

BAB II

LANDASAN TEORI

Dalam bab ini akan dibahas dasar-dasar teori yang melandasi setiap tahapan yang dilakukan dalam sistem, termasuk didalamnya teori yang mendukung setiap analisis yang dilakukan terhadap permasalahan yang ada.

2.1 Aplikasi Konstruksi

Aplikasi Konstruksi merupakan suatu aplikasi berbasis komputer, yang menyediakan informasi tentang struktur suatu bangunan. Dimana data-data dari suatu bangunan dan kondisi lingkungan disekitar bangunan berdasarkan hasil survei. Yang kemudian dari data-data tersebut dilakukan proses perhitungan dari struktur bangunan dan hasilnya dianalisa untuk dapat menentukan tingkat kestabilan dari bangunan tersebut, sehingga dapat menghasilkan suatu informasi yang valid dan akurat, yang bertujuan untuk mendukung aktivitas pembangunan suatu konstruksi.

2.2 Retaining Wall

Retaning Wall adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisinya memiliki beda ketinggian dan tidak memperbolehkan tanah memiliki kemiringan longsor (*slope*) lebih besar dari kemiringan alaminya. Biasanya konstruksi ini digunakan untuk menahan atau menopang peninggian tanah, onggokan batu bara atau onggokan biji tambang dan air (Bowles, BE., 1988).

Gravity wall (dinding gravitasi) merupakan tipe sederhana dari retaining wall. Bahan dari konstruksi ini dapat dibuat dari beton atau pasangan batu. Stabilitas konstruksi jenis ini bergantung kepada beratnya. Fungsi dari pemakaian bahan untuk dinding penahan adalah untuk memperoleh berat tertentu setinggi stabilitas dinding terjamin. Tembok penahan macam gaya berat ini bertujuan untuk memperoleh ketahanan terhadap tekanan tanah dengan beratnya sendiri. Karena bentuknya yang sederhana dan juga pelaksanaan yang mudah, jenis ini sering digunakan apabila dibutuhkan konstruksi penahan yang tidak terlalu tinggi atau bila kondisi tanahnya baik (Suyono Sosrodarsono., 1988).

2.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangatlah dipengaruhi oleh perubahan letak dari dinding penahan dan sifat tanahnya. Tekanan tanah lateral yang terjadi dibedakan atas tiga keadaan yaitu :

2.3.1. Tekanan tanah pada keadaan diam

Tekanan tanah diam akan terjadi dan bekerja pada suatu retaining wall apabila retaining wall tersebut sama sekali tidak bisa bergerak di dalam tanah. Hal ini dinyatakan dalam persamaan :

$$P_0 = K_0 \times \gamma \times H$$

Dimana :

- γ : berat volume tanah
- K_0 : koefisien tekanan tanah pada keadaan diam
- H : tinggi dinding

Tekanan tanah pada keadaan diam, merupakan pancang awal K_0 , yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan tekanan tanah aktif dan pasif dan merupakan bidang-bidang utama (principal planes) bila keadaan K_0 telah dicapai. Tanah dalam keadaan tak berkoheesi terkonsolidasi normal (Bowles, BE., 1988).

2.3.2. Tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif akan terjadi dan bekerja pada suatu retaining wall apabila retaining wall tersebut harus menahan longsornya tanah. Dengan kata lain tekanan tanah aktif dapat terjadi apabila retaining wall bergerak menjauhi tanah.

Hal ini dinyatakan dalam persamaan :

$$P_a = K_a \times \gamma \times H$$

Dimana :

K_a : koefisien tekanan tanah aktif

Pada kondisi aktif, dianggap tanah ditahan dalam arah horisontalnya sehingga sembarang elemen tanah akan sama seperti benda uji dalam alat *triaxial* yang diuji dengan penerapan tekanan sel yang dikurangi, sedangkan tekanan aksial tetap konstan. Ketika tekanan horisontal dikurangi sampai nilai tertentu, kuat geser tanah akan sepenuhnya berkembang dan tanah akan mengalami keruntuhan (Bowles, BE., 1988).

2.3.3. Tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif akan terjadi dan bekerja pada suatu retaining wall apabila tanah tersebut harus menahan Bergeraknya retaining wall, atau dengan

kata lain tekanan tanah pasif akan terjadi apabila dinding didorong menuju tanah.

