

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DI JALAN DESA TELOGOSARI KECAMATAN TIRTOYUDO KABUPATEN MALANG

Eri Andrian Yudianto¹, Eding Iskak Imananto², Ronal³

Teknik Sipil ITN Malang¹²³

Email : eri_yudianto@lecturer.itn.ac.id¹, edingiskak@lecturer.itn.ac.id²

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dinding penahan tanah tipe kantilever pada jalan Desa Telogosari, Kecamatan Tirtoyudo, Kabupaten Malang, yang mengalami longsor sepanjang ± 20 meter. Studi ini mencakup analisis stabilitas lereng, perencanaan dimensi, dan penulangan struktur dengan pendekatan metode Fellenius serta perangkat lunak Geo5. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa stabilitas lereng sebelum perkuatan memiliki faktor keamanan $SF = 1,191$ ($< 1,5$), sehingga perlu dilakukan perkuatan. Dua tipe dinding penahan dirancang dengan hasil SF terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah yang memenuhi standar. Penulangan dirancang sesuai SNI 2847-2019 dengan hasil penggunaan tulangan D16 hingga D19. Studi ini memberikan solusi teknis terhadap permasalahan geoteknik lokal dan dapat dijadikan acuan untuk kasus serupa.

Kata kunci: Dinding penahan tanah, stabilitas lereng, Geo5, Mononobe-Okabe, penulangan

1. PENDAHULUAN

Stabilitas jalan di daerah perbukitan atau daerah dengan kontur tanah yang curam sangat penting untuk kelangsungan aktivitas masyarakat. Pada beberapa wilayah, sering terjadi bencana longsor yang merusak badan jalan, seperti yang terjadi di Desa Telogosari, Kecamatan Tirtoyudo, Kabupaten Malang. Kejadian longsor menyebabkan akses jalan terganggu sehingga dibutuhkan solusi konstruksi berupa perencanaan dinding penahan tanah yang aman dan sesuai standar.

Penelitian ini berfokus pada perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan pendekatan stabilitas lereng, kontrol terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah, serta perhitungan struktur dan penulangan menggunakan metode SNI 8460:2017 dan SNI 2847:2019. Hasil dari studi ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi teknis untuk perencanaan serupa di lokasi lain yang mengalami permasalahan geoteknik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Stabilitas lereng

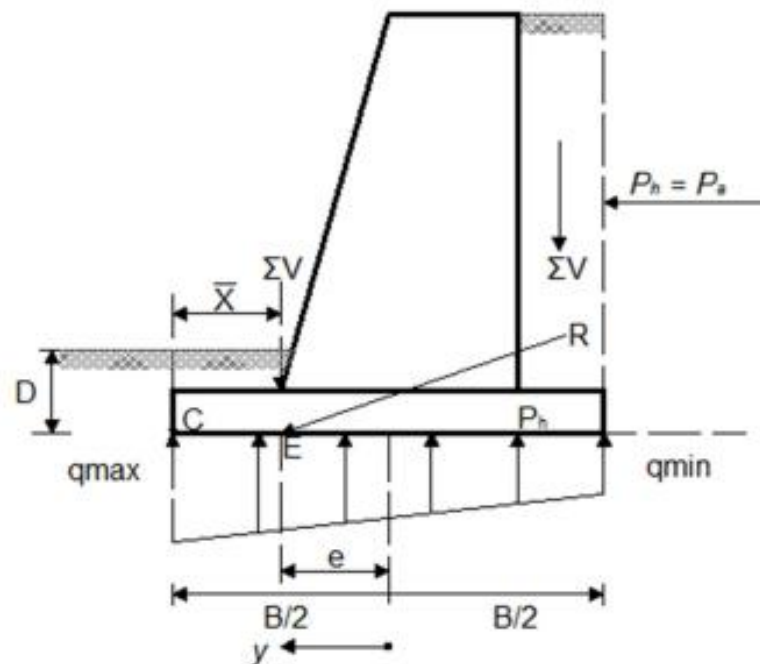
Pada tanah non horizontal, komponen gravitasi cenderung menyebabkan tanah bergerak ke bawah. Jika komponen gravitasi begitu besar sehingga ketahanan geser yang dapat diberikan tanah pada bidang longsor terlampaui, maka akan terjadi keruntuhan lereng. Analisis kestabilan pada tanah miring disebut dengan analisis kestabilan lereng (Hardiyatmo, 2006).

