

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi di Perumahan De Salvia Kelurahan Tanjungrejo Kecamatan Sukun Kota Malang

Zhohirin¹, Suhudi², Kiki Frida Sulistyani³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

Jl. TelagaWarna Blok C Tlogomas Malang, 65114, Indonesia

Telp. 0341-565500; fax 0341-565522

Email : Zhohirinselembe@yahoo.co.id

ABSTRACT

Soil as construction material as well as the foundation of a construction land or structures such as dams, embankments, retaining walls, buildings and bridges. In every construction requires a specific requirement in terms of both strength and economically. This study aimed to analyze and plan for a stable retaining wall on the stability of the shift, the overthrow and the carrying capacity by using Gravity Type On Housing Da Salvia District Sukun Malang City. Calculation of earth pressure calculated using Rankine theory.

Stability Analysis Results Retaining Walls with Gravity Type Dimensions: Width top (B1) 0.30 m, base width (B2) 2.00 m and a total height (H + D) 6.00 m, which then did not secure the stability of the overthrow ($0.4 < 1.5$) and the stability of the shift ($1.1 < 1.5$). Then the researchers are planning back Retaining Walls with a total height of 15.00 m, a width of over 0.3 m, width 2.00 m with a length below 55 m. Then the dimension of the retaining wall is stable against the overthrow of stability ($47,7 > 1.5$) and was stable against shear stability ($24,02 > 1.5$).

Results Budget Plan (RAB) in the calculation of total fees earned USD 241.774.018, the cost of any work (m³) Rp 1.557.170,116, job retention costs (m³) USD 4.395.891,236

Keywords ; *Analysis ; Dimensional ; Gravity Type Retaining Walls.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang rawan gempa. Letak geografis negara Indonesia yang membujur dari 94° BT - 141° BT dan 6° LU - 11° LS merupakan negara kepulauan dengan tingkat kegempaan tinggi karena terletak di daerah pertemuan antara lempeng Eurasia di sebelah utara, lempeng Indo-Australia di sebelah selatan, lempeng Filifina dan lempeng Pasifik di sebelah timur yang

bergerak relatif satu sama lainnya. Oleh karena itu salah satu hal penting yang harus dilihat dalam hal ini adalah kekuatan dinding penahan tanah. Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi. Karena pada tanahlah berdiri satu bangunan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan faktor kestabilan tanah. Salah satu cara yang digunakan untuk melakukan pengendalian kestabilan tanah agar tak mengalami kelongsoran adalah dengan

membangun dinding penahan tanah (*retaining wall*).

Umum

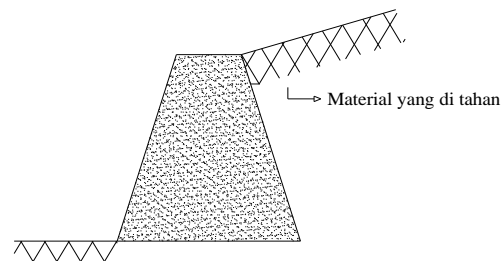
Asal mula dibuatnya konstruksi dinding penahan tanah adalah akibat bertambah luasnya kebutuhan konstruksi penahan yang digunakan untuk mencegah agar tidak terjadi kelongsoran menurut kemiringan alaminya. Sebagian besar bentuk dinding penahan tanah adalah tegak (vertikal) atau hampir tegak kecuali pada 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)

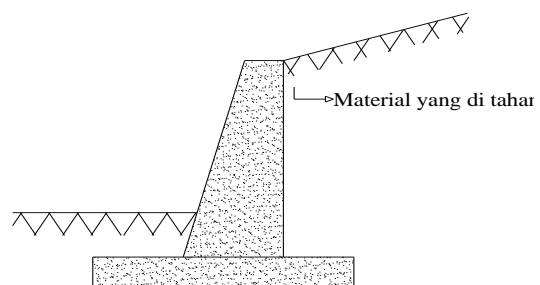
Dinding Penahan Tanah(Retaining Wall)

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

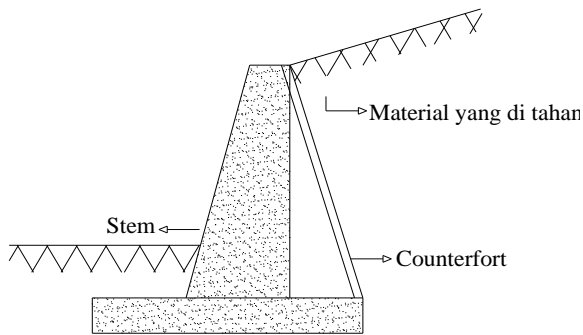
dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Faktor penting dalam mendesain dan membangun dinding penahan tanah adalah mengusahakan agar dinding penahan tanah tidak bergerak ataupun tanahnya longsor akibat gaya gravitasi. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung pada sudut geser 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. Jenis – jenis Dinding Penahan Tanah



