

Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah di Perumahan Pegawai Negeri Sipil Kepanjen Kabupaten Malang

Linda Tamaela¹, Suhudi², Andy Kristafi A.³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

Email : lindatamaela20@gmail.com

ABSTRAK

Dinding penahan adalah komponen penting dari struktur bangunan utama untuk membangun jalan raya dan lahan berkontur atau tanah terkait lainnya yang memiliki ketinggian yang berbeda. Secara singkat dinding penahan adalah dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan dibuat. Ada beberapa jenis dinding penahan yang sering digunakan dalam bidang konstruksi bangunan diantaranya dinding penahan Gravitasi, dinding penopang penopang, dinding penahan kontrafort, dan penahan dinding penahan, yang digunakan dalam penelitian ini adalah dinding penahan jenis gravitasi menggunakan batu pasangan kali. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis stabilitas kekuatan rolling, geser dan daya dukung. Dimensi dinding penahan dibangun dengan panjang (b) 50 meter dan tinggi (h) = 5 meter, lebar alas (B) = 2,50 meter, stabil terhadap kekuatan bergulir = $1,7 > 1,5$ (aman), gaya geser = $1,7 > 1,5$ (aman), dan gaya untuk mendukung tanah = $174,28 < q_a = 247,63$ (aman). Biaya dinding penahan yang direncanakan adalah Rp.1.816.000 / m³.

Kata kunci: Stabilitas; Mempertahankan Dinding; Gravitasi

ABSTRACT

Retaining wall is an important component of the main building structure for building highways and other environmental related contoured land or land that has a different elevation. Briefly the retaining wall is a wall built to hold the soil mass above the structure or building is created. There are several types of retaining walls are often used in the building construction field include Gravity retaining walls, cantilever retaining walls, retaining walls kontrafort, and retaining walls butters, used in this study is a gravity type retaining wall using stone couple of times. The purpose of this study was to analyze the stability of the rolling force, shear and bearing capacity. Dimensions of the retaining wall is constructed with a length (b) 50 meters and a height (h) = 5 meters, width of the base (B) = 2.50 meter, stabilized against the rolling force = $1.7 > 1.5$ (safe), the shear force = $1.7 > 1.5$ (safe), and a force to support the land = $174.28 < q_a = 247.63$ (safe). Retaining wall planned costs Rp.1.816.000 / m³.

Keywords: *Stability; Retaining Walls; Gravity*

1. PENDAHULUAN

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang

dibuat. Bangunan dinding penahan umumnya terbuat dari bahan kayu, pasangan batu, beton hingga baja. Bahkan kini sering dipakai produk bahan sintesis mirip kain tebal sebagai dinding penahan tanah.

Pembangunan dinding penahan tanah, bertujuan untuk menjaga infrastruktur maupun rencana infrastruktur tetap aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah

sepanjang garis dinding penahanan tanah tersebut dalam waktu yang lama (kuat secara struktur) merupakan tuntutan yang harus dilaksanakan untuk melindungi infrastruktur dari kegagalan fungsinya. Dinding penahan dapat dikatakan aman apabila dinding penahan tersebut telah diperhitungkan faktor keamanannya, baik terhadap bahaya pergeseran, bahaya penggulingan, kemampuan daya dukung tanah, dan patahan tubuh konstruksi.

Masalah tanah longsor sering terjadi di Indonesia terutama pada musim hujan yang mengakibatkan bertambahnya volume air, kondisi tanah menjadi labil, hal ini sering menimbulkan korban baik korban jiwa maupun korban materi. Dilihat dari lahan yang akan dibangun pembangunan Perumahan Pegawai Negeri Sipil (PNS) di Kepanjen Kabupaten Malang ini, kondisi tanah dan lahannya bisa dibilang perlu perencanaan yang matang dan juga hati-hati. Konstruksi yang aman dan memenuhi standar yang harus dipakai dalam pembuatan atau perencanaan dinding penahan tersebut karena kondisi tempat tersebut rawan akan longsor. Dilihat dari jenis tanahnya yang basa bisa juga akan mengakibatkan keruntuhan yang terjadi pada dinding penahan tanah kalau tidak direncanakan dengan baik.