Menganalisis kestabilan lereng bukanlah hal yang mudah karena banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil perhitungan. faktor tersebut antara lain, misalnya kondisi lapisan tanah, kuat geser anisotropik tanah, infiltrasi air ke dalam tanah, dan lain-lain. Terjadinya tanah longsor dapat disebabkan oleh faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor internal, yaitu pengaruh yang meningkatkan gaya geser tanpa mengubah ketahanan geser tanah. Misalnya, aktivitas manusia telah meningkatkan kemiringan tebing atau memperdalam dan mengikis sungai, faktor eksternal, yaitu tanah longsor yang terjadi tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh umum dari kondisi ini adalah efek peningkatan tekanan air pori pada suatu lereng (Hardiyatmo, 2006).

Kapasitas daya dukung tanah

Analisis kapasitas dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Pondasi adalah bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ke tanah yang terletak dibawahnya.

Banyak cara yang telah dibuat untuk merumuskan persamaan kapasitas dukung tanah, namun seluruhnya hanya merupakan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat di kaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhnya.



Gambar 1. Kontrol Terhadap Keruntuhan Daya Dukung.

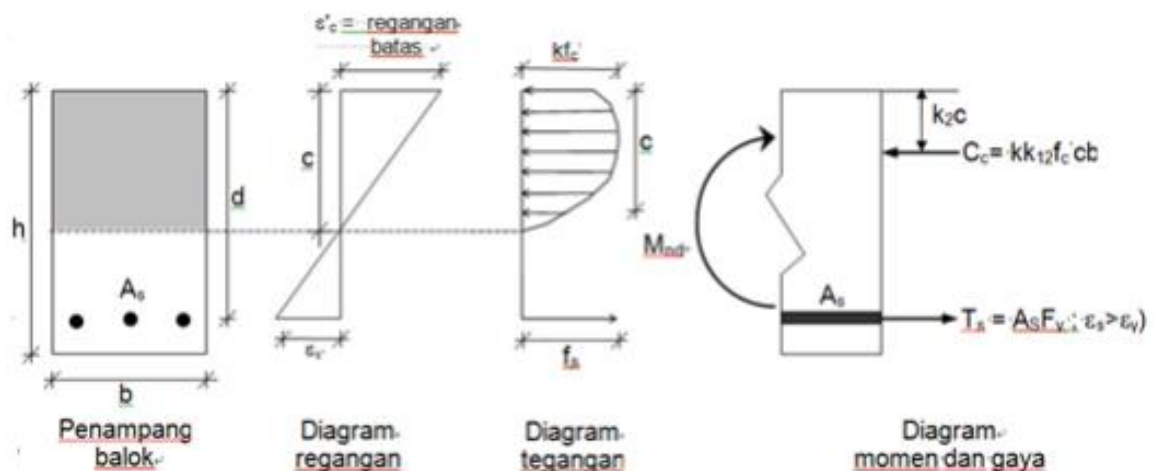
Penulangan dinding penahan tanah

Beton bertulang adalah dimana dua jenis bahan yaitu baja tulang dan beton dipakai bersamaan dengan demikian prinsip-prinsip yang mengatur perencanaan struktur dari beton bertulang di dalam beberapa hal berbeda dengan prinsip-prinsip yang menggunakan satu macam bahan saja.

Banyak struktur dibuat dari beton bertulang yaitu antara lain : jembatan, gedung, dinding penahan tanah, terowongan, tangki, dan lain-lain. Beton bertulang adalah merupakan gabungan dari dua jenis bahan yaitu : Beton polos yang memiliki kekuatan tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah, dan batangan baja-baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Berikut adalah cara perhitungan penulangan pada dinding penahan tanah ini. Rancangan tulangan pondasi mengacu pada peraturan “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung” (SNI 2847-2019) menurut pasal yang sesuai, (Anonim, 2017b).

