lebih detail maka cek pada detail dengan cara sebagai berikut:

Stabilitas terhadap guling:



Gambar 9 Detail hasil Verifikasi

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_p}$$

$$= \frac{34,90}{147,62}$$

$$= 0,24 < 2 \text{ maka (Tidak Aman)}$$

Stabilitas terhadap geser:

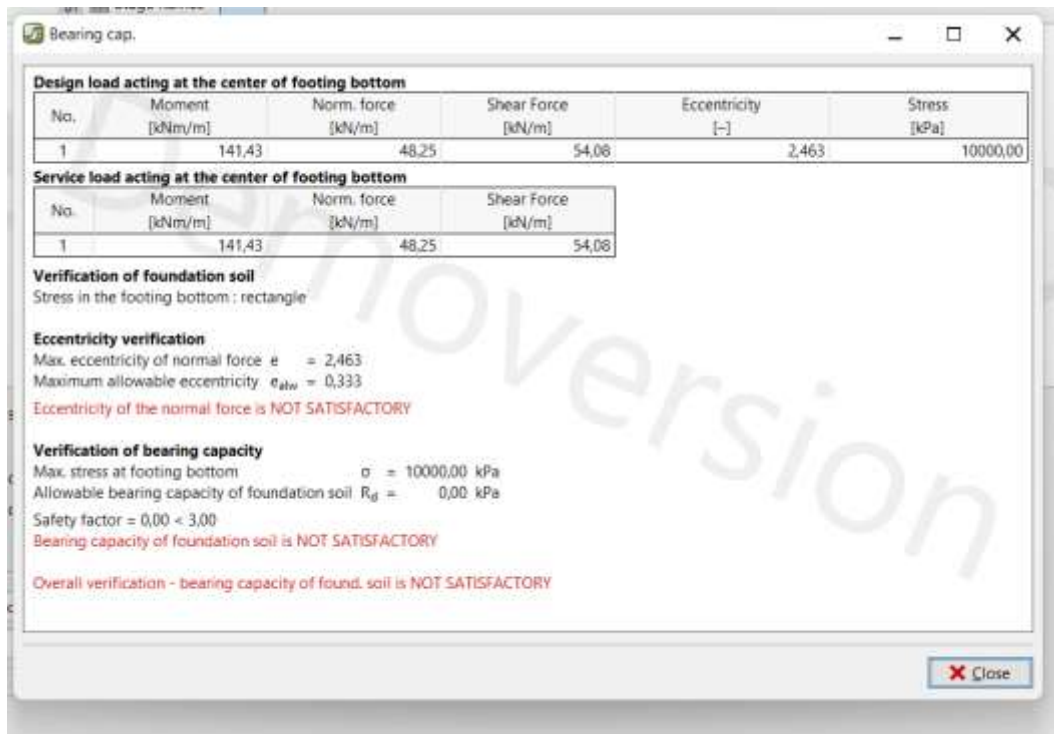
$$F_{gs} = \frac{H_{res}}{H_{act}}$$

$$= \frac{27,86}{54,08}$$

$$= 0,52 < 2 \text{ maka (Tidak Aman)}$$

a. *Bearing Capacity*

Dari hasil pemeriksaan kapasitas daya dukung didapatkan nilai eksentrisitas (e) sebesar $2,46 > 0,33$ (e izin) maka Not Ok.



Gambar 10 Detail Analisis Kapasitas Daya Dukung

Dari hasil analisis menggunakan perhitungan manual dan *software Geo5* diatas, sebagai berikut:

Tabel 11 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dengan *Software Geo5*

Analisis	Manual	Software Geo 5
Stabilitas Guling	$0,89 \leq 2$ (Tidak Aman)	$0,25 \leq 2$ (Tidak Aman)
Stabilitas Geser	$1,10 \leq 2$ (Tidak Aman)	$0,52 \leq 2$ (Tidak Aman)
Stabilitas Kapasitas Dukung Tanah	$2,26 \geq 0,2$ (Tidak Aman)	$2,46 \geq 0,33$ (Tidak Aman)

