

Analisis Kegagalan dan Upaya Perbaikan Dinding Penahan Tanah, Studi Kasus: Dinding Penahan Tanah Desa Muara Lawai, Kab. Lahat

M.Sang Gumilar, Rio Marpen
Politeknik Negeri Sriwijaya

ABSTRAK: Telah terjadi keruntuhan pada dinding penahan tanah yang telah dibangun sehingga menyebabkan pergerakan pada Rumah Sinyal Persinyalan Kereta Api. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai analisis kegagalan guna mendapatkan desain perbaikan dinding penahan tanah yang efektif dan efisien. Dari pengamatan awal kegagalan ini terjadi karena beban yang diterima dinding penahan tanah melebihi kapasitasnya. Selain itu tanah timbunan pada dinding penahan tanah menjadi tanah jenuh air akibat hujan deras. Kemudian diketahui bahwa desain dari dinding penahan tanah belum mengikuti SNI Perencanaan Geoteknik. Selain itu bangunan Rumah Sinyal juga miring $\pm 30^\circ$, hal ini diakibatkan kegagalan fondasi menahan beban bangunan. Maka dari itu akan dilakukan perencanaan ulang dinding penahan tanah.

Kata Kunci: dinding penahan tanah, Rumah Sinyal, Muara Lawai

ABSTRACT: There was a collapse in the retaining wall that had been built, causing movement in the signal house of Train Signaling. Therefore, research on failure analysis was conducted in order to obtain an effective and efficient soil retaining wall repair design. From the initial observations, this failure occurred because the load received by the retaining wall exceeded its capacity. Apart from that, the soil in the back fill of the retaining wall becomes saturated soil due to heavy rains. Then it is known that the design of the retaining wall has not followed the SNI for Geotechnical Planning. In addition, The Signal House Building is also tilted $\pm 30^\circ$, this is due to the failure of the foundation to withstand the load of the building. Therefore, a re-planning of the retaining wall will be carried out.

Keywords: retaining wall, Signal House, Muara Lawai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kelengkapan dalam jalur transportasi kereta api adalah Persinyalan Kereta (Rumah Sinyal). Persinyalan kereta api adalah seperangkat fasilitas yang berfungsi untuk memberikan isyarat berupa bentuk, warna atau cahaya yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu dan memberikan isyarat dengan arti tertentu untuk mengatur dan mengontrol pengoperasian kereta api. Salah satu persinyalan yang biasa dipakai di Indonesia adalah Sinyal Mekanik. Sinyal Mekanik adalah perangkat sinyal yang digerakkan secara mekanik, disini ada

papan/lengan semapur yang dinaikkan dan diturunkan untuk memberi perintah kepada masinis kereta api.

Sistem ini masih digunakan di Indonesia pada lintasan dengan frekuensi yang rendah namun mulai ditinggalkan dan digantikan dengan sistem yang lebih modern. Salah satu Rumah Sinyal di jalur ganda kereta api di Wilayah Sumatera Selatan adalah Rumah Sinyal Muara Lawai. Rumah Sinyal (RS) ini berdiri diatas lahan pertanian dengan elevasi lebih rendah dibanding jalur kereta api, oleh karena itu perlu dilakukan penyetaraan elevasi dengan membangun dinding penahan tanah (DPT) disekitar Rumah Sinyal. PT KAI telah membangun Rumah Sinyal dan bangunan pendukungnya termasuk dinding penahan

tanah di lokasi penelitian. Namun dinding penahan tanah yang dibangun mengalami kegagalan. Oleh karena itu akan dilakukan perencanaan ulang guna mendapatkan desain penanganan longsor yang efektif dan efisien.

1.2 Maksud dan Tujuan

a. Maksud

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka maksud dari ini adalah melaksanakan analisis dinding penahan tanah yang efektif dan efisien sehingga dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kapasitasnya melalui pengumpulan data primer, sekunder, survei dan identifikasi di lapangan, pengukuran, analisa data, perencanaan desain, dan spesifikasi teknis yang baik.

b. Tujuan

1. Menganalisis kondisi tanah di lokasi penelitian.
2. Menganalisis mengapa kegagalan dari dinding penahan bisa terjadi.
3. Menganalisis ulang dinding penahan tanah yang efektif dan efisien.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan pengukuran kondisi *existing* di lokasi penelitian. Lokasi pembangunan dinding penahan tanah (DPT) dengan koordinat 3°39'29.1"LS dan 103°44'03.0"BT, Desa Muara Lawai, Kec. Merapi Timur, Kab. Lahat Sumatera Selatan. Berikut kondisi awal DPT sebelum mengalami kegagalan konstruksi.