Sebagai studi kasus dalam analisis ini ialah dinding penahan pada jalan Perumahan PNS di Kepanjen Kabupaten Malang. Yang menjadi permasalahan bisa diambil dari obyek penelitian ini ialah perencanaan dinding penahan tanah yang sesuai dengan standar konstruksi, sehingga tidak mengakibatkan hal-hal yang buruk dikemudian hari. Untuk mencari solusi dari masalah itu dilakukan perhitungan analisis stabilitas bangunan dinding penahan tanah ini menggunakan data data yang tersedia. Perhitungannya meliputi stabilitas terhadap

guling, stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap kuat dukung tanah.

Dari latar belakang diatas, penulis dapat mengidentifikasi masalah yaitu apakah dinding penahan tahan dan aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah pada pembangunan dinding penahan tanah di Perumahan PNS Kepanjen Kabupaten Malang. Dan juga dapat dibuat rumusan masalah pada penelitian ini dengan merencanakan dimensi dinding penahan, menghitung stabilitas dinding penahan tanah yang terjadi terhadap guling, geser dan daya dukung tanah dan mengetahui biaya yang diperlukan dalam perencanaan dinding penahan tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perencanaan dimensi dinding penahan terhadap guling, geser dan daya dukung tanah pada kegiatan pembangunan dinding penahan tanah, mengetahui stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung tanah, dan menghitung anggaran biaya yang diperlukan dalam kegiatan pembangunan dinding penahan tanah.

Dengan pembahasan masalah dibatasi pada kontrol stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah dijelaskan dengan data yang diambil dari hasil pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang, semua asumsi sah dan dianggap benar keberadaannya karena diambil dari instansi yang resmi dan biaya pembuatan diambil dari harga upah dan bahan di wilayah kabupaten malang. Asal mula dibuatnya konstruksi dinding penahan tanah adalah akibat bertambah luasnya kebutuhan konstruksi penahan yang digunakan untuk mencegah agar tidak terjadi kelongsoran menurut kemiringan alaminya. Sebagian besar bentuk dinding penahan tanah adalah tegak (vertikal)

atau hampir tegak kecuali pada keadaan tertentu yang dinding penahan tanah dibuat condong ke arah urugan.

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menahan tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya. Pada saat ini, konstruksi dinding penahan tanah sangat sering digunakan dalam pekerjaan sipil.

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Bangunan ini lebih banyak digunakan pada proyek – proyek seperti: irigasi, jalan raya, pelabuhan, dan lain – lain. Elemen – elemen pondasi, seperti bangunan ruang bawah tanah (*basement*), pangkal jembatan (*abutment*), selain berfungsi sebagai bagian bawah dari struktur, berfungsi juga sebagai penahan tanah disekitarnya. (Hardiyatmo, 2002)

1.1 Dinding Penahan Tanah (Retaining wall)

Retaining wall merupakan istilah di bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. Berdasarkan buku Sudarmanto, Ir., Msc., 1996, Konstruksi Beton 2 dinyatakan bahwa, Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampatannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Faktor penting dalam mendesain dan membangun dinding penahan tanah adalah mengusahakan agar dinding penahan tanah tidak bergerak ataupun tanahnya longsor akibat gaya gravitasi. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung pada sudut geser dalam tanah (ϕ) dan kohesi (c). Tekanan tanah lateral meningkat dari atas sampai ke bagian paling bawah pada dinding penahan tanah. Jika tidak direncanakan dengan baik, tekanan tanah akan mendorong dinding penahan tanah sehingga

menyebabkan kegagalan konstruksi serta kelongsoran. Kegagalan juga disebabkan oleh air tanah yang berada di belakang dinding penahan tanah yang tidak terantisipasi oleh sistem drainase. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk sebuah dinding penahan tanah mempunyai sistem drainase yang baik untuk mengurangi tekanan hidrostatik dan meningkatkan stabilitas tanah.

1.2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi – konstruksi lain yang ada di bawah tanah. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas. Tekanan aktual yang terjadi di belakang dinding penahan cukup sulit diperhitungkan karena begitu banyak variabelnya. Ini termasuk jenis bahan penimbunan, kepadatan dan kadar airnya, jenis bahan di bawah dasar pondasi, ada tidaknya beban permukaan, dan lainnya. Akibatnya, perkiraan detail dari gaya lateral yang bekerja pada berbagai dinding penahan hanyalah masalah teoritis dalam mekanika tanah.