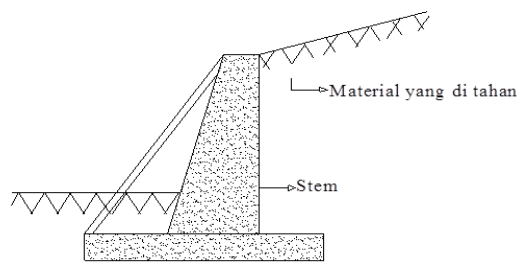
Gambar 1. Gravity Wall



Gambar 2. Cantilever Wall



Gambar 3. Counterfort Wall



Gambar 2.4 Buttress Wall

Gambar 4. Buttress Wall

Tanah

Kata *soil* (tanah) berasal dari bahasa Perancis Kuno yang merupakan turunan dari bahasa Latin *solum*, yang berarti lantai atau dasar. Dalam pandangan teknik secara umum tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik, dan endapan yang relative lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran relative lemah disebabkan oleh karbonat, zat organik, dan oksida-oksida yang menempel diantara partikel butiran. Isi antara partikel berupa air dan udara.

Drainase Pada Dinding Penahan Tanah

Di dalam perancangan dinding penahan tanah diperlukan suatu sistem drainase, karena tanah isian yang terendam oleh air akan menimbulkan:

a. Tekanan hidrostatik pada dinding sepanjang dinding penahan tanah,

b. Terdapatnya tekanan air pori yang besar akan menaikkan tekanan tanah yang bekerja pada dinding.

Untuk menghilangkan atau mereduksi pengaruh – pengaruh tersebut di atas, diperlukan drainase sehingga perancangan dinding penahan tanah lebih ekonomis.

Jenis Drainase Pada Dinding Penahan Tanah

Drainase dinding penahan tanah dapat dibuat dari yang sederhana sampai dengan yang lebih baik sesuai fungsi dinding penahan. Adapun jenis drainase dinding penahan tanah dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Drainase Dasar

Merupakan sistem drainase yang paling sederhana. Drainase ini bertujuan mengumpulkan air yang berada di belakang dinding (air yang terdapat pada tanah isian). Air yang terkumpul tersebut kemudian dialirkan ke depan dinding melalui saluran pipa/lobang yang menembus dinding penahan tanah.

b. Drainase Punggung

Suatu sistem drainase yang lebih memuaskan dibandingkan dengan sistem drainase dasar, dimana pada sepanjang punggung dinding penahan tanah lateral terdapat material filter, dimana prinsip kerjanya sama dengan drainase dasar.

c. Drainase Inklinasi dan Horizontal

Kedua sistem drainase ini dimaksudkan untuk menghilangkan tekanan air pori yang berlebihan. Pada kedua jenis sistem drainase ini gaya aliran (*see page force*) berarah ke bawah menuju ke sistem drainase.

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.

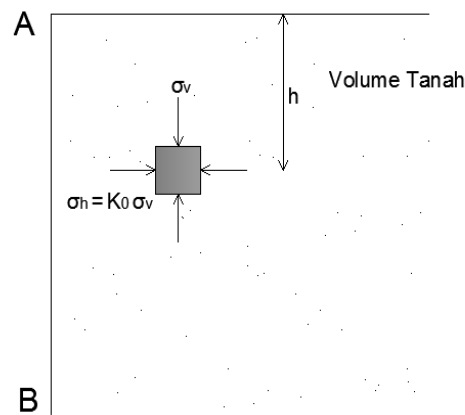
Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

- ❖ Dalam Keadaan Diam (K_0)
- ❖ Dalam Keadaan Aktif (K_a)
- ❖ Dalam Keadaan Pasif (K_p)

Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

Bila kita tinjau massa tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak

terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman h akan terkena tekanan arah vertical dan tekanan arah horizontal.



Gambar 5. Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

Bila dinding AB dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik kekanan maupun kekiri dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (elastic equilibrium). Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan “koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam” K_0 , atau :

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

Karena $\sigma_v = \gamma h$, maka

$$\sigma_h = K_0 (\gamma h)$$

Sehingga koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky (1994).

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Konsep tekanan tanah aktif dan pasif sangat penting untuk masalah- masalah stabilitas tanah, pemasangan batang-batang penguat pada galian. Desain dinding penahan tanah, dan pembentukan penahanan tarik dengan memakai berbagai

jenis peralatan pengukur. Permasalahan disini hanyalah semata-mata untuk menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan yang di sebabkan oleh gaya lateral. Pemecahan di peroleh dengan membandingkan gaya-gaya (kumpulan gaya-gaya yang bekerja).

