

DESAIN DIMENSI DINDING PENAHAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM *Geo 5*

Anto Budi Listyawan¹, Suhendro Trinugroho², Arya Nugraha³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: anto_beel@yahoo.com

Abstrak

Teknologi di bidang konstruksi bangunan saat ini mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi dalam bidang geoteknik. Salah satu program bantuan untuk mempercepat dalam perhitungan dan meminimalisir kesalahan pada saat menghitung kestabilan dinding penahan tanah dengan menggunakan program bantu *Geo5*. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dimensi dan stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya pergeseran, penggulingan dan keruntuhan dengan metode manual yang kemudian diolah dengan menggunakan program *Geo5*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data SPT-Test dan DST di daerah jalan Piyungan – Batas Gunung Kidul. Penelitian diawali dengan analisis data hasil uji SPT di lokasi lereng berada, kemudian beberapa interpretasi dilakukan untuk memudahkan perencanaan. Perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan umum yang ada dalam analisis dinding penahan tanah. Akhirnya perhitungan dengan menggunakan program *Geo 5* dilakukan dengan memasukkan data dimensi awal dinding penahan tanah beserta data-data tanah sebagaimana pada perhitungan manual. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapat hasil bahwa pada perhitungan manual dan hasil perhitungannya program *Geo5*, sama – sama memperoleh angka aman yang telah ditetapkan untuk perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan tanah urug kohesif. Perbedaan hasil perhitungan stabilitas antara perhitungan manual dengan program *Geo5*, karena persamaan ketika menghitung tekanan tanah lateral berbeda. Perhitungan manual menggunakan rumus Rankine dan program *Geo5* menggunakan rumus Rankine yang telah dimodifikasi, yaitu metode Mazindrani.

Kata kunci : *dinding penahan tanah; stabilitas geser; stabilitas keruntuhan kapasitas dukung tanah; stabilitas penggulingan; program Geo5*

Pendahuluan

Dewasa ini teknologi terus berkembang seiring kemajuan jaman. Teknologi di bidang konstruksi bangunan juga mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi dalam bidang geoteknik. Sudah jamak diketahui bersama bahwa untuk mempercepat dalam perhitungan dan meminimalisir kesalahan pada saat menghitung kestabilan dinding penahan tanah dengan menggunakan program bantu *Geo5*. *Geo5* merupakan sederetan program yang dibuat untuk memecahkan berbagai macam permasalahan geoteknik. Tujuan dari perencanaan dinding penahan tanah dengan menggunakan program *Geo5* adalah 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 program *Geo5* untuk mencari nilai keamanan dari stabilitas dinding penahan tanah. Untuk menghindari adanya perluasan pembahasan, maka dipakai batasan masalah dalam perencanaan ini, yaitu perencanaan ini dilakukan di Jalan Piyungan – Batas Gunung Kidul, penelitian ini menggunakan dinding penahan tanah jenis dinding penahan beton bertulang dengan balok kantilever (*Reinforced concrete cantilever walls*) yang menggunakan struktur dari beton, kontrol stabilitas dinding penahan tanah terhadap gaya pergeseran, penggulingan, serta terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah yang menggunakan persamaan Vesic (1975).

Dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah (*Retaining wall*) digunakan untuk mencegah material agar tidak longsor. Secara umum fungsi dari dinding penahan tanah (*Retaining wall*) adalah untuk menahan besarnya tekanan tanah akibat parameter tanah yang buruk sehingga longsor bisa dicegah, serta untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh. Secara garis besar dinding penahan tanah diklasifikasikan menjadi tujuh jenis, yaitu : Dinding grafitasi (*Gravity Wall*); Dinding semi grafitasi (*semi gravity wall*); Dinding

kantilever (*Cantilever wall*); Dinding kontrafort (*Counterfort wall*); Dinding butters (*Butters wall*); Abutmen jembatan (*Bridge abutment*); *Cribb wall*