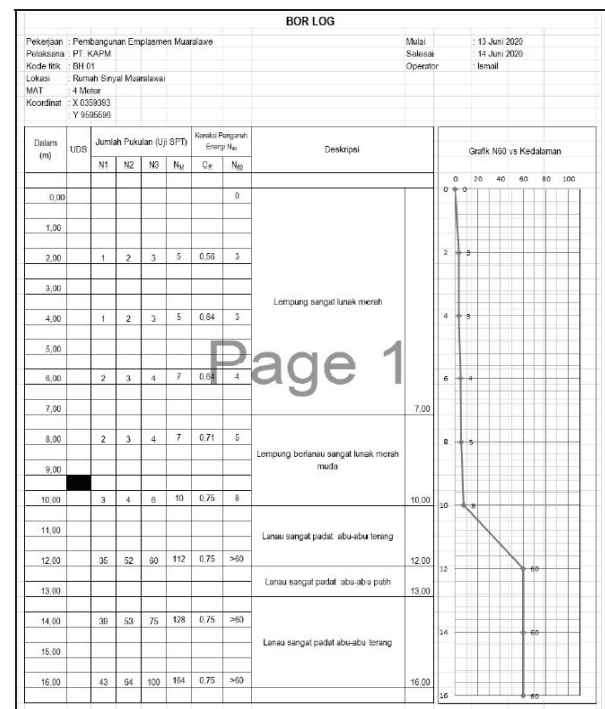
Gbr. 1. Kondisi Awal.

Dari survei awal didapatkan data pendukung berupa: gambar kerja, *site plan* lokasi, dan gambaran umum lainnya. Kemudian akan dilakukan *soil investigation* ulang guna mendapatkan data tanah yang akurat. Selanjutnya dilakukan analisis stabilitas DPT *existing* kemudian direncanakan ulang DPT yang efektif dan efisien.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Tanah

Telah dilakukan *soil investigation* ulang pada lokasi penelitian. Dengan rincian 1 titik SPT (Bor Dalam) dan 2 titik CPT (Sondir) dengan hasil sebagai berikut:



Gbr. 2. Hasil Bor Log.

Tabel 1. Hasil Sondir.

No. Titik Sondir	Kedalaman Maksimum (m)	Nilai Konus, qc (kg/cm ²)	Kumulatif Total Friksi, fs (kg/cm)
S1	12,2	123,068	3401,546
S2	11,0	128,419	4153,008

Dari gambar dan tabel diatas diketahui untuk Sondir Titik 01 kedalaman 12,20 meter nilai konus $q_c = 123,068$ (kg/cm^2) dan kumulatif total friksi $f_s = 3401,546$ kg/cm , untuk Titik 02 kedalaman 11,00 meter nilai konus, $q_c = 128,419$ (kg/cm^2) dan kumulatif total friksi, $f_s = 4153,008$ kg/cm dan untuk Bor Dalam Titik 01 kedalaman 16 meter mendapat nilai pukulan NSPT >100 setelah dikoreksi.

Contoh tanah *undisturbed* dan contoh *disturbed* yang diperoleh dari pengeboran di lapangan selanjutnya diuji di laboratorium. Adapun identitas serta letak kedalaman contoh tanah yang diuji sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1. Dari pengujian di laboratorium tersebut didapatkan nilai index properties sebagai berikut:

Tabel 2. Indeks Properties Tanah.