❖ Tekanan Tanah Aktif

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10, akibat dinding penahan berotasi ke kiri terhadap titik A, maka tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan akan berkurang perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga yang seimbang. Tekanan tanah yang mempunyai harga tetap atau seimbang dalam kondisi ini disebut tekanan tanah aktif.

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Dimana harga K_a untuk tanah datar adalah

$$K_a = \text{Koefisien tanah aktif} \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2$$

$$\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$\gamma = \text{berat isi tanah (g/cm}^3\text{)}$$

$$H = \text{tinggi dinding (m)}$$

$$\Phi = \text{sudut geser tanah (}^\circ\text{)}$$

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah urugan di belakang tembok apabila berkohesi (Kohesi adalah lekatan antara butir-butir tanah, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar $2c \sqrt{K_a}$ maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi aktif adalah:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c \sqrt{K_a} H$$

❖ Tekanan Tanah Pasif

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9, dinding penahan berotasi ke kanan terhadap titik A, atau dengan perkataan lain dinding mendekati tanah isian, maka tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan akan bertambah perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga tetap. Tekanan tanah yang mempunyai harga tetap dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif.

Menurut teori rankine, untuk tanah pasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

Dimana harga K_p untuk tanah datar adalah

$$K_p = \text{Koefisien tanah pasif} \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2$$

$$\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$\gamma = \text{berat isi tanah (g/cm}^3\text{)}$$

$$H = \text{tinggi dinding (m)}$$

$$\Phi = \text{sudut geser tanah (}^\circ\text{)}$$

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi pasif adalah:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2c \sqrt{K_p} H$$

❖ Kapasitas Dukung Tanah

Analisa kapasitas dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja diatasnya. 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 dikaitkan dengan sifat – sifat tanah dan

bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhannya. Rumus persamaan umum beban ultimit per satuan luas menurut (Teori Terzaghi):

$$q_u = \left(\frac{1}{3} \cdot c \cdot N_c\right) + (\gamma \cdot d \cdot N_q) + (0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

dimana:

q_u = kapasitas dukung ultimit

c = kohesi (kN/m^2)

p_o = Df_γ = tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m^2)

Df = kedalaman pondasi (m)

Γ = berat volume tanah

N_γ, N_c, N_q = faktor kapasitas dukung tanah (fungsi φ) Nilai – nilai dari N_γ, N_c, N_q dalam bentuk grafik yang diberikan terzaghi dapat dilihat pada gambar 2.

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 – momen yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur

Nilai angka keamanan minimum terhadap geser dalam perencanaan digunakan adalah 1,3.

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.

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

Daya Dukung Ijin dari 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:

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

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:

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

Rencana Anggaran Biaya

Estimasi Biaya Konstruksi

Estimasi biaya merupakan hal penting dalam dunia industri konstruksi. Ketidak – akuratan dalam estimasi dapat memberikan efek negatif pada seluruh proses konstruksi dan semua pihak yang terlibat. Menurut Pratt (1995) fungsi dari

estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah:

- ❖ Melihat apakah perkiraan biaya konstruksi dapat terpenuhi dengan biaya yang ada.
- ❖ Mengatur aliran dana ketika pelaksanaan konstruksi sedang berjalan.
- ❖ Estimasi biaya berdasarkan spesifikasi dan gambar kerja yang disiapkan owner harus menjamin bahwa pekerjaan akan terlaksana dengan tepat dan kontraktor dapat menerima keuntungan yang layak.

Jenis Estimasi Biaya Konstruksi

Ada beberapa metoda dalam melakukan estimasi biaya biaya konstruksi, yaitu:

- ❖ Estimasi harga – pasti (fixed – price)
- ❖ Estimasi Harga – Perkiraan (approximate estimate)

Permasalahan dalam Estimasi Biaya Konstruksi

Seorang estimator akan berusaha melakukan estimasi biaya sedekat mungkin dengan kebutuhan biaya aktual. Untuk melakukan biaya estimasi suatu pekerjaan sering dijumpai beberapa kesulitan, yaitu:

- ❖ Masalah Memilih Metoda Kerja
- ❖ Masalah Kebutuhan Tenaga Kerja
- ❖ Masalah Upah Tenaga Kerja
- ❖ Masalah Biaya Material (yang terpakai dan terbuang)
- ❖ Masalah Biaya Overhead dan Keuntungan

Jumlah ini akan tergantung pada kebijakan perusahaan, kondisi pasar, dan banyak variabel lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Perencanaan

Di Perumahan De Salvia Kelurahan Tanjungrejo titik koordinat antara garis

lintang $7^{\circ}59'26.53''S$ dan garis bujur $112^{\circ}36'46.13''T$, kelurahan tanjungrejo

Pengumpulan Data

Untuk menunjang studi perencanaan ini, maka dilakukan proses pengumpulan data. Data – data yang dikumpulkan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Data Primer.