Longsor

Longsor adalah perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula, gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor. Sehingga dari definisi gerakan tanah dapat disimpulkan bahwa longsor adalah bagian dari gerakan tanah. (Widjojo dalam Pangular, 1985). Berdasarkan pergerakan massa runtuhnya, longsor dapat dikelompokkan menjadi beberapa, yaitu :
Runtuhan (*falling*); merupakan jatuhnya bongkahan batu atau material yang terlepas dari lereng yang terjal;
Gelinciran (*sliding*); merupakan pergerakan massa ke arah bawah dan keluar yang disebabkan oleh tegangan geser yang bekerja pada permukaan runtuh melebihi tahanan geser yang dimiliki oleh material pada permukaan runtuh;
Gulingan (*toppling*); merupakan tergulingnya beberapa blok – blok batuan yang diakibatkan oleh momen guling yang bekerja pada blok – blok batuan tersebut; Aliran (*flowing*); merupakan material yang bergerak ke arah bawah lereng seperti suatu cairan.

Kegunaan dan Manfaat Program Goe 5 v.13

Program bantu ini dikhususkan untuk menghitung dan menganalisis masalah – masalah yang berkaitan dengan pekerjaan tanah, misalnya pekerjaan pemancangan, dinding penahan tanah (*Retaining Wall*), menganalisis penurunan tanah (*Settlement*), menganalisis stabilitas lereng (*Slope Stability*), dan lain sebagainya. *Geo 5* dapat menghitung dan menganalisis dalam waktu yang singkat, akan tetapi akurat dan tepat. *Geo 5* dapat menghitung dan menganalisis stabilitas lereng, stabilitas dinding penahan tanah, menganalisis keamanan dari dimensi dinding penahan tanah yang telah dibuat, dan lain sebagainya.

Tekanan tanah aktif dan pasif

Konsep tekanan tanah aktif dan pasif sangat penting untuk masalah-masalah stabilitas tanah, pemasangan batang-batang penguat pada galian. Persamaan tekanan tanah aktif pada tanah pasir murni diberikan di bawah ini :

$$P_a = K_a \gamma H^2 \text{ kN/m} \quad (1)$$

Di mana harga K_a Untuk tanah datar adalah

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

$$\text{Untuk tanah miring } K_a = \left| \frac{\cos \varphi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi \sin (\varphi - \delta)}{\cos \delta}}} \right|^2 \quad (3)$$

Tekanan tanah aktif pada tanah berkohesi dihitung dengan cara sebagai berikut: Kohesi adalah lekatan antara butir-butir, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$

$$P_a = K_a \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_a} \quad (4)$$

Tekanan tanah pasif :

$$P_{p1} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h_1^2 \quad (5)$$

$$P_{p2} = \frac{1}{2} \gamma h_2^2 K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (6)$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (7)$$

Teori Rankine untuk tanah non-kohesi

Gaya horisontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horisontal dan vertikal pada kondisi ini, merupakan koefisien tanah aktif (*coefficient of active pressure*) atau K_a bila ditanyakan dalam persamaan umum (Hardiyatmo, 2007)

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \omega - \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}}{\cos \omega + \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}} \quad (8)$$

$$K_p = \cos \alpha \frac{\cos \omega + \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}}{\cos \omega - \sqrt{\cos^2 \omega - \cos^2 \phi}} \quad (9)$$

Stabilitas dinding penahan terhadap penggulingan

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut :

$$SF_{guling} = \frac{\Sigma M}{\Sigma M_H} \geq 2 \tag{10}$$

Stabilitas dinding penahan terhadap penggeseran

Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah. Untuk jenis tanah campuran (lempung pasir) maka besarnya,

$$SF = \frac{V \cdot f \frac{2}{3} c \cdot b + E_p}{E_a} \tag{11}$$

SF ≥ 2 digunakan untuk jenis tanah kohesif, misal tanah lempung.