Diagram tegangan regangan

Distribusi tegangan beton tekan pada penampang bentuknya setara dengan kurva tegangan-regangan beton tekan. Seperti tampak pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Diagram Tegangan Regangan

b = Lebar Balok
 h = Tinggi Balok
 d = Tinggi Efektif Balok ($d = h - (\text{Selimut beton} + \text{diameter sengkang} + \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama})$)
 A_s = Luas Tulangan Tarik
 ϵ_{cu} = Regangan *ultimate* beton (0,003)
 ϵ_s = Regangan Tarik baja tulangan
 ϵ_y = regangan leleh baja
 c = Jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral
 f_y = Tegangan leleh baja tulangan
 J_d = $d - \frac{1}{2} a$.
 Pada gambar diatas diperoleh gaya tekan pada beton (C) adalah:
 $C = 0,85 \times f'_c \times a \times b$
 Dan gaya tarik pada baja (T) adalah:
 $T = A_s \times f_y$
 (Sudarno P Tampubolon, S.T., 2022)

Software fine geo 5

Geo 5 adalah rangkaian perangkat lunak komprehensif yang menyediakan solusi untuk tugas apapun mulai dari survey geologi hingga desain geoteknik tingkat lanjut yang meliputi analisis stabilitas, desain penggalian, desain dinding penahan tanah, fondasi dangkal, pondasi tiang pancang, analisis penurunan dan konsolidasi, pemodelan geologi, terowongan, dan survey geologi.

Pada studi ini digunakan analisis stabilitas dapat dipecahkan secara numerik dalam program yang menggunakan pengurangan bertahap parameter kekuatan geser MC (Φ, c). program ini digunakan untuk memverifikasi desain dinding pranaahan yang menawarkan sejumlah bentuk dinding dan menganalisis penampang. Membuat analisis stabilitas internal (terguling, tergelincir, dan daya dukung tanah pondasi), dampak gempa bumi (Mononobe-Okabe) dan beberapa tahap kontruksi.

3. METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan studi teknis dengan observasi lapangan dan pengujian laboratorium tanah. Data primer diperoleh dari sampel tanah di lokasi longsor, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur dan peraturan teknis seperti SNI dan buku teks geoteknik. Analisis lereng dilakukan menggunakan metode Fellenius dan perangkat lunak Geo5. Tahapan perencanaan meliputi: identifikasi masalah, analisis stabilitas lereng, perhitungan dimensi dinding, analisa kestabilan (guling, geser, daya dukung), serta perencanaan penulangan struktur.

Lokasi perencanaan

Lokasi perencanaan dinding penahan tanah ini berada pada beberapa jalan Desa Telogosari Kec.Tirtoyudo Kab. Malang, dengan merencanakan hanya pada satu titik longsor.



Gambar 3. Peta Lokasi Desa Telogosari Kec. Tirtoyudo Kab. Malang



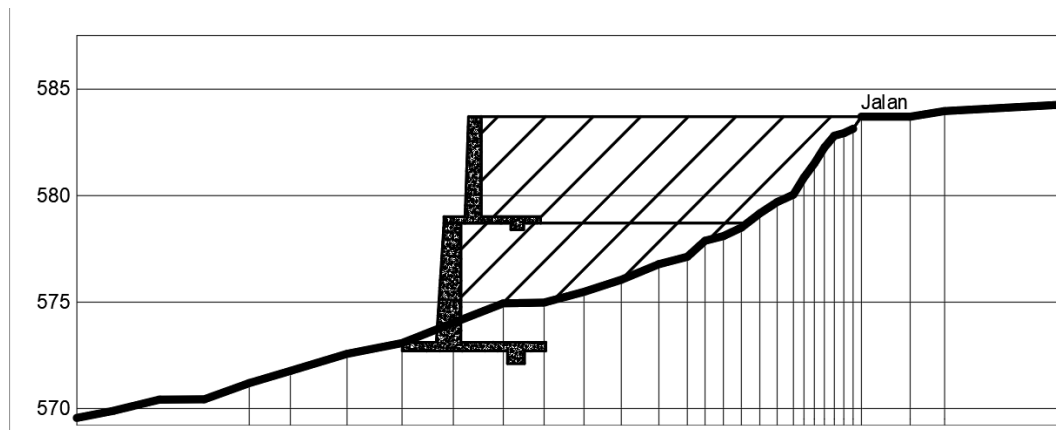
Gambar 4. Kondisi Lokasi Perencanaan Dinding Penahan Jalan Desa Telogosari Kec. Tirtoyudo Kab. Malang