Merupakan data yang diperoleh dari pengamatan atau pengukuran langsung di lokasi perencanaan, seperti: pengambilan sampel tanah, kondisi tanah, tinggi tebing, kemiringan, panjang.

2. Data Sekunder.

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Data ini merupakan data yang tidak perlu diolah lagi karena merupakan data yang sudah baku, yang berkaitan dengan perencanaan yang akan dilakukan. Data – data sekunder seperti Peta lokasi penelitian.

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah di daerah perumahan De Salvia Kelurahan Tanjungrejo yang merupakan contoh tanah terganggu (disturbed sample) dan contoh tanah tidak terganggu (undisturbed sample) dari hasil borrow-pits pada kedalaman 1,0m, 1,5m dan 2m dari muka tanah setempat. Pada saat pengambilan sampel dicatat mengenai jenis tanah, warna tanah, kondisi tanah dan tinggi muka air tanah.

Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang. Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi tiga bagian pengujian yaitu pengujian kadar air, analisa saringan dan pengujian berat jenis tanah.

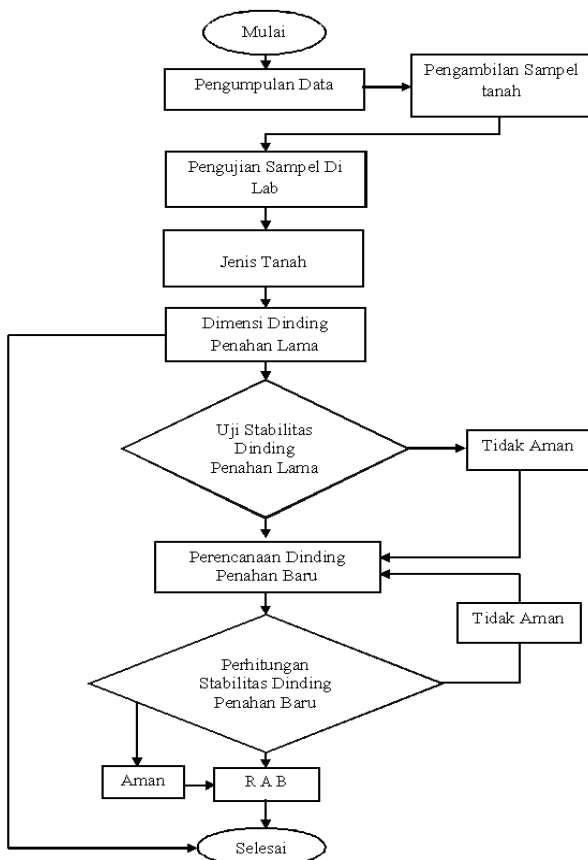
Penelitian ini menggunakan standar ASTM sebagai acuan pengujian.

Analisa dan Pengolahan Data

Perencanaan dilakukan berdasarkan tahapan – tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan jenis dinding penahan tanah,
2. Menentukan dimensi dinding penahan tanah,
3. Menghitung stabilitas terhadap pergeseran,
4. Menghitung stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah,
5. Menghitung stabilitas terhadap penurunan.
6. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Diagram Alir Perencanaan



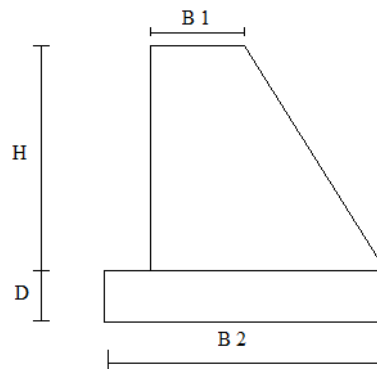
Gambar 6. Diagram Alir Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

No	Jenis Data	Notasi	Nilai	Satuan
1	Berat Jenis Tanah	G_s	2,84	gr/cm^3
2	Berat Volume Tanah Basah	γ_b	54	kN/m^3
3	Berat Volume Tanah Kering	γ_d	35,76	kN/m^3
4	Berat Volume Tanah Jenuh	γ_{sat}	17,20	kN/m^3
5	Berat Volume Tanah Apung	γ'	7,39	kN/m^3
6	Berat Jenis Air	γ_w	9,81	kN/m^3
7	Berat Jenis Pasangan Batu	γ	22	kN/m^3
8	Angka Pori	E	1,44	
9	Kohesi Tanah	C	2	kN/m^2
10	Sudut Gesek	Φ	40	$^\circ$