Hasil analisis manual dan *software Geo 5* didapatkan hasil yang tidak aman, Maka dinding penahan tanah tipe gravitasi ini menambahkan fondasi sebagai tiang penahan berupa cerucuk bambu yang dihitung secara manual

D. Analisis Daya Dukung Fondasi Cerucuk Bambu

Diketahui:

$$\text{Diameter bambu (d)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Panjang cerucuk (L)} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi Pemukul (ef)} = 0,73$$

$$\text{Diameter lubang bor (cb)} = 1$$

$$\text{Tabung sampler (cs)} = 1$$

$$\text{Panjang batang bor (cr)} = 1$$

$$\text{Faktor kapasitas dukun (Nc)} = 9$$

1. Tahanan Ujung Ultimit (Qb)

$$N = 60$$

$$\begin{aligned} N_{60} &= \frac{1}{0,6} \cdot Ef \cdot Cb \cdot Cs \cdot Cr \cdot N \\ &= \frac{1}{0,6} \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 60 \\ &= 73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,1^2 \\ &= 0,0078 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qb &= 40 \cdot Ab \cdot N_{cor} \cdot (L/d) \\ &= 40 \cdot 0,0078 \cdot 73 \cdot (1/0,1) \\ &= 227,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Tahanan Gesek Ultimit (Qs)

Tahanan gesek ultimit dihitung pada kedalaman 4,8 – 5,8 m, bekerja sebagai tanah pendukung tiang

Lapisan lanau pada kedalaman 4,8 - 5,8 m

$$\begin{aligned} As &= \pi \cdot d \cdot h \\ &= 3,14 \cdot 0,1 \cdot 1 \\ &= 0,314 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N \text{ rata - rata} &= (33+60)/2 \\ &= 46,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{60} &= \frac{1}{0,6} \cdot Ef \cdot Cb \cdot Cs \cdot Cr \cdot N \\ &= \frac{1}{0,6} \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 46,5 \\ &= 56,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_s &= 2 \cdot N_{60} \cdot A_s \\
&= 2 \cdot 56,57 \cdot 0,314 \\
&= 35,52 \text{ kN}
\end{aligned}$$

3. Kapasitas Dukung Ultimit Netto (Q_u)

$$\begin{aligned}
Q_u &= Q_b + Q_s \\
&= 227,76 + 35,52 \\
&= 263,28 \text{ kN}
\end{aligned}$$

4. Kapasitas Dukung Ijin Tiang Tunggal (Q_a)

$$\begin{aligned}
Q_a &= Q_u / SF \\
&= \frac{263,28}{2} \\
&= 131,64 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n &= \Sigma V + Q / Q_a \\
&= \frac{101,1}{131,64} \\
&= 0,76 \approx 2 \text{ Tiang}
\end{aligned}$$

$$m = 1$$

$$\begin{aligned}
s &= 5 \cdot D \\
&= 5 \times 0,1 \\
&= 0,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

5. Efisien Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
\Theta &= \arctg \cdot \frac{d}{s} \\
&= \arctg \cdot \frac{0,1}{0,5} \\
&= 11,31^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_g &= 1 - \Theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot mn} \\
&= 1 - 11,31 \frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 1} \\
&= 0,93
\end{aligned}$$

6. Daya Dukung kelompok Tiang (Q_g)

$$\begin{aligned}
Q_g &= E_g \cdot n \cdot m \cdot Q_a \\
&= 0,93 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 131,64 \\
&= 244,85 \geq 101,1 \text{ (AMAN)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{Qg}{\Sigma W} \\
 &= \frac{244,85}{101,1} \\
 &= 2,42 > 2 \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