Jika suatu dinding penahan dibangun untuk menahan batuan solid, maka tidak ada tekanan pada dinding yang ditimbulkan oleh batuan tersebut. Tetapi jika dinding dibangun untuk menahan air, tekanan hidrotatis akan bekerja pada dinding. Pembahasan berikut ini dibatasi untuk dinding penahan tanah, perilaku tanah pada umumnya berada diantara batuan dan air, dimana tekanan yang disebabkan oleh tanah jauh lebih tinggi dibandingkan oleh air. Tekanan pada dinding akan meningkat sesuai dengan kedalamannya.

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

- ❖ Dalam Keadaan Diam (K_0)

- ❖ Dalam Keadaan Aktif (K_a)
- ❖ Dalam Keadaan Pasif (K_p)

1.3 Stabilitas Terhadap Gaya Eksternal Keruntuhan Akibat Bahaya Guling

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_{fguling} = \frac{\sum M}{\sum MH} \geq 1,5$$

Dimana:

$\sum M$ = jumlah dari momen – momen yang menyebabkan struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0. $\sum M$ disebabkan oleh tekanan tanah aktif yang bekerja pada elevasi $H/3$

$\sum MH$ = jumlah dari momen – momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0.

$\sum MH$ merupakan momen – mome yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur Nilai angka keamanan minimum terhadap geser dalam perencanaan digunakan adalah 1,3.

1.4 Keruntuhan Terhadap Bahaya Geser

Gaya aktif tanah (E_g) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser, bila dinding penahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya – gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang.

$$(\sum F) = 0 \text{ dan } \sum M = 0$$

Perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara tanah dasar pondasi. Ada dua kemungkinan gaya perlawanan ini didasarkan pada jenis tanahnya.

Tanah Dasar Pondasi Berupa Tanah Non – Kohesif

Besarnya gaya perlawanan adalah $F = N \cdot f$, dengan f adalah koefisien gesek antara dinding beton dan tanah dasar pondasi, sedangkan N dapat dicari dari keseimbangan

gaya – gaya vertikal ($\sum F_v = 0$), maka diperoleh $N = V$. Besarnya f diambil apabila alas pondasi relatif kasar maka $f = \text{tg } \varphi$ dimana φ merupakan sudut gesek dalam tanah, sebaliknya bila alas pondasi halus,

$$SF = \frac{\text{Gaya lawan}}{\text{Gaya dorong}} = \frac{V \cdot f}{Ea}$$

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

Dimana:

SF = angka keamanan (safety factor)

V = gaya vertikal

f = koefisien gesek antara dinding beton dan tanah dasar pondasi

Ea = gaya aktif tanah

Bilamana pada konstruksi tersebut dapat diharapkan bahwa tanah pasif dapat dipertanggung jawabkan keberadaannya, maka besar gaya pasif tanah (E_p) perlu diperhitungkan sehingga gaya lawan menjadi:

$$V \cdot f + E_p$$

Dimana:

E_p = gaya pasif tanah

Tekanan tanah disebabkan oleh gaya – gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/abutmen dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

$$E_{ks} = (0,5 B)$$

Tekanan tanah dihitung dengan rumus:

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

Dimana:

e = eksentrisitas

B = alas pondasi dinding penahan

σ = tekanan

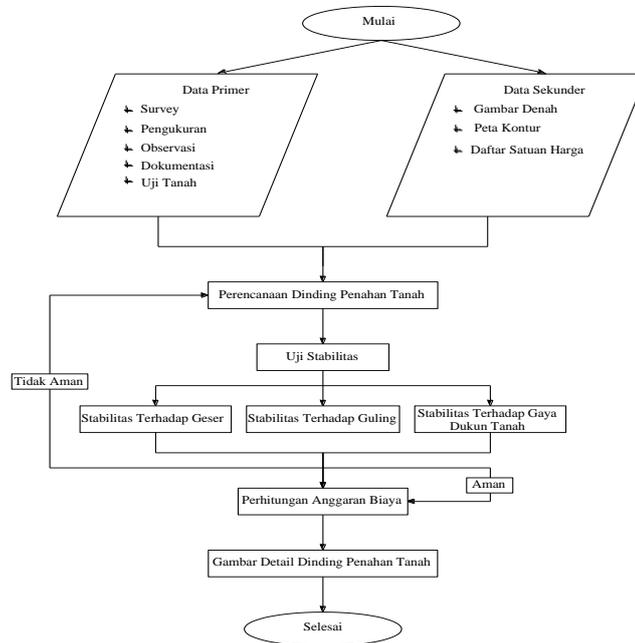
Jika nilai $E_{ks} > B/6$ maka nilai σ akan lebih kecil dari 0. Hal tersebut adalah sesuatu yang tidak diharapkan. Jika hal ini terjadi maka lebar dinding penahan B perlu diperbesar angka keamanan terhadap tekanan

maksimum ke tanah dasar dihitung dengan rumus:

$$SF = \frac{q_{ultimate}}{q_{mak}}$$

Nilai minimum dari angka keamanan terhadap daya dukung yang biasa digunakan dalam perencanaan adalah 1,5