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah yang ada adalah jenis dinding penahan gravitasi

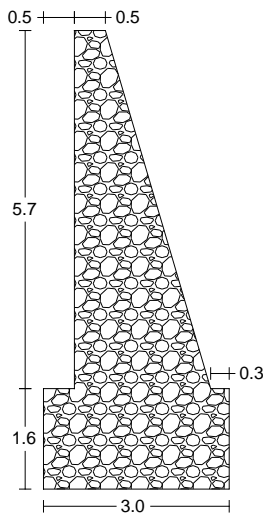


Gambar 7. Dimensi Dinding Penahan

Dinding penahan tanah yang direncanakan adalah jenis dinding penahan gravitasi dengan panjang 55 m

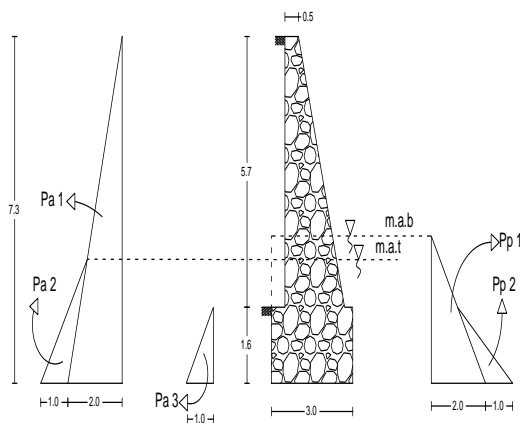
Data Perencanaan

Tinggi Total H + D	=7,30 m
Tinggi Dinding Penahan H	=5,70 m
Lebar Bawah B2	=3,00 m
Lebar Atas B1	=0,50 m
Kedalaman Pondasi Df	=1,60 m



Gambar 8. Dimensi Dinding Penahan Baru

Perhitungan Tekanan Tanah Aktif dan Pasif dengan Metode Rankine Pada Muka Air Banjir



Gambar 9. Tekanan Tanah Aktif untuk Kondisi Muka Air Banjir Koefisien tekanan tanah aktif

Tekanan Tanah Aktif untuk Kondisi Muka Air Banjir Koefisien tekanan tanah aktif

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

$$= \frac{1 - \sin 40}{1 + \sin 40}$$

$$= 0,22$$

Tekanan tanah aktif:

$$Pa_1 = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_d \cdot H_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 35,76 \cdot 4,2^2$$

$$= 69,39 \text{ kN}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_{sat} \cdot H_2^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 17,20 \cdot 1,5^2$$

$$= 4,26 \text{ kN}$$

$$Pa_3 = \frac{1}{2} \gamma_{sat} \cdot K_a \cdot Df^2 + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a \cdot Df}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 17,20 \cdot 0,22 \cdot 1,6^2 + 2 \cdot \sqrt{0,22 \cdot 1,6}$$

$$= 7,22 \text{ kN}$$

Jumlah Tekanan Tanah Aktif yang Bekerja

$$\sum Pa = Pa_1 + Pa_2 + Pa_3$$

$$= 69,39 + 4,26 + 7,22$$

$$= 80,86 \text{ kN}$$

Momen aktif :

$$Ma_1 = Pa_1 \cdot \left\{ \left(\frac{1}{3} \cdot H_1 \right) + H_2 \right\}$$

$$= 69,39 \cdot \left\{ \left(\frac{1}{3} \cdot 4,2 \right) + 1,5 \right\}$$

$$= 201,23 \text{ kN.m}$$

$$Ma_2 = Pa_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot H_2^2$$

$$= 4,26 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5^2$$

$$= 4,79 \text{ kN.m}$$

$$Ma_3 = Pa_3 \cdot \frac{1}{2} \cdot H_3$$

$$= 7,22 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,6$$

$$= 5,77 \text{ kN.m}$$

Jumlah Momen Aktif yang Bekerja

$$\sum Ma = Ma_1 + Ma_2 + Ma_3$$

$$= 201,23 + 4,79 + 5,77$$

$$= 211,79 \text{ kN.m}$$

Tanah Pasif

Koefisien tekanan tanah pasif :