Stabilitas dinding penahan terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Persamaan ini digunakan untuk menghitung kapasitas dukung ultimit pada beban miring dan eksentris, yaitu :

$$q_u = d_c i_c N_c + d_q i_q D_q \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B_\gamma N_\gamma \tag{12}$$

Faktor kemiringan beban menggunakan rumus :

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5H}{V + A' c_a c_t g \varphi} \right]^5 \geq 0 \tag{13}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c t g \varphi \tag{14}$$

Dengan catatan : $N_c t g \varphi = N_q - 1$

Dan Faktor kapasitas dukung menggunakan rumus :

$$N_q = e^{a \varphi'} t g^2 \left(45' + \frac{\varphi'}{2} \right) \tag{15}$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{t g \varphi'} \tag{16}$$

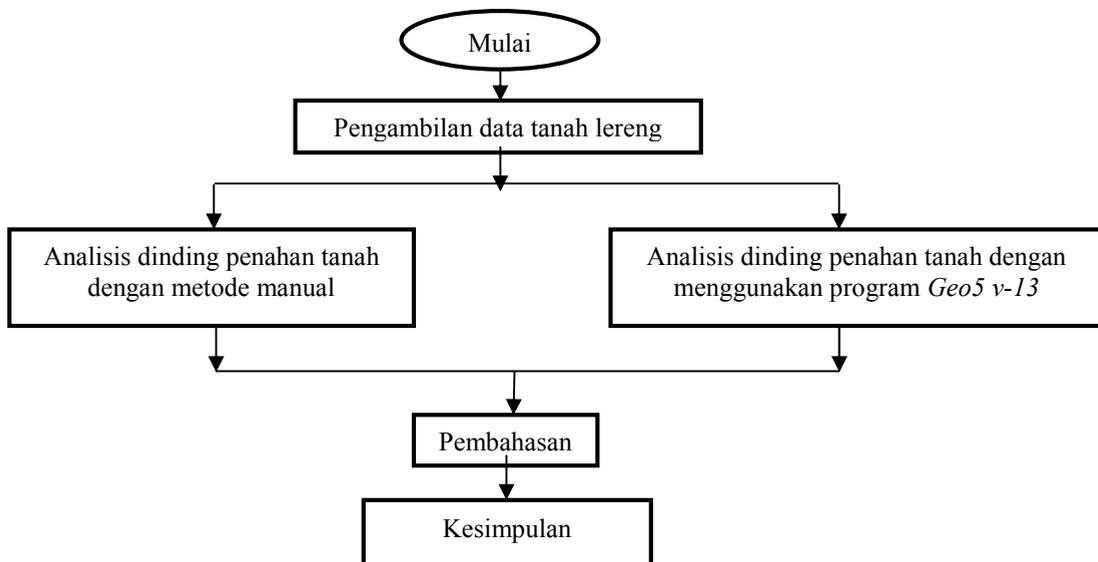
$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) t g \varphi' \tag{17}$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung diidentifikasi sebagai :

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3 \implies q = \frac{q_u}{F} \tag{18}$$

Metode Penelitian

Pada perencanaan kali ini permasalahan yang diangkat adalah merencanakan dimensi dari dinding penahan tanah dengan mengambil data SPT-Test dan DST di daerah jalan Piyungan – Batas Gunung Kidul.. Tahapan penelitian seperti yang tergambar pada bagan alir dibawah ini