Analisis perhitungan

Setelah data yang diperlukan diperoleh secara keseluruhan dengan literatur yang sudah didapatkan maka data tersebut diolah dan dianalisis dengan data yang diperoleh menggunakan formula yang ada pada landasan teori dan dianalisis untuk mencari alternatif perbaikan yang tepat dengan menggunakan bantuan program komputer.

Adapun tahap dalam melakukan perencanaan dinding penahan tanah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi masalah pada lokasi studi dan menganalisa stabilitas lereng menggunakan perhitungan manual dengan metode irisan dan dibantu program Geo 5.
2. Kemudian dilakukan pendimensian dinding penahan tanah tipe kantilever dengan acuan SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik.
3. Melakukan analisa perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur dinding penahan yang meliputi beban kendaraan, tekanan tanah lateral, berat sendiri, dan perhitungan beban gempa dengan metode Mononobe-Okabe.
4. Menganalisa faktor aman dinding penahan terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah sesuai dengan buku Hardiyatmo (2006).
5. Jika faktor aman belum sesuai dengan ketentuan dapat dilakukan pendimensian ulang dinding penahan, jika sudah sesuai dapat dilanjutkan pada perencanaan penulangan dinding penahan tanah.
6. Setelah semua analisa perhitungan selesai bisa diambil kesimpulan dari rumusan masalah yang ada.
7. Gambar rencana dinding penahan tanah tipe kantilever sebagai berikut, terlampir.



Gambar 5. Konsep Perencanaan DPT

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas lereng sebelum dan sesudah perkuatan

Analisa stabilitas lereng sebelum diberikan perkuatan menunjukkan nilai faktor keamanan $SF = 1,191$ yang berarti belum memenuhi kriteria aman ($SF \geq 1,5$). Setelah dilakukan perencanaan dan pemasangan dinding penahan tanah tipe kantilever, analisa dengan perangkat lunak Geo5 menunjukkan SF meningkat menjadi 3,26 untuk DPT 1 dan 2,57 untuk DPT 2, sehingga memenuhi kriteria keamanan.

Tabel 1. Perhitungan Faktor Keamanan

Luas irisan	γ_{sat}	irisan	W_n ($A \cdot \gamma_{sat}$)	α_n	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	ΔL_n	$W_n \cdot \sin \alpha_n$	$W_n \cdot \cos \alpha_n$
0,053	2,010	1	0,107	55	0,819	0,574	5,854	0,087	0,061
0,026	2,010	2	0,052	52	0,788	0,616		0,041	0,032
0,023	2,010	3	0,046	50	0,766	0,643		0,035	0,030
0,015	2,010	4	0,030	48	0,743	0,669		0,022	0,020
0,239	2,010	5	0,480	42	0,669	0,743		0,321	0,357
0,099	2,010	6	0,199	35	0,574	0,819		0,114	0,163
0,160	2,010	7	0,322	32	0,530	0,848		0,170	0,273
0,029	2,010	8	0,058	29	0,485	0,875		0,028	0,051
0,031	2,010	9	0,062	28	0,469	0,883		0,029	0,055
0,032	2,010	10	0,064	28	0,469	0,883		0,030	0,057
0,033	2,010	11	0,066	27	0,454	0,891		0,030	0,059
0,031	2,010	12	0,062	26	0,438	0,899		0,027	0,056
0,030	2,010	13	0,060	25	0,423	0,906		0,025	0,055
0,028	2,010	14	0,056	25	0,423	0,906		0,024	0,051
0,040	2,010	15	0,080	24	0,407	0,914		0,033	0,073
0,042	2,010	16	0,084	22	0,375	0,927		0,032	0,078
0,042	2,010	17	0,084	21	0,358	0,934		0,030	0,079