7. Reaksi tiang atau beban aksial cerucuk ke-i (Q_i)

$$P_u = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$

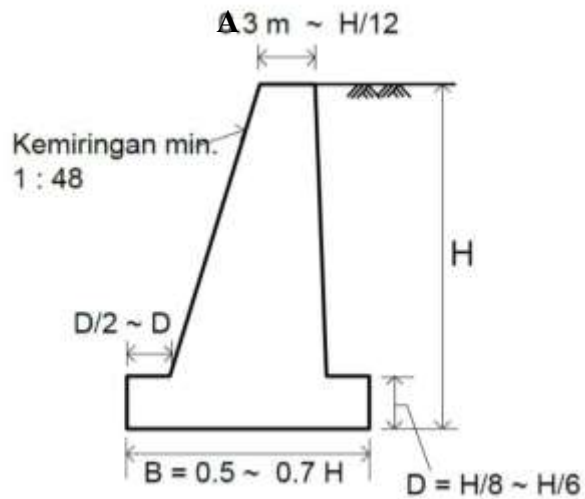
$$\begin{aligned}
 P_u \text{ Tiang 1} &= \frac{113,19}{2} - \frac{95,97 \cdot -0,25}{0,125} + \frac{337,94 \cdot 0}{0} \\
 &= 56,59 + 191,94 \\
 &= 248,53 \text{ kN (tertekan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ Tiang 2} &= \frac{113,19}{2} + \frac{95,97 \cdot 0,25}{0,125} + \frac{337,94 \cdot 0}{0} \\
 &= 56,59 + 191,94 \\
 &= 248,53 \text{ kN (tertekan)}
 \end{aligned}$$

$Q_u > P_u$ Bambu maka bambu tidak bisa masuk dan pada kedalaman 1 m dibawah permukaan dinding penahan tanah. kapasitas dukung ultimit netto (Q_u) sebesar 264,75 kN sedangkan gaya yang bekerja pada cerucuk bambu (P_{u1} & 2) 248,53 kN menahan beban tekan.

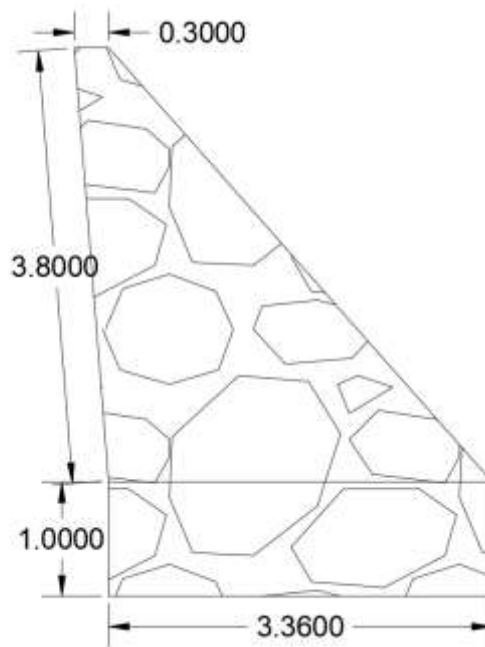
E. Perencanaan Ulang

Dimensi tipikal dinding penahan tanah merupakan Langkah awal perancangan, dimana selanjutnya dilakukan analisis stabilitas dinding penahan tanah, dan dilakukan penyesuaian dimensi dinding perlu, sehingga tercapai dimensi dinding optimal. Perencanaan dimensi dinding penahan tanah tipe gravitasi sesuai SNI-84602017 seperti gambar 11



Gambar 11 Dimensi DPT Gravitasi SNI-84602017

Dimesi dinding penahan tanah direncanakan ulang dengan parameter tanah yang sama dan dimensi tinggi permukaan atas (H_1) = 30 cm, H_2 = 350 cm, D_f (H_3) = 100 cm, dan tinggi total (H) = 480 cm. Sedangkan lebar permukaan atas (B_1) = 30 cm dan lebar dasar dinding penahan tanah (B_2) = 3360 cm.