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian

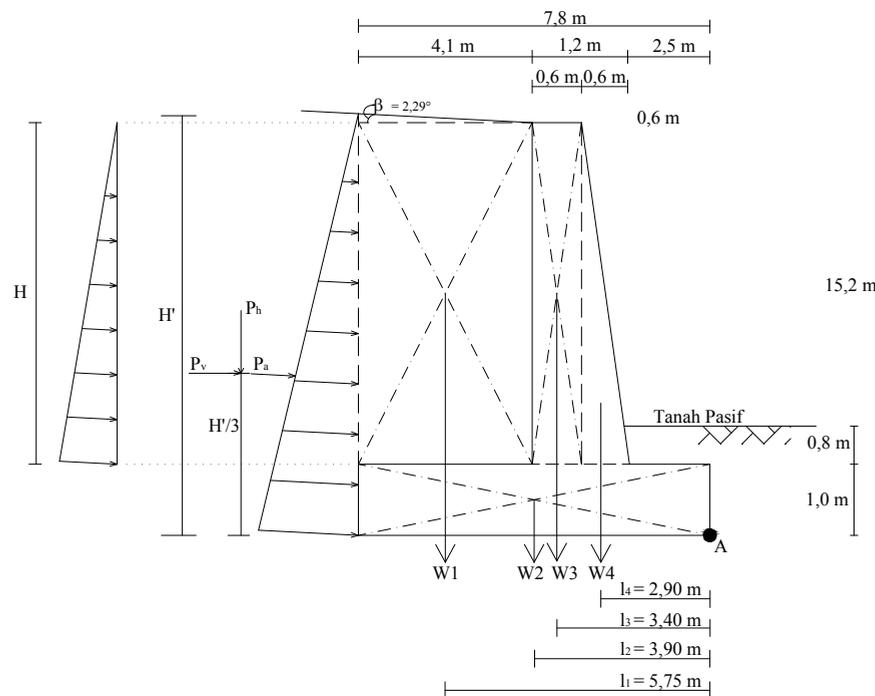
Hasil dan Pembahasan

Data tanah lokasi penelitian

Tabel 1. Data Tanah Pada Bor Hole I

Jenis	Bor Hole I (BH 1)	
Berat Volume (γ)	1,548 gr/cm ³	1,548 ton/m ³
Berat Jenis (Gs)	2,66	2,66
Kohesi (c)	0,163 gr/cm ²	1,630 ton/m ²
Sudut Gesek Dalam (ϕ)	30,44°	30,44
Kadar air rata-rata	44,82 %	44,22 %

Penentuan dimensi awal dinding penahan



Gambar 2. Dimensi awal dari dinding penahan tanah

Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah secara manual

Stabilitas dinding penahan tanah ini didasarkan pada buku analisis dan perancangan fondasi (Hardiatmo, 2010).

Stabilitas terhadap pergeseran

Faktor keamanan terhadap geseran ($F_{sliding}$)

$$F_{gs} = \frac{\sum R_{II}}{\sum P_h} = \frac{c_a \cdot B + \sum w \cdot \tan \delta_b + P_p}{\sum P_h}$$

$$= \frac{1,630 \cdot 7,8 + 150,69 \cdot \tan 20,29 + 17,91}{35,10} = 2,475 > 2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas terhadap penggulingan

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} = \frac{\sum M_w + M_{P'v}}{\sum M_{P_h}} = \frac{744,33 + 10,939}{191,45} = 3,945 > 2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung

Kapasitas dukung ultimit

$$q_{ult} = dc \cdot ic \cdot c \cdot N_c + dq \cdot iq \cdot Po \cdot N_q + d\gamma \cdot iy \cdot 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot Ny$$

$$= 99,97721 \text{ ton/m}^2$$

Tekanan fondasi ke tanah dasar terbagi rata

$$q' = \frac{V}{B'} = \frac{(\sum w + \sum v)}{B'} = \frac{(150,69 + 36,50)}{7,414} = 20,514 \text{ ton/m}^2$$

Faktor aman terhadap daya dukung tanah

$$F = \frac{qu}{q'} = \frac{99,97721}{20,514} = 4,874 > 3 \text{ (Aman)}$$

Jadi asumsi dimensi awal dari dinding penahan tanah, sudah aman terhadap stabilitas pergeseran (*Sliding*), penggulingan (*Overtuning*), dan daya dukung tanah (*Bearing Capacity*).

Perhitungan dengan program Geo 5

Setelah dimensi dari dinding penahan tanah di *Input* ke dalam program *Geo5* seperti langkah – langkah pada bagan alir di atas, maka program *Geo5* mendapatkan *Output* sebagai berikut :

1. Pemeriksaan untuk stabilitas penggulingan

Resisting moment M_{res} = 3122,58 kNm/m

Overtuning moment M_{ovr} = 1554,18 kNm/m

Safety factor = 2,01 > 2

Wall for overturning is SATISFACTORY (Aman)

2. Pemeriksaan untuk stabilitas pergeseran

Resisting horizontal force H_{res} = 524,25 kNm/m

Active horizontal force H_{act} = 225,60 kNm/m

Safety factor = 2,32 > 2

Wall for slip is SATISFACTORY (Aman)

3. Pemeriksaan terhadap eksentrisitas pelat fondasi

Max. eccentricity of normal force e = 1879,1 mm

Maximum allowable eccentricity e_{alw} = 2561,8 mm

Eccentricity of the normal force is SATISFACTORY (Aman)

4. Pemeriksaan terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

Max. stress at footing bottom σ = 195,56 kPa

Bearing capacity of foundation soil R_d = 999,70 kPa

Safety factor = 5,11 > 2

Bearing capacity of foundation soil is SATISFACTORY (Aman)

Dari hasil perhitungan di atas dapat di dapatkan hasil perhitungan stabilitas manual dan program *Geo5*, sebagai berikut :

Tabel 2. Perbandingan hasil perhitungan manual dengan *Geo5*.