Pekerjaan : Pembangunan Emplasmen Muaralawe
Renakanan : PT KAPM
Lokasi : Rumah Sinyal Muaralawe
Kode Sampel : UDS Kedalaman 9,5 meter
No. Contoh : BH 01
Jenis Tanah : Lempung berlanau sangat lunak merah muda

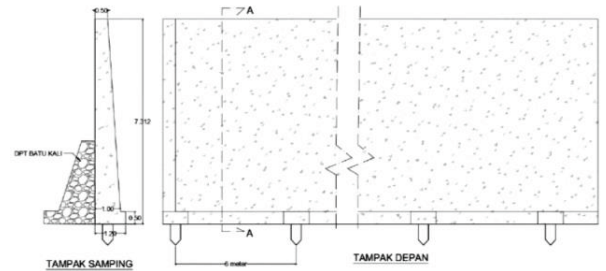
Uji Properties	Nilai	Satuan
Specific Gravity	2,62	-
Kadar Air Asli	32,34	%
Berat Isi (γ_m)	1,325	gr/cm^3
Lolos Saringan #200 (0,075 mm)	67,73	%
Presentase Kerikil	0,00	%
Presentase Pasir	32,27	%
Presentase Lanau dan Lempung	67,73	%
Batas Cair	49,12	%
Batas Plastis	22,42	%
Indeks Plastisitas	25,70	%
Klasifikasi Tanah (USCS)	CL	-
Geser Langsung (Direct Shear Test)	Nilai Kohesi (c) Sudut Geser (ϕ)	kPa °
	14,385 7,594	

3.2 Analisis Kegagalan Dinding Penahan Tanah

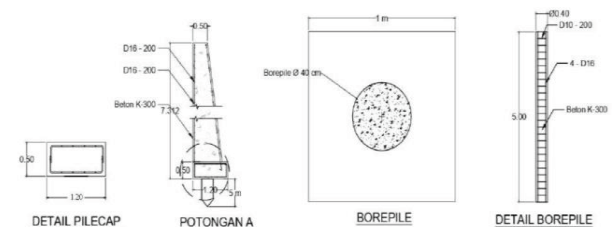
Setelah dilakukan pertemuan dengan pihak terkait dan survei ke lapangan. Diketahui bahwa dinding penahan tanah yang lama mengalami kegagalan konstruksi. Dari pengamatan awal kegagalan ini terjadi karena beban yang diterima DPT melebihi kapasitas dari DPT. Bangunan Rumah Sinyal (RS) juga Miring $\pm 30^\circ$, hal ini kemungkinan diakibatkan kegagalan fondasi menahan beban bangunan. Berikut kondisi awal DPT setelah mengalami kegagalan konstruksi.



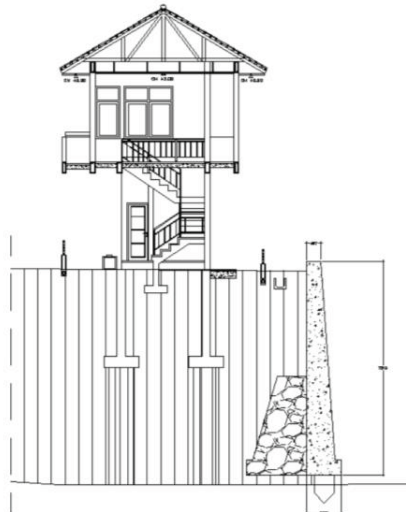
Gbr. 3. Kegagalan DPT.



Gbr. 4. Detail Existing DPT, Mutu Beton K-300.



Gbr. 5. Terdapat 12 Titik Bore Pile, Dia. 40 cm, Kedalaman 5,3 m.



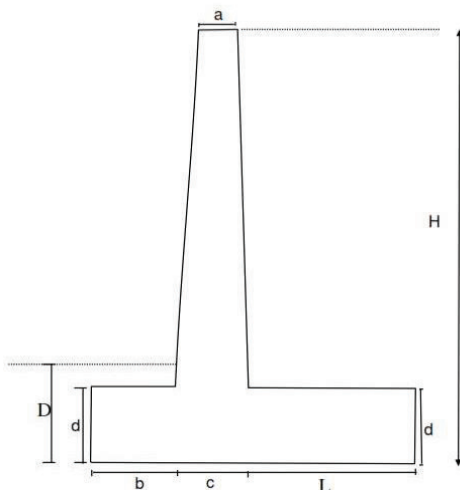
Gbr. 6. Tinggi DPT *Existing* = 7,3 m.