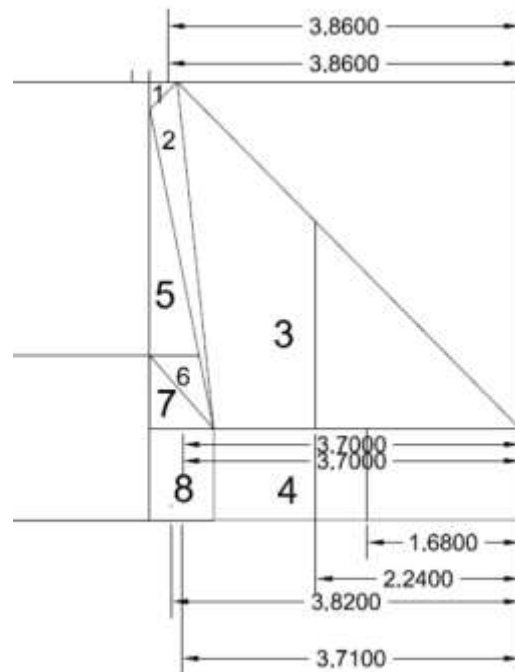


Gambar 12 Dimensi Perencanaan Ulang

1. Menghitung Tekanan Akibat Dinding Penahan Tanah (DPT)

Tabel 12 Hitungan Tekanan Akibat Dinding Penahan Tanah Dimensi yang baru

No	Gaya Vertical	Jarak	Momen Ke O
1	$\frac{1}{2} \times 0,3 \times 0,3 \times 22 = 0,99$	$\frac{2}{3} \times 0,3 + 3,66 = 3,86$	3,82
2	$\frac{1}{2} \times 0,3 \times 3,8 \times 22 = 12,54$	$\frac{2}{3} \times 0,3 + 3,66 = 3,86$	48,40
3	$\frac{1}{2} \times 3,36 \times 3,38 \times 22 = 140,45$	$\frac{2}{3} \times 3,36 = 2,24$	314,60
4	$3,36 \times 1 \times 22 = 73,92$	$\frac{1}{2} \times 3,36 = 1,68$	124,19
5	$\frac{1}{2} \times 0,5 \times 2,7 \times 6,40 = 4,32$	$\frac{2}{3} \times 0,5 + 3,36 = 3,7$	15,96
6	$\frac{1}{2} \times 0,5 \times 0,8 \times 6,5 = 1,30$	$\frac{2}{3} \times 0,5 + 3,36 = 3,7$	4,82
7	$\frac{1}{2} \times 0,7 \times 0,8 \times 6,5 = 1,83$	$\frac{2}{3} \times 0,7 + 3,36 = 3,83$	6,99
8	$0,7 \times 1 \times 6,5 = 4,57$	$\frac{1}{2} \times 0,7 + 3,36 = 3,71$	16,94
Total	$\Sigma V = 239,91$	26,53	$\Sigma MV = 535,72$



Gambar 13 Lengan Dinding Penahan Tanah

Tabel 13 Akibat Tekanan Lateral Tanah Aktif di Belakang DPT dengan Dimensi yang Baru

No	Gaya Horizontal	Jarak	Momen Ke O
1	6,824	$\frac{1}{2} \times 3 + 1,8 = 3,30$	22,52
2	24,441	$\frac{1}{3} \times 3 + 1,8 = 2,80$	68,44
3	10,73	$\frac{1}{2} \times 1,8 = 0,90$	9,66
4	24,37	$\frac{1}{3} \times 1,8 = 0,60$	14,62
5	141,696	$\frac{1}{3} \times 4,8 = 1,60$	226,71
TOTAL	$\Sigma PA = 208,06$	9,20	$\Sigma MPA = 341,95$

Tabel 14 Akibat Tekanan Lateral Tanah Pasif di Depan DPT dengan Dimensi yang Baru