2. METODE PENELITIAN



GAMBAR 1. DIAGRAM ALIR PERENCANAAN

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data perencanaan

Dinding penahan tanah yang direncanakan adalah jenis dinding penahan gravitasi. Data Perencanaan (dicoba dengan dimensi):

Tinggi Total (H+D) = 5,00 m

Tinggi Dinding Penahan (H)=4,00 m

Lebar Bawah (B) = 2,50 m

Lebar Atas (B') = 0,4 m

Kedalaman pondasi (Df) = 1,00 m

TANAH AKTIF (PA)

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \text{tg} \left(45^\circ - \frac{20,42}{2} \right) \\ &= 0,69 \end{aligned}$$

3.2 Tekanan tanah aktif :

$$\begin{aligned} Pa_1 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_d \cdot H^2 \cdot K_a \\ &= \frac{1}{2} \cdot 14,46 \cdot 4^2 \cdot 0,69 \\ &= 79,82 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} \cdot H \\ &= \frac{1}{2} \cdot 23,94 \cdot 0,69 - 2 \cdot 0,35 \\ &\quad \sqrt{0,69} \cdot 5 \\ &= 8,26 - 2,91 \\ &= 5,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan Tanah aktif yang bekerja :

$$\begin{aligned} \sum Pa &= Pa_1 + Pa_2 \\ &= 79,82 + 5,35 \\ &= 85,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.3 Momen Aktif :

$$\begin{aligned} Ma_1 &= Pa_1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot H_1\right) \\ &= 79,82 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 5\right) \\ &= 133,03 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ma_2 &= Pa_2 \cdot \frac{1}{3} \cdot H_1^2 \\ &= 5,35 \cdot \frac{1}{3} \cdot 5^2 \\ &= 44,83 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah momen aktif yang bekerja

$$\begin{aligned} \sum Ma &= Ma_1 + Ma_2 \\ &= 133,03 + 44,83 \\ &= 177,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

3.5 Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \\ &= \tan^2 \left(45^\circ + \frac{20,42}{2}\right) \\ &= 1,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot K_p \cdot Df^2 + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p \cdot H} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 23,94 \cdot 1,44 \cdot 1^2 + 2 \cdot 0,35 \cdot \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{1,44 \cdot 5} \\ &= 17,24 + 4,2 \\ &= 21,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja:

$$\sum P_p = 21,44 \text{ kN}$$

3.6 Momen Pasif

$$\begin{aligned} M_p &= P_p \cdot \frac{1}{3} \cdot Df \\ &= 21,44 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 1\right) \\ &= 7,15 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja:

$$\sum M_p = 7,15 \text{ kNm}$$

3.7 Faktor Keamanan Terhadap Daya Dukung Tanah, Geser dan Guling

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\begin{aligned} \sum M &= 299,37 \text{ kNm} \\ V &= \sum P = 186,48 \text{ kN/m} \\ e &= \frac{1}{2} \cdot B \cdot \frac{\sum M}{\sum P} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot \frac{299,73}{186,48} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1,61 \\ e_{\text{ijin}} &= \frac{1}{6} \cdot B \\ &= \frac{1}{6} \cdot 2,5 \\ &= 0,42 \\ \sigma_{\text{max}} &= \frac{2 \cdot V}{3 \cdot \left(\frac{B}{2}\right) - e} \\ &= \frac{2 \cdot 186,48}{3 \cdot \left(\frac{2,5}{2}\right) - 1,61} \\ &= 174,28 \text{ kN/m}^2 < q_a = 247,63 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots(\text{Ok}) \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned} f &= \text{tg} \\ \text{tg } 20,42 &= 0,37 \\ SF &= \frac{(v \cdot f) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B\right) + (P_p)}{Pa} \\ &= \frac{(186,48 \cdot 0,37) + \left(\frac{2}{3} \cdot 0,35 \cdot 2,5\right) + (274,89)}{206,83} \\ &= \frac{(68,99) + (0,58) + (274,89)}{206,83} \\ &= \frac{344,38}{206,83} \\ &= 1,7 > 1,5 \dots\dots\dots(\text{Ok}) \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned} \sum Ma &= 177,86 \text{ kNm} \\ \sum Mp &= 7,15 \text{ kNm} \\ \sum M &= 299,37 \text{ kNm} \\ SF &= \frac{\sum M + \sum Mp}{\sum Ma} \\ &= \frac{299,37 + 7,15}{177,86} \\ &= \frac{306,52}{177,86} \\ &= 1,7 > 1,5 \dots\dots\dots(\text{Ok}) \end{aligned}$$