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$= \frac{1 + \sin 40}{1 - \sin 40}$$

$$= 4,6$$

$$P_{p1} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H_4$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 3,1$$

$$= 15,21 \text{ kN}$$

$$P_{p2} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{sat} \cdot H_5$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 17,91 \cdot 1,6$$

$$= 13,76 \text{ kN}$$

Jumlah tekanan pasif yang bekerja:

$$\sum P_p = P_{p1} + P_{p2}$$

$$= 15,21 + 13,76$$

$$= 28,97 \text{ kN}$$

3.Momen pasif :

$$M_{p1} = P_{p1} \cdot \left\{ \left(\frac{1}{3} \cdot H_4 \right) + H_5 \right\}$$

$$= 15,21 \cdot \left\{ \left(\frac{1}{3} \cdot 3,1 \right) + 1,6 \right\}$$

$$= 40,04 \text{ kN.m}$$

$$M_{p2} = P_{p2} \left(\frac{1}{3} \cdot H_5 \right)$$

$$= 13,76 \left(\frac{1}{3} \cdot 1,6 \right)$$

$$= 7,34 \text{ kN.m}$$

Jumlah Momen Pasif yang Bekerja

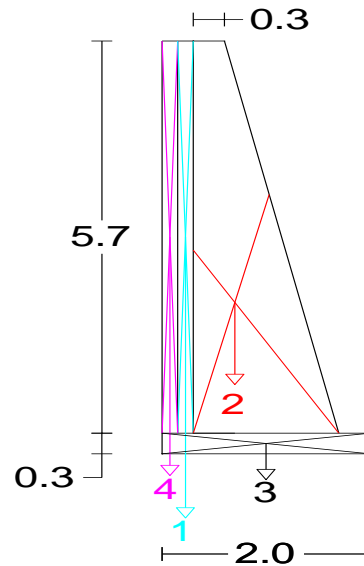
$$\sum M_p = M_{p1} + M_{p2}$$

$$= 40,04 + 7,34$$

$$= 47,38 \text{ kN.m}$$

Perhitungan Berat Sendiri Konstruksi

Berat sendiri dihitung berdasarkan bahan yang dipakai dalam pembangunan dinding penahan tersebut. Berat bangunan ini menggunakan ketetapan untuk berat volume pasangan batu yaitu 22 kN/m³, sedangkan berat bangunan itu sendiri adalah perkalian antara luas pias dengan berat volume batu.



Gambar 10. Berat Sendiri Konstruksi

1. Bidang 1

$$P_1 = p \times l \times \gamma$$

$$= 5,7 \times 0,5 \times 22$$

$$= 62,7 \text{ kN}$$

2. Bidang 2

$$P_2 = \frac{1}{2} \times a \times t \times \gamma$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,7 \times 5,7 \times 22$$

$$= 106,59 \text{ kN}$$

3. Bidang 3

$$P_3 = p \times l \times \gamma$$

$$= 1,6 \times 3 \times 22$$

$$= 105,6 \text{ kN}$$

Berat Sendiri Akibat Tanah

4. Bidang 4

$$P_4 = p \times l \times \gamma_d$$

$$= 5,7 \times 0,5 \times 35,76$$

$$= 101,92 \text{ kN}$$

Jarak Beban Terhadap Dinding Penahan di Titik 0

$$X_1 = \left\{ \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \right) + 2 \right\}$$

$$= 2,25$$

$$X_2 = \left\{ \left(\frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 1,7 \right) + 0,3 \right\}$$

$$= 1,32$$

$$X_3 = \left(\frac{1}{2} \cdot 3 \right)$$

$$= 1,5$$

$$X_4 = \left\{ 2,5 + \left(\frac{1}{2} \cdot 0,5 \right) \right\}$$

$$= 2,75$$

Tabel Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Vertikal

No	Berat Sendiri P (kN)	Jarak ke titik 0 (m)	Momen (kN.m)
1	62,7	2,25	141,08
2	106,59	1,32	140,7
3	105,6	1,5	158,4
4	101,92	2,75	280,27
Nilai	376,81		720,44

Kapasitas Dukung Tanah

Kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = \left(\frac{1}{3} \cdot c \cdot N_c \right) + (\gamma \cdot d \cdot N_q) + (0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

N_c, N_q, N_γ adalah faktor kapasitas dukung tanah (fungsi ϕ) = 40° diambil dari grafik Terzaghi.