No	Gaya Horizontal	Jarak	Momen Ke O
1	76,29	$\frac{1}{3} \times 1 = 0,33$	25,42
2	112,896	$\frac{1}{3} \times 4,8 = 1,6$	180,63
	$\Sigma PP = 189,19$	1,93	$\Sigma MPP = 206,06$

$$\Sigma MV + \Sigma MPA - \Sigma MPP = 486,95 + 341,95 - 206,06 = 622,84 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Manual

a. Stabilitas terhadap Penggeseran

$$SF = \frac{R_h}{P_h} \geq 2$$

$$R_h = W \cdot \tan \delta_b$$

$$= 239,91 \cdot \tan \frac{2}{3} \times 3,36$$

$$= 44,83 \text{ kN/m}$$

$$P_h = \Sigma Pa - \Sigma Pp$$

$$= 208,06 - 189,19$$

$$= 18,87 \text{ kN/m}$$

$$SF_{gs} = \frac{44,83}{18,87}$$

$$= 2,37 \geq 2 \text{ (Aman)}$$

b. Stabilitas terhadap Penggulingan

$$SF_{gl} = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \geq 2$$

ΣMw = momen yang menahan guling

ΣMgl = momen yang menyebabkan guling

$$SF_{gl} = \frac{741,78}{341,95}$$

$$= 2,16 \geq 2 \text{ (Aman)}$$

c. Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

$$\begin{aligned} X_e &= \frac{\Sigma M_v - \Sigma MP_a - \Sigma MP_p}{\Sigma V} \\ &= \frac{535,72 - 341,95 - 206,063}{239,91} \\ &= 1,66 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{ijin}} &= B / 6 \\ &= 3,36 / 6 \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B - 2}{X_e} \\ &= \frac{3,36 - 2}{1,66} \\ &= 0,01 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar efektif

$$\begin{aligned} B' &= B - 2e \\ &= 3,36 - 2(0,01) \\ &= 3,33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A' &= B' \times L \\ &= 3,33 \times 1 \\ &= 3,33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q' &= \frac{\Sigma V}{B'} \\ &= \frac{239,91}{3,33} \\ &= 71,97 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= cN_c + D_f \gamma N_q + 0,5B \gamma N_\gamma \\ &= 24,42 \times 13,91 + 1 \times 6,5 \times 5,03 + 0,5 \times 3,36 \times 6,5 \times 3,03 \\ &= 406,002 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

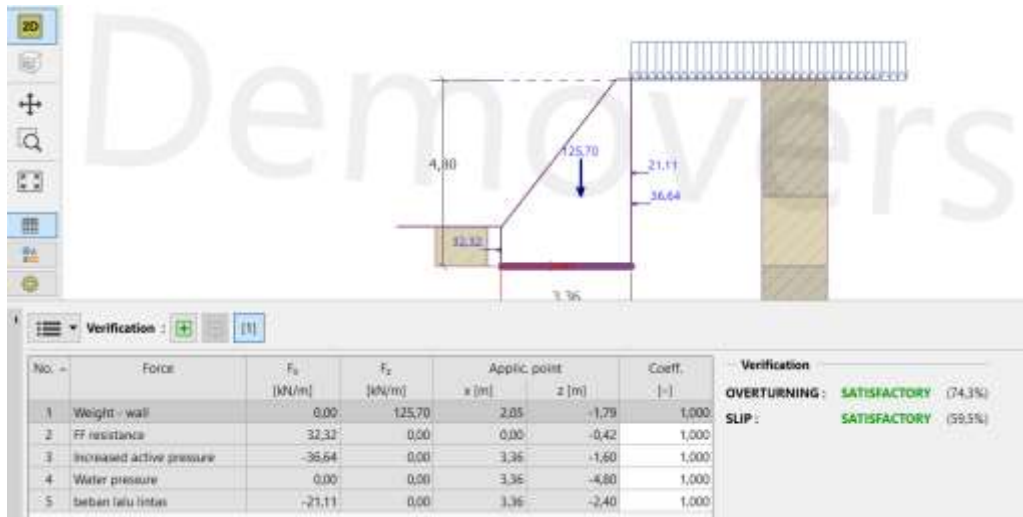
$$\begin{aligned} SF &= \frac{q_u}{q'} \\ &= \frac{406,002}{71,97} \\ &= 5,64 \geq 3 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

3. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan *Software Geo 5*

Analisis perencanaan ulang dinding penahan tanah ini yang membedakan hanya bagian dimensi maka langsung ke tahap verifikasi