Hal ini dinyatakan dalam persamaan :

$$P_p = K_p \times \gamma \times H$$

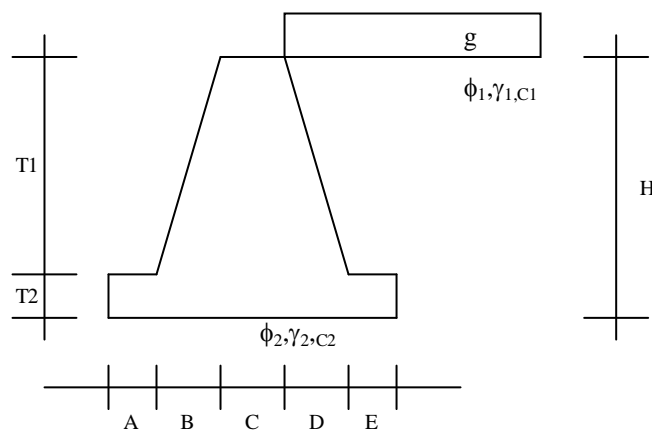
Dimana :

K_p : koefisien tekanan tanah pasif

Untuk kondisi pasif, dianggap tanah ditekan dalam arah horizontal, maka sembarang elemen tanah akan sama kondisinya seperti keadaan benda uji dalam alat triaxial yang dibebani sampai runtuh melalui penambahan tekanan sel, sedang tekanan aksial tetap (Bowles, BE., 1988).

2.4. Analisis Stabilitas Konstruksi

Dalam teori retaining wall dikenal dua macam kestabilan konstruksi, yakni kestabilan terhadap gaya eksternal dan kestabilan terhadap gaya internal (Bowles, BE., 1988). Karena itu dalam perhitungan stabilitas dari konstruksi retaining wall, juga ditinjau terhadap dua macam gaya, yakni gaya eksternal dan gaya internal. Untuk dapat menghitung gaya-gaya tersebut dibutuhkan data yang terbagi atas tiga kelompok, yakni data dimensi, data tanah dan data umum.



Gambar 2.1. Bentuk Retaining Wall

Data Dimensi

- Panjang A, B, C, D, E (dalam satuan meter)
- Panjang T1, T2 dan H (dalam satuan meter)

Data Tanah

- $\Phi_1 (f_1)$ = Sudut geser dalam tanah timbunan ($^\circ$)
- $\Gamma_1 (g_1)$ = Berat jenis tanah timbunan (t/m^3)
- C_1 = Kohesi tanah timbunan (t/m^2)
- $\Phi_2 (f_2)$ = Sudut geser dalam tanah timbunan ($^\circ$)
- $\Gamma_2 (g_2)$ = Berat jenis tanah timbunan (t/m^3)
- C_2 = Kohesi tanah timbunan (t/m^2)

Data Umum

- Beban (q) = Beban merata diatas tanah timbunan (t/m^2)
- Γ_{pas} = Berat jenis pasangan (t/m^3)
- g_{pas} beton = $2,4 t/m^3$
- g_{pas} batu kali = $1,89 t/m^3$

2.4.1. Gaya eksternal

Gaya eksternal merupakan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi retaining wall secara keseluruhan (utuh). Jadi bila gaya-gaya eksternal yang bekerja melampaui kestabilan retaining wall yang diijinkan akan menyebabkan keruntuhan konstruksi secara keseluruhan. Rumus pertama adalah rumus tekanan tanah lateral (Bowles, BE., 1988), yaitu :

$$K_a = \tan^2(45 - f_1/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + f_1/2)$$

$$Pa_1 = g_1 \times H \times H/2 \times Ka$$

$$Pa_2 = q \times H \times Ka$$

$$Pp = \gamma_1 \times T_2 \times T_2/2 \times Kp$$

$$Ma_1 = Pa_1 \times H/3$$

$$Ma_2 = Pa_2 \times H/3$$

$$Mp = Pp \times T_2/3$$

Keterangan :

- Ka = koefisien tekanan tanah aktif
- Kp = koefisien tekanan tanah pasif
- Pa_1 = tekanan tanah aktif akibat tanah timbunan
- Pa_2 = tekanan tanah aktif akibat beban merata
- Pp = tekanan tanah pasif dari tanah disebelah tanah timbunan
- Ma_1 = momen akibat gaya Pa_1 terhadap titik ujung pondasi
- Ma_2 = momen akibat gaya Pa_2 terhadap titik ujung pondasi
- Mp = momen akibat gaya Pp terhadap titik ujung pondasi

Rumus berikutnya adalah rumus pembebanan atau mencari beban sendiri.