Didapat:

$$N_c = 95,7$$

$$N_q = 81,3$$

$$N_\gamma = 100,4$$

$$P_o = D_f \cdot \gamma_{sat} = 1,6 \cdot 17,20 = 27,52 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = \left(\frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 95,7 \right) + (22 \cdot 1,6 \cdot 81,3) + (0,4 \cdot 22 \cdot 3 \cdot 100,4)$$

$$= 5569,74 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung ultimit neto:

$$Q_{un} = q_u - P_o$$

$$= 5569,74 - 27,52$$

$$= 5542,22 \text{ kN/m}^2$$

Tekanan pondasi neto:

$$Q_n = Q_{un} - P_o$$

$$= 5542,22 - 27,52$$

$$= 5514,7 \text{ kN/m}^2$$

Faktor aman (f)

$$f = 3$$

Kapasitas dukung ijin :

$$\sigma_{ijin} = \frac{q_n}{f}$$

$$= \frac{5514,7}{3}$$

$$= 1838,23 \text{ kN/m}^2$$

Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser dan Guling

Stabilitas terhadap daya dukung tanah :

$$\sum M = 720,44 \text{ kN.m}$$

$$\sum V = 376,81 \text{ kN}$$

$$\diamond e_{ijin} = \left| \frac{\sum M}{\sum V} - \frac{B}{2} \right| < \frac{B}{2}$$

$$= \left| \frac{720,44}{376,81} - \frac{3}{2} \right| < \frac{3}{2}$$

$$= |1,9 - 1,5| < 2$$

$$= (0,4 | 1,5)$$

$$\diamond \sigma_{max} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) \cdot 1 + \frac{6 \cdot e}{B}$$

$$= \left(\frac{376,81}{3} \right) \cdot 1 + \frac{6 \cdot 1,44}{3}$$

$$= 125,60 \times 3,88$$

$$= 487,32 \text{ kN/m}^2$$

$$\diamond \sigma_{min} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) \cdot 1 - \frac{6 \cdot e}{B}$$

$$= \left(\frac{376,81}{3} \right) \cdot 1 - \frac{6 \cdot 1,44}{3}$$

$$= 125,60 \times -1,88$$

$$= -236,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{ijin} \dots (\text{ok})$$

$$\sigma_{min} < \sigma_{ijin} \dots (\text{ok})$$

✓ Stabilitas Terhadap Geser

$$\diamond F = \text{tg} \cdot \text{tg} 40 = 0,84$$

$$\diamond SF = \frac{(v \cdot F) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B \right) + (Pp)}{Pa}$$

$$= \frac{(376,81 \cdot 0,84) + \left(\frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 3 \right) + (28,97)}{80,86}$$

$$= \frac{(316,52) + (4) + (28,97)}{80,86}$$

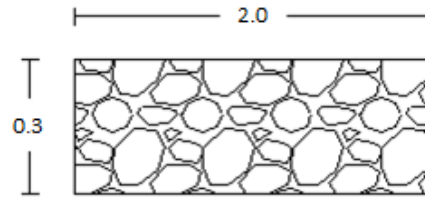
$$= \frac{349,49}{80,86}$$

$$= 1,65 > 1,5 \dots \dots \dots (\text{Ok})$$

✓ Stabilitas Terhadap Guling

$$\sum M_a = 211,79 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} \sum M_p &= 9,216 \text{ kN.m} \\ \sum M &= 196,847 \text{ kN.m} \\ \diamond \text{ SF} &= \frac{\sum M + \sum M_p}{\sum M a} \\ &= \frac{196,847 + 9,216}{4,32} \\ &= \frac{206,063}{4,32} \\ &= 47,7 > 1,5 \dots\dots\dots(\text{Ok}) \end{aligned}$$



Perhitungan Volume Pekerjaan

Pekerjaan Persiapan:

a. Pekerjaan pembersihan

$$\begin{aligned} P &= 55 \text{ m} \\ L &= 9 \text{ m} \\ V &= 55 \times 9 = 495 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pekerjaan Tanah

a) Galian Tanah Biasa

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,3 \times 4,2 = 1,26 \text{ m}^2 \\ L_2 &= 0,3 \times 1,5 = 0,45 \text{ m}^2 \\ L_3 &= 0,3 \times 1,5 \times 2 = 0,9 \text{ m}^2 \\ L_4 &= 0,3 \times 3 = 0,9 \text{ m}^2 \\ \sum L &= 1,26 + 0,45 + 0,9 + 0,9 = 3,51 \text{ m}^2 \\ V &= 3,51 \times 55 = 193,05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b) Urugan Kembali

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,3 \times 4,2 = 1,26 \text{ m}^2 \\ L_2 &= 0,3 \times 1,5 = 0,45 \text{ m}^2 \\ L_3 &= 1 \times 0,3 = 0,3 \text{ m}^2 \\ L_{\text{total}} &= 1,26 + 0,45 + 0,3 \\ &= 2,01 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 55 \times 2,01 \\ &= 110,55 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c) Urugan Pasir

$$V = 0,1 \times 2 \times 55 = 11 \text{ m}^3$$

d) Pemasangan Tumpukan Pasir

Sementara Untuk Pengalihan Sungai

$$\begin{aligned} L_1 &= 1 \times 0,3 \\ V &= 0,3 \times 55 = 16,5 \end{aligned}$$