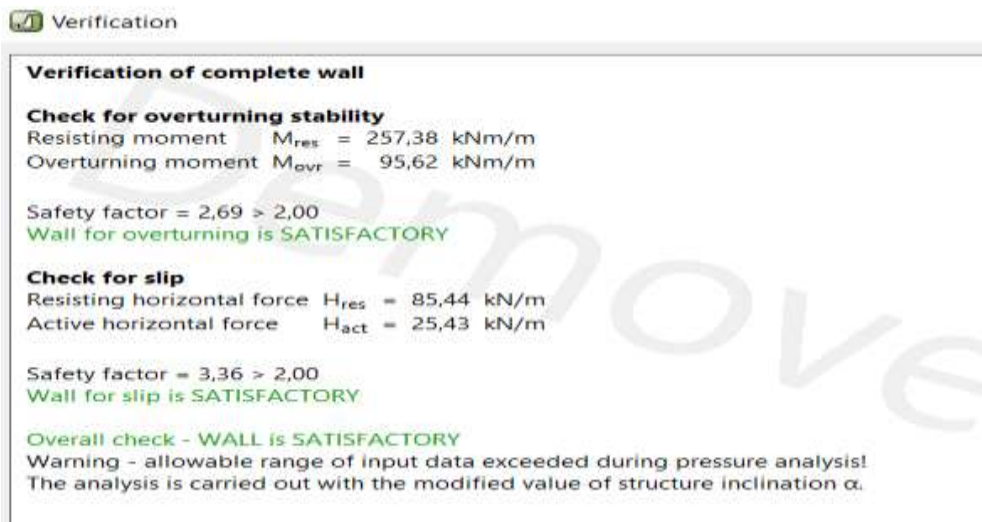
a. Verifikasi

Dari analisis yang dilakukan menghasilkan Gaya Guling dan Gaya Gesr tidak aman maka akan muncul Ok.



Gambar 13

Tampilan *Verification*



Gambar 14 Detail hasil Verifikasi

Untuk mengetahui lebih detail maka cek pada detail dengan cara sebagai berikut:

Stabilitas terhadap guling:

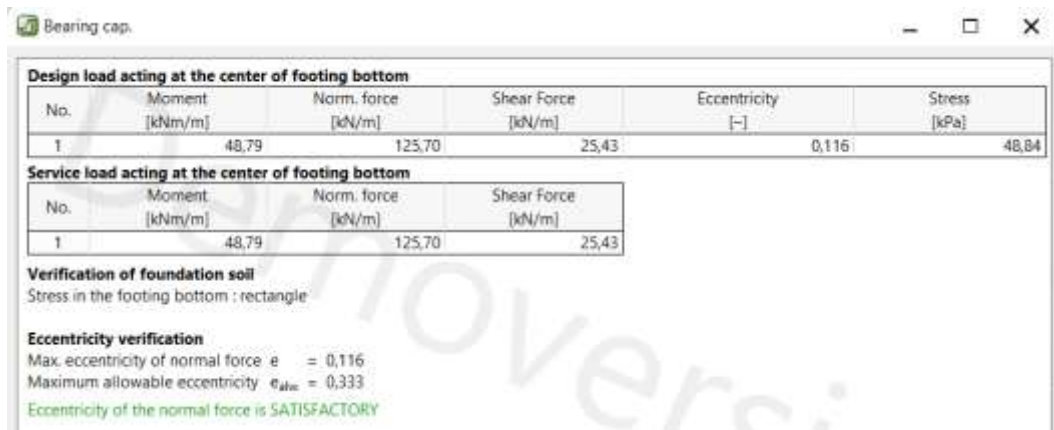
$$\begin{aligned} F_{gl} &= \frac{\sum M_w}{\sum M_p} \\ &= \frac{257,38}{95,62} \\ &= 2,69 < 2 \text{ maka (Aman)} \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser:

$$\begin{aligned} F_{gs} &= \frac{H_{res}}{H_{act}} \\ &= \frac{85,44}{25,43} \\ &= 3,36 < 2 \text{ maka (Tidak Aman)} \end{aligned}$$

b. *Bearing Capacity*

Dari hasil pemeriksaan kapasitas daya dukung didapatkan nilai eksentrisitas (e) sebesar $0,00 < 0,33$ (e izin) maka Ok.