0,039	2,010	18	0,078	19	0,326	0,946	0,026	0,074
0,040	2,010	19	0,080	18	0,309	0,951	0,025	0,076
0,037	2,010	20	0,074	17	0,292	0,956	0,022	0,071
0,057	2,010	21	0,115	15	0,259	0,966	0,030	0,111
0,074	2,010	22	0,149	13	0,225	0,974	0,033	0,145
0,071	2,010	23	0,143	10	0,174	0,985	0,025	0,141
0,075	2,010	24	0,151	8	0,139	0,990	0,021	0,149
0,080	2,010	25	0,161	5	0,087	0,996	0,014	0,160
0,096	2,010	26	0,193	1	0,017	1,000	0,003	0,193
0,086	2,010	27	0,173	-2	-0,035	0,999	-0,006	0,173
0,082	2,010	28	0,165	-5	-0,087	0,996	-0,014	0,164
0,074	2,010	29	0,149	-9	-0,156	0,988	-0,023	0,147
0,043	2,010	30	0,086	-13	-0,225	0,974	-0,019	0,084
0,035	2,010	31	0,070	-16	-0,276	0,961	-0,019	0,068
0,027	2,010	32	0,054	-19	-0,326	0,946	-0,018	0,051
0,021	2,010	33	0,042	-23	-0,391	0,921	-0,016	0,039
0,008	2,010	34	0,016	-26	-0,438	0,899	-0,007	0,014
0,005	2,010	35	0,010	-28	-0,469	0,883	-0,005	0,009
Σ							1,321	3,383

Sumber : Perhitungan Exel

Faktor aman dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot \Delta \ln + Wn \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} Wn \cdot \sin \alpha}$$

$$= \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (0,17 \cdot 5,854 + 3,383 \cdot 0,077)}{1,321}$$

$$= 1,191 < 1,5 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Jadi, lereng yang terjadi longsor perlu adanya perkuatan guna mendukung kestabilan lereng.

Stabilitas struktur dinding penahan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kedua dinding penahan tanah memenuhi kriteria terhadap guling ($SF > 14$) dan geser ($SF = 1,7$), serta daya dukung tanah ($SF > 3$). Beban gempa diperhitungkan menggunakan metode Mononobe-Okabe dengan nilai $PGA = 0,4$.

Analisis penulangan struktur

Perencanaan tulangan dinding menggunakan pendekatan SNI 2847:2019. Untuk DPT 1 digunakan tulangan D16 dengan jarak 100–150 mm, sedangkan untuk DPT 2 digunakan D19 dengan jarak 75–200 mm. Hasil penulangan menunjukkan bahwa kuat momen dan geser dapat ditahan oleh beton tanpa memerlukan tulangan geser tambahan di beberapa bagian.

Perbandingan analisis manual dan software geo5

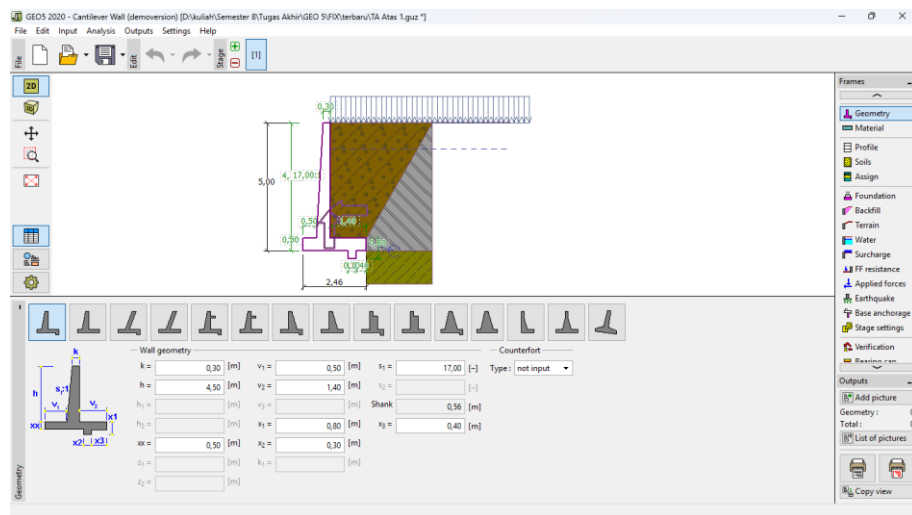
Analisis manual yang dilakukan dengan metode Fellenius memberikan gambaran awal bahwa lereng tidak stabil dengan nilai $SF = 1,191$. Hal ini sesuai dengan hasil observasi lapangan yang menunjukkan adanya deformasi dan kerusakan jalan. Namun, pendekatan manual memiliki keterbatasan dalam memodelkan kompleksitas geometri lereng dan variasi parameter tanah, sehingga digunakan software Geo5 untuk mendapatkan hasil yang lebih realistis.