Pekerjaan Pondasi Batu Kali

Pasangan Pondasi Batu Kali

$$\begin{aligned} L &= (2 \times 0,3) = 0,6 \text{ m}^2 \\ V &= 0,6 \times 55 = 33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

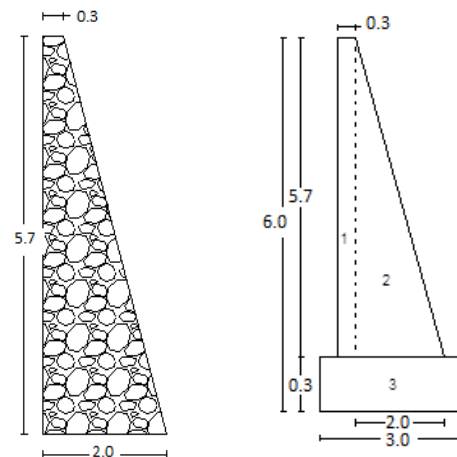
Pekerjaan Pasangan Dinding Penahan

A. Pasangan Batu Kali

$$\begin{aligned} L &= \frac{0,3 + 2}{2} \times 5,7 = 6,55 \text{ m}^2 \\ V &= 6,55 \times 55 = 360,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

B. Pekerjaan Pembersihan Lokasi

$$\begin{aligned} P &= 55 \text{ m} \\ L &= 5,7 \text{ m} \\ V &= 55 \times 5,7 = 313,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



Jumlah harga tiap m³ = jumlah total biaya :
luas bangunan dinding penahan

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,3 \times 5,7 = 1,71 \text{ m}^2 \\ L_2 &= 0,3 \times 0,3 \times 5,7 = 0,513 \text{ m}^2 \\ L_3 &= 2 \times 0,3 = 0,6 \text{ m}^2 \\ \sum L &= 1,71 + 0,513 + 0,6 \\ &= 2,823 \text{ m}^2 \\ V &= 2,823 \times 55 \\ &= 155,265 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah harga tiap m}^3 &= \frac{241.774.018}{155,265} \\ &= \text{Rp. 1.557.170,116} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga setiap m} &= \frac{241.774.018}{55} \\ &= \text{Rp.4.395.891,236} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis pada perhitungan dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa ada beberapa hal yang mengenai dinding penahan tanah yang berada di pinggir Perumahan De Salvia Kecamatan Sukun, Kota Malang yang diantaranya sebagai berikut :

A. Dari hasil Analisis Saringan dapat diketahui karakteristik tanah lokasi adalah tanah lempung

B. Perencanaan Dinding Penahan

Tinggi (H) = 6.0 m

Lebar (B) = 2.0 m

Lebar atas dinding penahan = 0,3 m

Kedalaman pondasi = 0,3 m

Hasil Analisa Ulang Stabilitas Dinding Penahan, ternyata stabil terhadap:

Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah :

$\Sigma i_{ijin} > \sigma_{max} = 785,7 \text{ kN/m}^2 > 36,778 \text{ kN/m}^2$

$\Sigma i_{ijin} > \sigma_{min} = 785,7 \text{ kN/m}^2 > 8,173 \text{ kN/m}^2$

Stabilitas Terhadap Geser = 24,02 > 1,5 (Aman)

Stabilitas Terhadap Guling = 47,7 > 1,5 (Aman)

Total biaya yang diperlukan untuk pembangunan dinding penahan tanah yaitu

Panjang = 55m .

Lebar = 9 m.

Biaya Total = Rp.241.774.018

5. DAFTAR PUSTAKA

Djarmiko Soedarmono, Edy Purnomo (1993) *Mekanika Tanah II*. Kanisius, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H. C (2003). *Mekanika Tanah I*. Edisi Ketiga. GadjahMada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo, H. C (2002). *Teknik Fondasi*. Edisi Kedua, PT. Gramedia, Jakarta,

Hardiyatmo, H. C (2010) *Mekanika Tanah II*. GadjahMada University Press, Yogyakarta.

L. D Wesley (1977) *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Das, B.M (1998) *Mekanika Tanah*. (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga, Jakarta.

R.F Craig (1987) *Mekanika Tanah*. Erlangga, Jakarta.

HerlinIndrawahjuni (2011) *Mekanika Tanah II*. Bargie Media, Malang.

Terzaghi, K, & Peck. R, B. (1993). *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*. Penerbit Erlangga. Jakarta.