Rumus yang digunakan pada intinya adalah :

$$\text{Beban} = (\text{luas penampang}) \times (\text{Berat Jenis Bahan})$$

$$\text{Momen} = (\text{Beban}) \times (\text{jarak titik berat penampang ke ujung pondasi})$$

Secara detail rumus-rumus pembebanan yang digunakan adalah :

$$G1 = C \times T1 \times \gamma_{pas}$$

$$G2 = (A + B + C + D + E) \times T2 \times \gamma_{pas}$$

$$G3 = D/2 \times T1 \times \gamma_{pas}$$

$$G4 = D/2 \times T1 \times \gamma_1$$

$$G5 = B/2 \times T1 \times \gamma_{pas}$$

$$G6 = E \times T1 \times \gamma_1$$

$$\bullet \quad G_{total} = G1 + G2 + G3 + G4 + G5 + G6$$

$$L = A + B + C + D + E$$

$$Mg1 = G1 \times (A + B + (C/2))$$

$$Mg2 = G2 \times L/2$$

$$Mg3 = G3 \times (A + B + C + (D/3))$$

$$Mg4 = G4 \times (A + B + C + (2 \times D/3))$$

$$Mg5 = G5 \times (A + (2 \times B/3))$$

$$Mg6 = G6 \times (A + B + C + D + (E/2))$$

Setelah itu dihitung rumus untuk menganalisis faktor guling, adalah :

$$M_{guling} = Ma_1 + Ma_2$$

$$M_{tahan} = Mg1 + Mg2 + Mg3 + Mg4 + Mg5 + Mg6 + M_p$$

$$Guling = M_{tahan} / M_{guling}$$

$$\text{Bila faktor guling} \geq \text{S.F. (=1,5)} \rightarrow \text{AMAN}$$

$$\text{Bila faktor guling} < \text{S.F. (=1,5)} \rightarrow \text{TIDAK AMAN}$$

Dimana tegangan guling yang diijinkan (S.F.) adalah 1,5 untuk jenis tanah non kohesif (misal tanah pasir) dan 2 untuk jenis tanah kohesif (misal tanah lempung).

Dalam tinjauan stabilitas ini, bila tekanan tanah pasif dapat diandalkan keberadaannya maka akan dapat memperbesar momen perlawanan ataupun mengurangi besarnya momen guling.

Setelah itu dihitung rumus untuk menganalisis faktor geser, yaitu :

$$V\phi = G_{total} \times \tan(\phi_1)$$

$V\phi$ = gaya geser yang terjadi akibat total gaya normal vertikal (G_{total})

(Joseph E. Bowles, Analisa dan Desain Fondasi Jilid 2)

$$P_{ah} = P_{a1} + P_{a2}$$

$$\text{Geser} = (V_f + P_p) / P_{ah}$$

Bila faktor geser \geq S.F. (=1,5) \rightarrow **AMAN**

Bila faktor geser $<$ S.F. (=1,5) \rightarrow **TIDAK AMAN**

Dalam perhitungan kasar, lebih baik jika menggunakan teori gaya perlawanan dengan anggapan tanah dasar pondasi adalah tanah non kohesif, karena selain lebih aman juga dikarenakan kadar kohesi suatu tanah tidak dapat diprediksi secara pasti untuk waktu yang lama (kohesi suatu tanah sangat dipengaruhi kadar air, kelembapan dan beberapa factor luar lain). Karena itu tegangan geser yang diijinkan adalah 1,5 (tegangan geser minimum untuk tanah non kohesif).

Berikutnya adalah rumus untuk menganalisis eksentrisitas dan daya dukung pondasi. Rumus yang digunakan adalah :

- Eksentrisitas (eks)

$$\text{Eks} = \left[\frac{L}{2} \right] - \left[\frac{M_{tahan} - M_{guling}}{G_{total}} \right]$$

Bila eks \leq (L / 6) \rightarrow **AMAN**

Bila eks $>$ (L / 6) \rightarrow **TIDAK AMAN**

Besarnya eksentrisitas dihitung dari tengah pelat lantai ke titik kerja resultante. Tegangan pada segmen badan dinding tersebut harus dijaga supaya selalu terjadi tegangan yang sejenis. Bila pada segmen tersebut terjadi tegangan tidak sejenis (eksentrisitas dalam $>$ seperenam lebar badan dinding), maka mengakibatkan

pecahnya konstruksi badan. Dan bila hal tersebut terjadi pada segmen sambungan antara badan dinding penahan dengan kaki pondasi dinding penahan, maka dapat menyebabkan pecahnya konstruksi badan sehingga badan dinding akan runtuh/terpisah dari kaki pondasi.

- Rumus umum daya dukung tanah

$$Q_u = [c \times N_c] + [\gamma_3 \times H_3 \times (N_q - 1)] + [1/2 \times \gamma_3 \times L \times N_\gamma]$$

$$\text{Dimana : } \quad \gamma_3 = \gamma_2 \quad \quad C = C_2$$

$$H_3 = T_2 \quad \quad L = L$$

$$\text{Dengan : } \quad N_q = \frac{[eks^{2\pi(0,75 - \phi_3/360) \tan \phi_3}]^2}{2 \cos^2(45 + \phi_3/2)}$$

$$\text{Jika } \phi_3 = 0 \rightarrow N_c = 5,7$$

$$\text{Jika } \phi_3 > 0 \rightarrow N_c = (N_q - 1) / \tan \phi_3$$

$$N_\gamma = \frac{2(N_q - 1)\phi_3}{1 + 0,4 \sin(4\phi_3)}$$

(Donald P. Corduto : Pile Foundation – Methode and Application)