Dalam perencanaan awal dinding penahan tanah yang dibuat menggunakan DPT jenis gravitasi dan *cantilever*. Dari data yang ada akan dianalisis ulang desain DPT *existing* menggunakan perhitungan numerik dan Plaxis, dengan hasil sebagai berikut:

a. Analisis Numerik

Data – data *existing* dinding penahan tanah

1. Tinggi lereng (h) = 4 m
2. Tinggi DPT (H) = 7,312 m
3. Untuk lebar a = 0,5 m
4. Untuk lebar b = 0,2 m
5. Untuk lebar c = 0,5 m
6. Untuk Lebar L = 0 m
7. Untuk tinggi d = 0,5 m
8. Untuk tinggi D = 1 m
9. Lebar total B = 0,7 m



Gbr. 7. Desain DPT *Existing*.

Tabel 3. Parameter Tanah dan Dinding Penahan.

Berat volume tanah basah (γ_{sat})	19,81 kN/m ³
Sudut geser (ϕ)	10 °
kohesi (c)	20 kN/m ²
Berat volume air (γ_w)	10 kN/m ³
Berat jenis beton (γ)	24 kN/m
Berat jenis efektif	9,81 kN/m ³

Menghitung koefisien tekanan tanah:

1. Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - (\phi/2)) = 0,7041$$

2. Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + (\phi/2)) = 1,4203$$

Menghitung tekanan tanah:

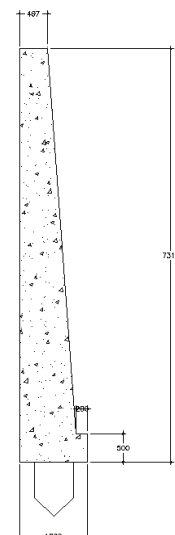
1. Tekanan tanah aktif

$$P_a = 0,5(K_a \gamma' x H^2) + 0,5 \times \gamma_w \times H^2 - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \times H = 294,2587 \text{ kN/m}$$

2. Tekanan tanah pasif

$$P_p = 0,5 \times D^2 \times \gamma_{sat} \times K_p + 2 \times c \times D \times \sqrt{K_p} = 103,1579 \text{ kN/m}$$

Menghitung gaya vertikal dan momen yang bekerja:



Gbr. 8. Desain DPT *Existing*.

Tabel 4. Kondisi *Existing* DPT.

Bagian	Luas (m ²)	Berat/Satuan Panjang (kN)	Jarak terhadap titik	Momen terhadap titik
(1)	(2)	(3 = 2*γ)	(4)	(5 = 3*4)
Alas DPT	0,6	99,8400	0,5	259,5840
Badan	5,484	93,6	3,54	140,4000
	ΣV =	146,016	ΣMR =	234,86

Menghitung stabilitas terhadap guling:

$$Ph = Pa = 424 \text{ kN/m}$$

$$Mo = Ph \times H/3 \\ = 1008,01 \text{ kN/m}$$

$$Fs \text{ guling} = (\Sigma MR)/(\Sigma Mo) \\ = 0,233 > 2 \text{ (Tidak aman)}$$

Menghitung stabilitas terhadap geser:

$$Fs \text{ geser} = ((\Sigma v) \cdot 0,8 / Pa) \\ = 0,275 > 1,5 \text{ (Tidak aman)}$$

Menghitung stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah:

1. Eksentrisitas (e)

$$e = B/2 - (\Sigma VR - Mo)/(\Sigma V) < B/6 \\ = 5,644 < 0,1167 \text{ (OK...)}$$

$$q_{max} = q_{kaki} = \Sigma V/B (1 + (6e/B)) \\ = 10301,4822 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = q_{tumpit} = (\Sigma V)/B (1 - (6e/B)) \\ = -9884,2936 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas daya dukung tanah:

$$qu = (c \times Nc \times Fcd \times Fci) + (q \times Nq \times Fqd \times Fqi) + (0,5 \times \gamma \times B' \times N\gamma \times F\gamma d \times F\gamma i)$$

dimana,

$$q = \gamma_{sat} \times D \\ = 29,715 \text{ kN/m}^2$$

$$B' = B - 2e \\ = -10,5899 \text{ m}$$

$$Fcd = 1 + 0,4(D/B') \\ = 0,9622$$

$$Fqd = 1 + 2 \tan \theta (1 - \sin \theta)^2 D/B' \\ = 0,9773$$

$$F\gamma d = 1$$

$$\Psi^\circ = \tan^{-1} (Pa/(\Sigma V)) \\ = 1,239 \\ = 70,9978^\circ$$

$$Fci = Fqi = (1 - \Psi^\circ/90^\circ)^2 \\ = 0,0446$$

$$F\gamma i = (1 - \Psi^\circ/\theta^\circ)^2 \\ = 37,2074$$

Berdasarkan Tabel 5 dengan $\theta = 10^\circ$.