Hasil dari Geo5 menunjukkan bahwa setelah perkuatan, angka keamanan meningkat secara signifikan. Selain itu, fitur verifikasi otomatis pada Geo5 memungkinkan pengecekan terhadap semua kemungkinan kegagalan struktur, termasuk guling, geser, dan penurunan daya dukung tanah, yang sulit dilakukan secara simultan pada analisis manual. Perbandingan ini menunjukkan bahwa analisis berbasis software dapat melengkapi kekurangan metode manual.

Studi ini menunjukkan pentingnya perencanaan berbasis data lapangan dan pendekatan numerik dalam wilayah yang rawan longsor. Dengan menggunakan kombinasi analisis manual dan digital, perencana dapat mengoptimalkan desain yang sesuai dengan kondisi aktual. Dinding penahan tanah tipe kantilever merupakan salah satu solusi efektif dengan efisiensi biaya dan kestabilan yang baik, terutama untuk wilayah dataran tinggi dan jalan desa seperti Telogosari.

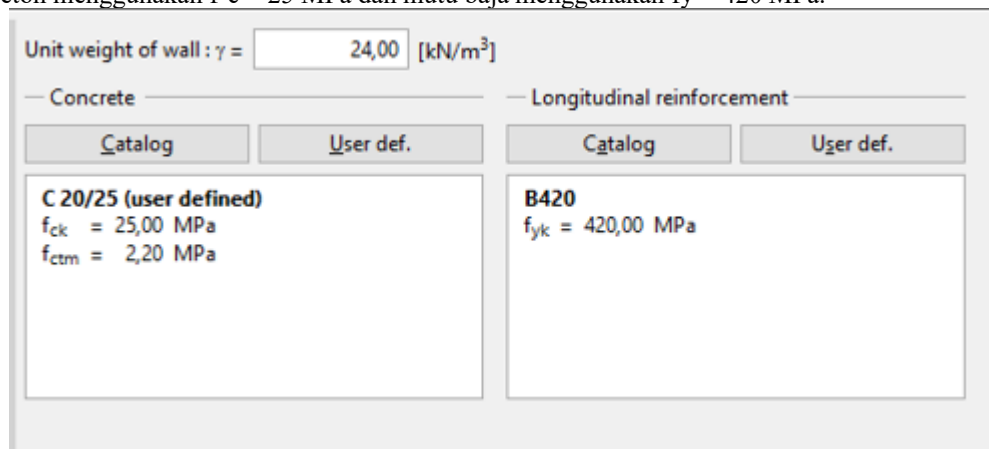
Analisa kestabilan dinding penahan tanah menggunakan software geo5.

Pada analisa menggunakan software Fine Geo 5 mampu menganalisa *safety factor* terhadap guling, pergeseran, dan daya dukung tanah. Dan terdapat analisa penulangan dinding penahan tanah yang sudah di desain. Berikut merupakan permodelan dan urutan analisa dinding penahan tanah menggunakan software Fine Geo 5 swbagai berikut :



Gambar 6. Input pendimensionian Geo 5

- Input spesifikasi material yang digunakan meliputi *Unit weight of wall* = 24 kN/m³, data spesifikasi mutu beton menggunakan f'_c = 25 MPa dan mutu baja menggunakan f_y = 420 MPa.



Gambar 7. Input data spesifikasi mutu

- Kemudian menentukan lapisan tanah dalam studi ini terdapat 3 lapisan tanah yang dapat dilihat dari hasil *drilling log*.