Tabel 1. Faktor Keamanan Terhadap Daya Dukung Tanah, Guling dan Geser

Tinjauan	Normal	
	Tanpa Gempa	Gempa
Terhadap Guling	1,9 > 1,5	1,6 > 1,2
Terhadap Geser	1,7 > 1,5	1,28 > 1,2
Terhadap Daya Dukung Tanah	174,28 < 247,63	

Dengan menggunakan dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan ini, ternyata sudah aman. Dengan demikian dapat dilanjutkan ke metode pelaksanaan pekerjaan dinding penahan tanah serta perhitungan anggaran biaya.

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

$$L1 = 2,5 \times 1 = 2,5 \text{ m}^2$$

$$L2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 1,10 = 2,2 \text{ m}^2$$

$$L3 = 0,40 \times 4 = 1,6 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{total}} = 2,5 + 2,2 + 1,6 = 6,3 \text{ m}^2$$

$$V = 6,3 \times 50 = 315 \text{ m}^3$$

$$V = 315 - 0,39 = 314,61 \text{ m}^3$$

Sehingga:

$$\text{Jumlah harga tiap } m^3 = \frac{571.197.300}{314,61} = \text{Rp.}$$

1.815.573,00 dibulatkan menjadi Rp.

1.816.000,00

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal mengenai analisis stabilitas dinding penahan tanah yang berada di perumahan PNS Kepanjen Kabupaten Malang sebagai Berikut : Jenis dinding penahan tanah yang dipakai adalah dinding penahan gravitasi dengan ukuran total tinggi dinding penahan 5,00. meter, tinggi dinding penahan (H) 4,00 meter, kedalaman pondasi (Df) 1,00 meter, Lebar (B) 2,5 meter, dan lebar atas dinding penahan (d) 0,4 meter.

Dari hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah maka stabilitas terhadap daya dukung tanah = $174,28 < q_a = 247,63$ (aman), sedangkan stabilitas terhadap gaya guling tanpa gempa = $1,7 > 1,5$ (aman), dengan gempa = $1,28 > 1,2$ (aman) dan stabilitas terhadap gaya geser tanpa gempa = $1,7 > 1,5$ (aman), dengan gempa = $1,5 > 1,2$ (aman).

Biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan dinding penahan tanah sebesar Rp. 571.197.300,00

5. DAFTAR PUSTAKA

Das, B.M., Noor, E. dan Mochtar, I.B., 1983, "Mekanika Tanah Jilid 2", Penerbit Erlangga.

Djarmiko Soedarmono, Edy Purnomo. 1993. "Mekanika Tanah 2". Kanisius, Jogjakarta.

Foth Henry dan Soenarto Adisoemarto, 1994, "Dasar - Dasar Ilmu Tanah", Jakarta : Penerbit Erlangga

Hakam, Abd, dan Mulya, R.P, 2011, "Studi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever pada Ruas Jalan Silaing Padang Bukit Tinggi KM 64+500", Jurnal Rekayasa Sipil Vol 7 Februari 2011, Universitas Andalas: Padang.

Hardiyatmo, H. C. 2003. "Mekanika Tanah I". Edisi Ketiga. Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.

Hardiyatmo, H. C. 2010. "Mekanika Tanah II". Edisi Ketiga. Universitas Gajah Mada, Jogjakarta.

Herlien Indrawahjuni. 2011. "Mekanika Tanah II. Bargie Media, Malang."

L. D. Wesley. 1997. "Mekanika Tanah". Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

R. F. Craig. 1987. "Mekanika Tanah". Erlangga, Jakarta.

Terzaghi, K, & Peck. R, B. 1993. "Tanah dalam Praktik Rekayasa". Penerbit Erlangga, Jakarta.