Tabel 5. Faktor Daya Dukung Meyerhof

Ø	Nc	Nq	Nγ	N'c	N'q	N'γ
0°	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5°	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10°	9,64	2,70	1,2	5,34	1,94	0
15°	12,8	4,44	2,4	6,46	2,73	1,2
20°	17,7	7,43	4,6	7,90	3,88	2,0
25°	25,1	12,7	9,2	9,86	5,60	3,3
30°	37,2	22,5	10,0	12,7	8,32	5,4
35°	57,8	41,4	44,0	16,8	12,8	9,6
40°	95,6	81,2	114,0	23,2	20,5	19,1
45°	172	173	320	34,1	35,1	27,0

diperoleh:

$$Nc = 9,64$$

$$Nq = 2,7$$

$$N\gamma = 1,2$$

Sehingga:

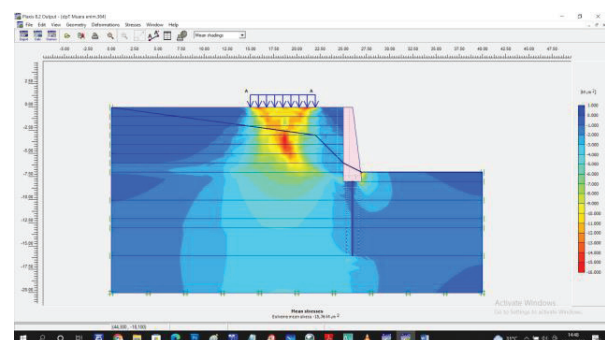
$$qu = (c \times Nc \times Fcd \times Fci) + (q \times Nq \times Fqd \times Fqi) + 0,5(\gamma \times B' \times N\gamma \times F\gamma d \times F\gamma i) \\ = 452,84 \text{ kN/m}^2$$

$$Fs \text{ daya dukung} = qu/q_{max} \\ = 0,0440 < 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

Dari hasil analisis numerikal diketahui bahwa DPT *existing* dalam kondisi tidak aman untuk stabilitas geser, guling dan daya dukung.

b. Analisis menggunakan Plaxis

Berikut gambaran analisis DPT *existing* menggunakan plaxis:



Gbr. 9. Analisis Menggunakan Plaxis.

Dari analisis menggunakan plaxis diketahui DPT Existing memiliki nilai faktor keamanan (FK) = 0,927. Hal ini juga mendasari penyebab kegagalan DPT existing.

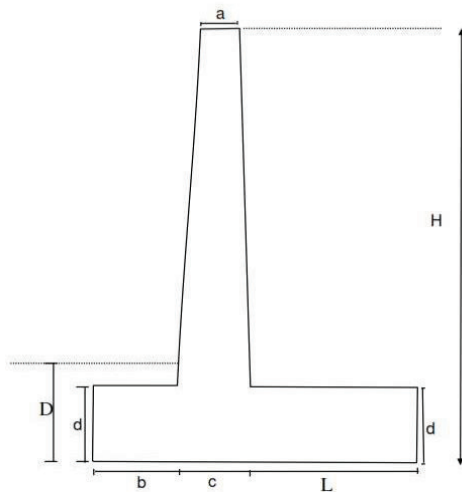
3.3 Analisis Perbaikan Dinding Penahan Tanah

a. Analisis Numerik

Dalam menganalisis desain perbaikan DPT juga menggunakan perhitungan numerik dan Plaxis, dengan hasil sebagai berikut :

Data - data perencanaan dinding penahan tanah:

1. Tinggi lereng (h) = 4 m
2. Tinggi DPT (H) = 6 m
3. Untuk lebar a = 0,5 m
4. Untuk lebar b = 1,2 m
5. Untuk lebar c = 1 m
6. Untuk Lebar L = 3 m
7. Untuk tinggi d = 0,8 m
8. Untuk tinggi D = 1,5 m
9. Lebar total B = 5,2 m



Gbr. 10. Desain Rencana DPT.