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]
1	5,00	0,00 .. 5,00
2	5,00	5,00 .. 10,00
3	-	10,00 .. ∞

+
Add

— Position information —

Terrain elevation : [m]

Coordinates GPS

GPS : (not specified)

View on map

Gambar 8. Input data lapisan tanah

- Input klasifikasi tanah sesuai hasil dari pengujian lab. Adapun yang harus diinput sebagai berikut :
 - Sebagai contoh jenis tanah : *Silty Clay*
- $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
 $\varphi = 4,38^\circ$
 $c = 1,7 \text{ kPa}$
 $\delta = 1,46^\circ$
 $v = 0,3$
 $\gamma_{\text{sat}} = 20,10 \text{ kN/m}^3$

+
Add

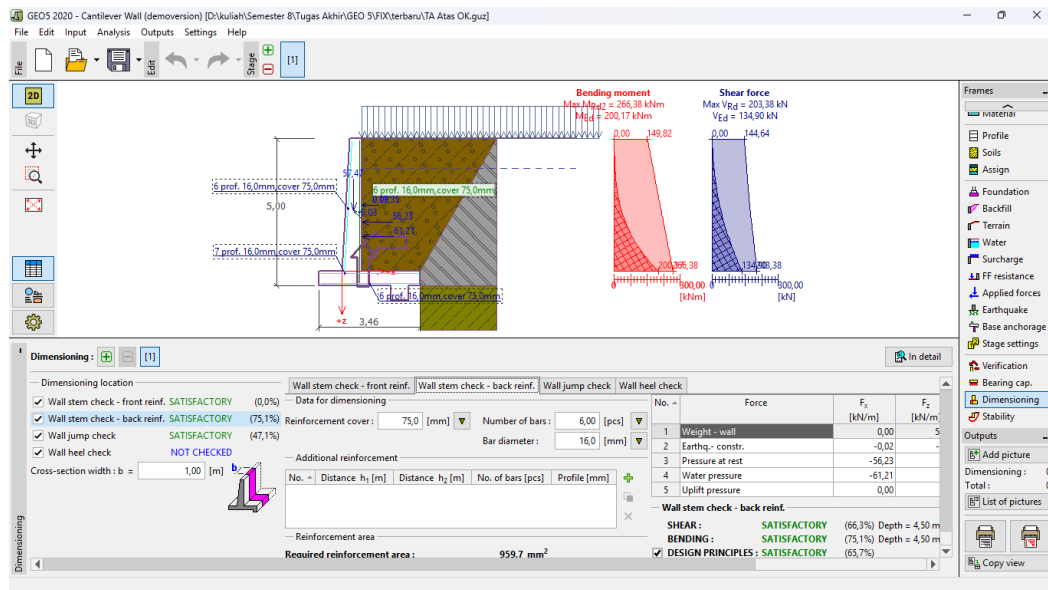
-
Edit No. 1

-
Remove No. 1

No.	Soil name	
1	Silty Clay	Silty Clay Unit weight : $\gamma = 17,00 \text{ kN/m}^3$ Stress-state : effective Angle of internal friction : $\varphi_{\text{ef}} = 4,38^\circ$ Cohesion of soil : $c_{\text{ef}} = 1,70 \text{ kPa}$ Angle of friction struc.-soil : $\delta = 1,46^\circ$ Soil : cohesive Poisson's ratio : $v = 0,30$ Saturated unit weight : $\gamma_{\text{sat}} = 20,10 \text{ kN/m}^3$
2	Silt	
3	Clayey Silt	
4	Silty gravel (GM)	