Stabilitas	Manual	Program <i>Geo5</i>	Faktor Aman	Keterangan
Penggulingan	3,945	2,01	2	Aman
Pergeseran	2,475	2,32	2	Aman
Kapasitas daya dukung tanah	4,874	5,11	2 - 3	Aman

Setelah memperhatikan hasil dalam tabel di atas, diketahui bahwa hasil akhir dari perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan dimensi yang sama. Perhitungan manual dengan hasil perhitungapn program *Geo5*, sama – sama memperoleh angka aman yang telah ditetapkan untuk perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan tanah urug kohesif. Akan tetapi angka aman yang diperoleh dari kedua perhitungan stabilitas tersebut berbeda. Perbedaan tersebut terjadi karena pada perhitungan manual, tekanan tanah lateral menggunakan metode *Rankine* sedangkan untuk perhitungan dengan program *Geo5* perhitungan tekanan tanah lateralnya menggunakan metode *Rankine* yang telah dimodifikasi, yaitu metode *Mazdrani*. Metode *Mazdrani* ketika menghitung koefisien tekanan tanah aktif maupun pasif langsung memasukkan nilai kohesi tanah, sedangkan untuk metode *Rankine* ketika menghitung tekanan tanah aktif maupun pasif hanya memasukkan sudut gesek dalam tanah dan kemiringan tanah.

Kesimpulan

Meskipun angka aman yang dihasilkan melalui program *Geo 5* dengan perhitungan manual berbeda, perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan menggunakan dimensi awal yang direncanakan menunjukkan bahwa untuk ketiga tinjauan stabilitas penggulingan, penggeseran, dan keruntuhan kapasitas dukung tanah menghasilkan nilai angka aman yang melebihi yang disyaratkan, yang berarti dimensi dinding penahan bisa dipakai. Perbedaan yang terjadi disebabkan perhitungan stabilitas dinding penahan untuk program *Geo 5* dan manual

menggunakan persamaan yang berbeda. Program Geo 5 memudahkan perencana dalam mendesain dinding penahan tanah dan analisis bangunan geoteknik yang lain.

Daftar Pustaka

- Blogspot, (2011), Longsoran, Diakses Tanggal 25 Maret 2013
<http://harizonaauliarahman.blogspot.com/2011/08/html>
- Bowles, J. E, 1982. “*Foundation Analysis And Design*”, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- DAS, M. Braja, (2002), “*Principles of Geotechnical Engineering*”, Books/cole Thomson Learning, California State University
- Finesoftware, Tanpa Tahun. Tutorials Retaining Wall Programs, Diakses 02 Maret 2013,
http://www.finesoftware.eu/download/tutorials/GEO5_Retaining_wall_programs.mp4
- Hardiyatmo, H. C, (2011), “*Analisis dan Perancangan Pondasi I*”, Edisi Kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C, (1994), “*Mekanika Tanah 2*”, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sunggono, (1984), “*Mekanika Tanah*”, Penerbit Nova, Bandung
- Poliupg, Tanpa Tahun. Bab III Dinding Penahan Tanah, Diakses 28 Maret 2013, <http://lecturer.poliupg.ac.id>
- Pranata, H., (2010), Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Perhitungan Manual dan Kontrol Gaya-Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah Dengan Metode SAP 2000 Plane – Strain, Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Tadulako Palu
- Sudarmanto, (1996), Dinding Penahan Tanah, “*Konstruksi Beton 2*”
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/26326/3/Chapter%2011.pdf>
- Soemono, (1997), “*Statika I*”, Edisi Kelima, Penerbit ITB, Bandung
- Thurton P.,I., (2009), Analisa Dinding Penahan Tanah Yang Menggunakan Earth Berm Sebagai Support Dengan Program Plexis, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Indonesia