Tabel 6. Parameter Tanah dan Dinding Penahan

Berat volume tanah basah (γ_{sat})	19,81 kN/m ³
Sudut geser (ϕ)	10 °
Kohesi (c)	20 kN/m ²
Berat volume air (γ_w)	10 kN/m ³
Berat jenis beton (γ)	24 kN/m
Berat jenis efektif	9,81 kN/m ³

Menghitung koefisien tekanan tanah:

1. Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - (\phi/2)) \\ = 0,7041$$

2. Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + (\phi/2)) \\ = 1,4203$$

Menghitung tekanan tanah

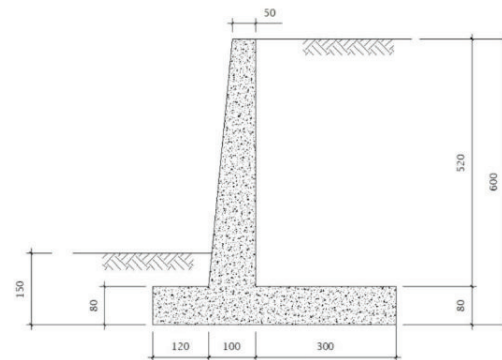
1. Tekanan tanah aktif

$$P_a = 0,5(K_a \gamma' x H^2) + 0,5 \times \gamma_w \times H^2 - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \times H \\ = 294,2587 \text{ kN/m}$$

2. Tekanan tanah pasif

$$P_p = 0,5 \times D^2 \times \gamma_{sat} \times K_p + 2 \times c \times D \times \sqrt{K_p} \\ = 103,1579 \text{ kN/m}$$

Menghitung gaya vertikal dan momen yang bekerja:



Gbr. 11. Desain Rencana DPT.

Tabel 7. Kondisi Rencana DPT.

Bagian	Luas (m ²)	Berat/Satuan Panjang (kN)	Jarak terhadap titik	Momen terhadap titik
(1)	(2)	(3 = 2* γ)	(4)	(5 = 3*4)
Timb.tanah	20,1000	398,1810	3,7	1473,2697
Alas DPT	4,1600	99,8400	2,6	259,5840
Badan DPT	3,9	93,6	1,5	140,4000
Timb.Tanah	0,84	16,6404	0,6	9,9842
$\Sigma V =$		608,2614	$\Sigma MR =$	1883,2379

Menghitung stabilitas terhadap guling:

$$P_h = P_a = 294,2587 \text{ kN/m}$$

$$M_o = P_h \times H/3 \\ = 588,51739 \text{ kN/m}$$

$$F_s \text{ guling} = (\Sigma MR)/(\Sigma M_o) \\ = 3,2000 > 2 \text{ (aman)}$$

Menghitung stabilitas terhadap geser:

$$F_s \text{ geser} = ((\Sigma I) \cdot 0,8 / Pa) \\ = 1,6537 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Menghitung stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah:

1. Eksentrisitas (e)

$$e = B/2 - (\Sigma VR - Mo)/(\Sigma V) < B/6 \\ = 0,4714406 < 0,8667 \text{ (OK...)}$$

$$q_{\max} = q_{\text{kaki}} = \Sigma V/B (1 + (6e/B)) \\ = 180,6033 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\min} = q_{\text{tumpit}} = (\Sigma V)/B (1 - (6e/B)) \\ = 53,3434 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas daya dukung tanah:

$$q_u = (c \times N_c \times F_{cd} \times F_{ci}) + (q \times N_q \times F_{qd} \times F_{qi}) + (0,5 \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times F_{\gamma d} \times F_{\gamma i})$$

dimana,

$$q = \gamma_{\text{sat}} \times D \\ = 29,715 \text{ kN/m}^2$$

$$B' = B - 2e \\ = 4,2571 \text{ m}$$

$$F_{cd} = 1 + 0,4(D/B') \\ = 1,1409$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \theta (1 - \sin \theta)^2 D/B' \\ = 1,0849$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\Psi^\circ = \tan^{-1} (Pa/(\Sigma V)) \\ = 0,4505796 \\ = 25,8163^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = (1 - \Psi^\circ/90^\circ)^2 \\ = 0,5086$$

$$F_{\gamma i} = (1 - \Psi^\circ/\theta^\circ)^2 \\ = 2,5016$$

Berdasarkan Tabel 5 dengan $\theta = 10^\circ$, diperoleh:

$$N_c = 9,64$$

$$N_q = 2,7$$

$$N_\gamma = 1,2$$

Sehingga:

$$q_u = (c \times N_c \times F_{cd} \times F_{ci}) + (q \times N_q \times F_{qd} \times F_{qi}) + 0,5(\gamma \times B' \times N_\gamma \times F_{\gamma d} \times F_{\gamma i}) \\ = 185,87518 \text{ kN/m}^2$$

$$F_s \text{ daya dukung} = q_u/q_{\max}$$

$$= 1,0292 < 3 \text{ (Tidak Aman)}$$

Karena FS daya dukung tidak terpenuhi maka dilakukan desain pondasi tiang pancang.

Desain pondasi tiang pancang, bila diketahui:

Tabel 8. Informasi Material.

Beban Vertikal (DPT + Tanah)	36495,68 kN
Beban Poring Beton	3744,00 kN
Jenis Tiang Pancang <i>Black Steel</i>	Dia.50 cm
Luas Tiang (A)	1963 cm ²
Kedalaman Tiang Pancang	6 m
Keliling Tiang (K)	157 cm

Tabel 9. Hasil Sondir.

Nilai Konus Sondir (NK)	120 kg/cm
Nilai JHP Sondir	3400 kg/cm

Kekuatan 1 tiang pancang:

$$Q_s = (A \times NK)/3 + (JHP \times K)/5 \\ = 185260,00 \text{ kg} \\ = 185,26 \text{ ton} \\ = 1817,40 \text{ kN}$$

Jumlah tiang pancang:

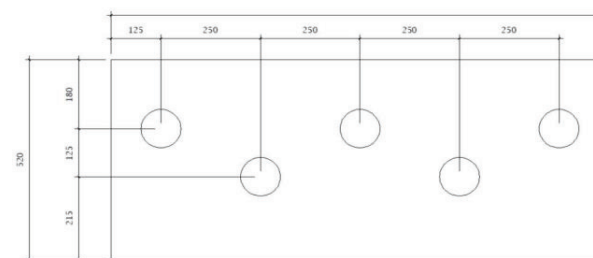
$$N = \Sigma V / Q_s \\ = 22,14 \text{ bh} \\ = 24 \text{ bh}$$

$$E_g = 1 - \theta/90 [((n-1)m + (m-1)n)/(m.n)] \\ = 0,998$$

$$m = 2$$

$$n = 1$$

$$\theta = 0,381$$



Gbr. 12. Susunan Tiang Pancang.

$$Q_{\text{all Tiang}} = Q_s \cdot n \cdot E_g \\ = 43525,41 \text{ kN}$$

$$> 40239,684 \text{ kN (beban yang bekerja)}$$

Jadi, Konstruksi Aman.

Desain penulangan dinding penahan tanah diketahui:

$$F'c = 30 \text{ mpa}$$

$$F_y = 240 \text{ mpa}$$

$$d' = 944 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\Sigma M = 1883,2379 \text{ kN.m} \times 1,2$$

$$= 2824,85691 \text{ kN.m}$$

$$K_{\text{perlu}} = M_u / 0.8 \cdot b \cdot d^2$$

$$= 3,96 \text{E-06}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 F'c}{F_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f_c}} \right) = 0,00047$$

$$= 2,97 \text{E-05}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0484$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$$