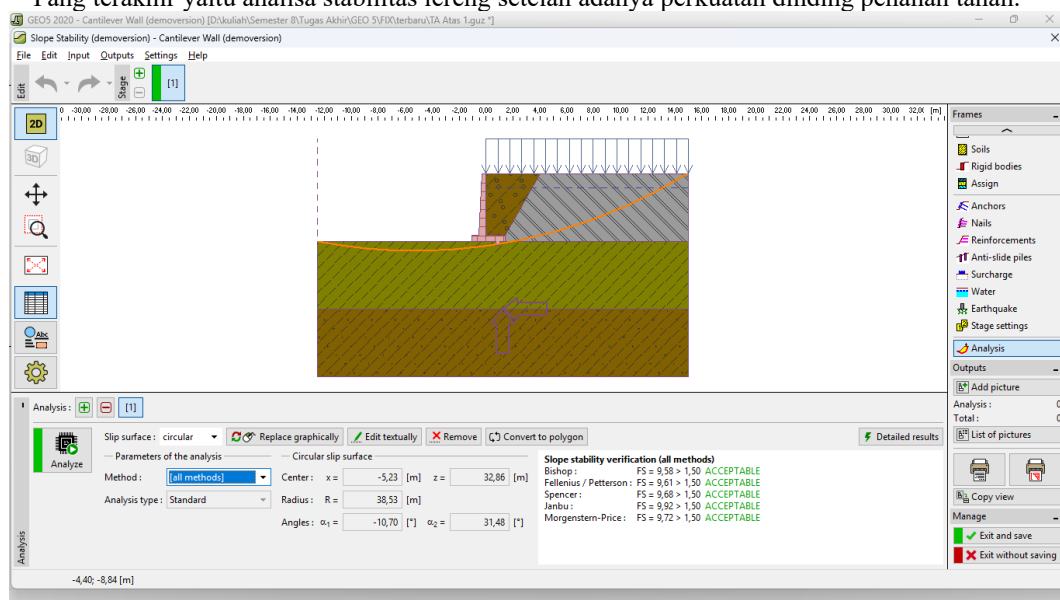
Gambar 9. Input data tanah

- Setelah itu assign sesuai dengan lapisan tanah yang sudah dibuat.
- Menentukan *backfill*, *terrain*, kondisi ketinggian air tanah dan kemudian input *surcharge* dalam studi ini terdapat beban merata diatas bangunan dinding penahan tanah sebesar $q = 9 \text{ kN/m}^2$, dan beban gempa $K_h = 0,4$ dan $K_v = 0$
- Setelah semuanya sudah terinput kemudian dilanjutkan *verification* yang dimana dapat terlihat presentase terjadinya *overturning* dan *slip*. Selanjutnya jga terlihat presentase terjadinya penurunan tanah dalam hal ini ketiganya harus dalam keadaan $< 100\%$.
- Kemudian dilanjutkan analisa penulangan yang dimana ini kita dapat mendesain besar nya tulangan yang digunakan agar tidak terjadi kegagalan struktur.



Gambar 10. analisa penulangan Geo 5

- Yang terakhir yaitu analisa stabilitas lereng setelah adanya perkuatan dinding penahan tanah.



Gambar 11. Analisa stabilitas lereng setelah adanya dinding penahan tanah

Dalam analisis Geo 5 terdapat angka keamanan sebagai berikut :

- Dinding penahan tanah 1 = $3,26 > 1,5$ (memenuhi)
- Dinding penahan tanah 2 = $2,57 > 1,5$ (memenuhi)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis, dapat disimpulkan bahwa: (1) Stabilitas lereng dapat ditingkatkan dengan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever; (2) Dinding penahan yang direncanakan memenuhi kriteria stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung; (3) Penulangan yang dirancang dengan mengacu pada SNI menghasilkan struktur yang aman terhadap gaya dalam; (4) Studi ini dapat dijadikan acuan teknis dalam perencanaan dinding penahan tanah di lokasi serupa.

DAFTAR PUSTAKA

Andriyani, B.C.D., Imananto, E.I., & Yudianto, E.A. (2019). Studi Perencanaan Stabilitas Lereng dengan Perkuatan

Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever. E-Print ITN.

Anonim. (2017). SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. BSN.

Anonim. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. BSN.

Das, B.M., Endah, N., & Mochtar, I.B. (1993). Mekanika Tanah Jilid 2. Erlangga.

Hardiyatmo, H.C. (2006). Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, H.C. (2011). Analisis dan Perancangan Fondasi I. Gadjah Mada University Press.

Yazdani, M., et al. (2013). Extended Mononobe-Okabe Method for Seismic Design of Retaining Walls. Jurnal Internasional.