Gambar 15 Detail Analisis Kapasitas Daya Dukung

Dari hasil analisis menggunakan perhitungan manual dan *software Geo5* diatas, sebagai berikut:

Tabel 15 Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dengan *Software Geo5*

Analisis	Manual	Software Geo 5
Stabilitas Guling	$2,16 \geq 2$ (Aman)	$2,69 \geq 2$ (Aman)
Stabilitas Geser	$2,37 \geq 2$ (Aman)	$3,36 \geq 2$ (Aman)
Stabilitas Kapasitas Dukung Tanah	$0,01 \leq 0,56$ (Aman)	$0,116 \leq 0,33$ (Aman)

Hasil analisis manual dan *software Geo5* didapatkan hasil yang **AMAN**,

Maka dinding penahan tanah tipe gravitasi ini tidak perlu penambahan fondasi berupa cerucuk bambu.

4. PENUTUP

Pembangunan Dinding penahan pada kondisi eksisting menghasilkan analisis Safety factor (SF) kurang aman terhadap tekanan lateral maupun beban merata yang berada di kawasan dinding penahan tanah. Maka perlunya penelitian ini adalah menganalisis dan merencanakan ulang dinding penahan tanah sesuai dengan SNI-8460-2017. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan perbandingan antara penggunaan dinding penahan tanah pasangan batu kali dengan dinding penahan tanah beton bertulang atau dengan metode perkuatan yang lainnya dikarenakan bambu kurang efektif digunakan di lapisan tanah keras.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. (2010). Mekanik Tanah II Edisi Keenam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Kurniawan, D. and Purwanto, E. (2009) Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Sheet Pile Baja Pada Lereng Jalan Tol Balikpapan –Samarinda STA. 2+850 – 3+050’, *Jurnal Angewandte ChemieInternational Edition*, 6(11), 951–952.
- Listyawan, A. B., Trinugroho, S., & Nugraha, A. (2013). Desain Dimensi Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program Geo 5. Simposium Nasional RAPI, 12, 9-14.
- Mochtar, dkk. (2022). Analisa Kuat Lentur Pelat Lantai Dengan Menggunakan Wire Mesh Dan Bambu Sebagai Pengganti Tulangan Pelat. *Jurnal Teknik Sipil Unigoro* Vol. 7 No. 1, Januari 2022.
- Rusdiansyah, dkk. (2015) Pengaruh Kedalaman Tancap, spasi, dan Jumlah Cerucuk Dalam Peningkatannn Tahanan Geser Tanah Lunak Berdasarkan Pemodelan Di Laboratorium. Surabaya: *Jurnal Prosiding Semnas T. Sipil UNLAM*.
- R, R. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi. Sukabumi: *Jurnal Student Teknik Sipil Edisi Volume 1, p. 4. Available at: <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu/article/view/52/46>*.
- Sharman,. (1980). Bamboo Research in Asia. Singapore: International Development Research Centre.
- Sonia, made (2022) Tugas Akhir Perencanaan Dinding Penahan Tanah(Retaining Wall) Tipe Gravity Dengan Menggunakan Program Geo 5 Di Proyek Pengendalian Banjir Tukad Unda Di Desa Tangkas, Klungkung, Bali.
- Suhudi, S. and Rahma, P.D. (2022) Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang, *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(2), p. 2. Available At: <https://doi.org/10.21063/jts.2022.v902.02>.
- Wiramanda, (2021) Evaluasi Stabilitas Lereng Tanah Reklamasi Dengan Perkuatan Cerucuk Bambu Menggunakan LEM. *Sekripsi*. Universitas Hasanuddin.
- Yuliet, R. *et al.* (2023) Evaluasi Kegagalan Struktur Dinding Penahan Gravitasi Pada Lereng Tanah Kohesif, *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 18(2), p. 53. Available at: <https://doi.org/10.30630/jipr.18.2.292>.