maka ρ_{min} yang dipakai

Luas tulangan pokok:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d'$$

$$= 3304 \text{ mm}^2$$

$$= 4019,2 \text{ mm}^2$$

Maka besi yang dipakai = D32 – 200

Luas tulangan susut

$$A_s = 0,002 \cdot b \cdot h$$

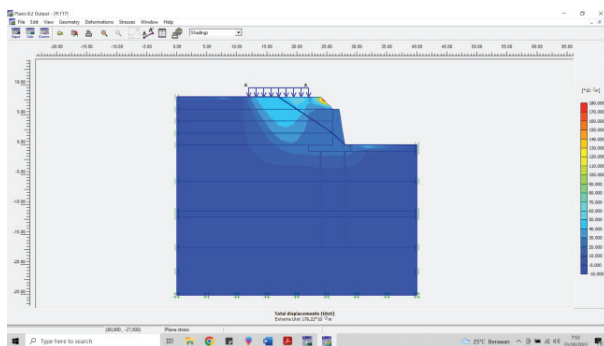
$$= 2000 \text{ mm}^2$$

$$= 2009,6 \text{ mm}^2$$

Maka besi yang dipakai = D16 – 100

b. Analisis menggunakan Plaxis

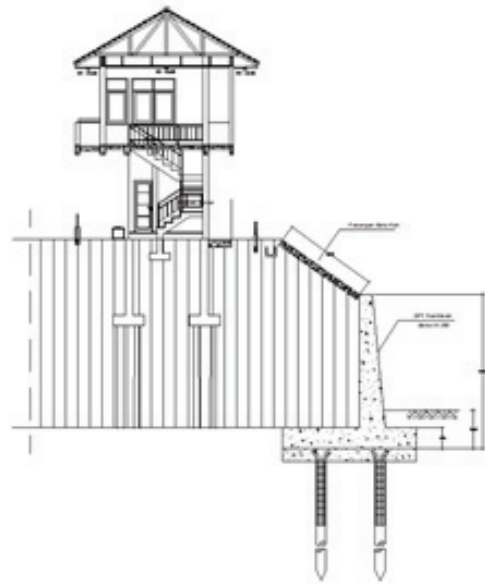
Berikut gambaran analisis DPT rencana menggunakan plaxis:



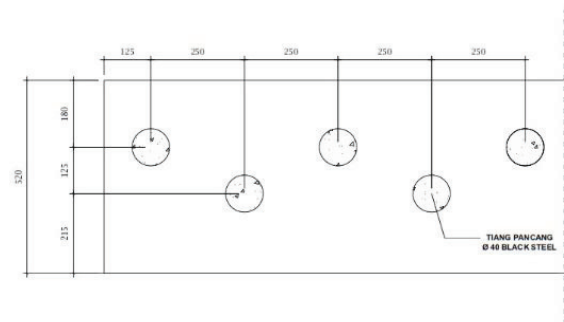
Gbr. 13. Analisis Menggunakan Plaxis.

Dari analisis menggunakan plaxis diketahui DPT Existing memiliki nilai faktor keamanan (FK) = 2,261. Hal ini dapat menjadi

pertimbangan pembading terhadap analisis numerik.



Gbr. 14. Detail Rencana DPT H = 6 m, Mutu Beton K-300.



Gbr. 15. Terdapat 12 Titik Tiang Pancang Ukuran Dia.50 cm, Kedalaman 6 m.

4 KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan :

- Kedalaman tanah keras ($q_c > 120 \text{ kg/cm}^2$) adalah pada kedalaman 12 m dari permukaan tanah timbunan.
- Dari hasil analisis penyebab kegagalan dari dinding penahan existing adalah: desain DPT yang tidak sesuai, analisis stabilitasnya tidak dihitung dengan baik, dan penambahan tegangan pada tanah akibat infiltrasi hujan kedalam timbunan yang membuat tekanan tanah aktif lebih besar.
- Untuk dinding penahan tanah disarankan pada kasus ini adalah DPT jenis kantilever mutu beton K-300 dengan tulangan pokok D32-200 dan tulangan susut D16-100

dilengkapi dengan tiang pancang *Black Steel* dengan dia.50 cm kedalaman 6 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadhilah, L., & Sudarno, S. 2017. Perencanaan Dinding Penahan Tanah untuk Perbaikan Longsor di Ruas Jalan Balerejo Kalegen. *Reviews in Civil Engineering* 1(1).
- Gumilar, M.Sang. 2022. *Tanah Longsor dan Upaya Penanganannya*. Solo: Media Sarana Sejahtera.
- Hidayat, I., & Kusuma, A. 2021. Permodelan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Analisis Kestimbangan Batas dan Elemen Hingga. *Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala* 16(1): 87-96.
- SNI. 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. SNI: 8460.
- Kalalo, M., Ticoh, J. H., & Mandagi, A. T. 2017. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah. Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* 5(5).
- Sugiharto, D. 2015. *Mitigasi Kerusakan Dinding Penahan Tanah dan Solusi Alternatif Perbaikan pada Bandara Sultan Baabullah Ternate*. Doctoral Dissertation. Universitas Gadjah Mada.