- $Q_{ijin} = Q_u / SF$; SF (Safety Factor) = 5
- Cek Daya Dukung :

$$Q_{max} = \frac{G_{total}}{L} \left[1 + \frac{6 \cdot eks}{L} \right]$$

$$Q_{min} = \frac{G_{total}}{L} \left[1 - \frac{6 \cdot eks}{L} \right]$$

Keadaan **AMAN** bila :

$$0 \leq Q_{\max} \leq Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

$$0 \leq Q_{\min} \leq Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

Keadaah **TIDAK AMAN** bila :

$$Q_{\max} < 0 \text{ atau } Q_{\max} > Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

$$Q_{\min} < 0 \text{ atau } Q_{\min} > Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

2.4.2. Gaya internal

Gaya internal merupakan gaya-gaya yang berkerja pada konstruksi retaining wall per segmen penampang. Bila gaya-gaya internal yang bekerja pada suatu segmen penampang dinding penahan melampaui mutu bahan atau kestabilan yang diijinkan, maka akan menyebabkan pecahnya / retaknya konstruksi dinding penahan pada segmen penampang tersebut. Untuk menghitung gaya-gaya pada penampang badan dinding penahan digunakan rumus tekanan tanah lateral, yaitu :

$$K_a = \tan^2(45 - \phi_1/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi_1/2)$$

$$Ph_1 = \gamma_1 \times T_1 \times T_1/2 \times K_a$$

$$Ph_2 = q \times T_1 \times K_a$$

$$Mh_1 = Ph_1 \times T_1/3$$

$$Mh_2 = Ph_2 \times T_1/2$$

$$Mh = Mh_1 + Mh_2$$

Keterangan :

- K_a = koefisien tekanan tanah aktif
- K_p = koefisien tekanan tanah pasif

- Ph_1 = tekanan tanah aktif akibat tanah timbunan
- Ph_2 = tekanan tanah aktif akibat beban merata
- Mh_1 = momen akibat gaya Ph_1 terhadap titik ujung badan dinding
- Mh_2 = momen akibat gaya Ph_2 terhadap titik ujung badan dinding

Kemudian mencari beban sendiri dari badan dinding penahan dengan menggunakan rumus pembebanan. Yang pada intinya adalah :

$$\text{Beban} = (\text{luas penampang}) \times (\text{Berat Jenis Bahan})$$

$$\text{Momen} = (\text{Beban}) \times (\text{jarak titik berat penampang ke ujung pondasi})$$

Secara detail rumus pembebanan pada dinding penahan yang digunakan adalah :

$$G1 = C \times T1 \times \gamma_{pas}$$

$$G3 = D/2 \times T1 \times \gamma_{pas}$$

$$G4 = D/2 \times T1 \times \gamma_1$$

$$G5 = B/2 \times T1 \times \gamma_{pas}$$

- $G_{total} = G1 + G3 + G4 + G5$

$$Lh = B + C + D$$

$$Mgh1 = G1 \times (B + (C / 2))$$

$$Mgh3 = G3 \times (B + C + (D / 3))$$

$$Mgh4 = G4 \times (B + C + (2 \times D / 3))$$

$$Mgh5 = G5 \times (2 \times B / 3)$$

- $Mv = Mgh1 + Mgh3 + Mgh4 + Mgh5$

Berikutnya adalah rumus untuk menganalisa eksentrisitas dan kestabilan badan dinding penahan. Rumus umum yang dipergunakan adalah :

- Eksentrisitas dalam

$$\text{Eks} = \left[\frac{L}{2} \right] - \left[\frac{M_{\text{tahan}} - M_{\text{guling}}}{G_{\text{total}}} \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{eks} &= \text{eksdm} & M_{\text{guling}} &= M_h \\ L &= L_h & G_{\text{total}} &= G_{\text{dalam}} \\ M_{\text{tahan}} &= M_v \end{aligned}$$

Syarat untuk menentukan tingkat kestabilan eksentrisitas ialah:

$$\text{Bila eksdml} \leq (L_h / 6) \quad \rightarrow \text{AMAN}$$

$$\text{Bila eksdml} > (L_h / 6) \quad \rightarrow \text{TIDAK AMAN}$$

Tegangan pada segmen badan dinding tersebut harus dijaga supaya selalu terjadi tegangan yang sejenis. Bila pada segmen tersebut terjadi tegangan tidak sejenis (eksentrisitas dalam > seperenam lebar badan dinding), maka mengakibatkan pecahnya konstruksi badan. Dan bila hal tersebut terjadi pada segmen sambungan antara badan dinding penahan dengan kaki pondasi dinding penahan, maka dapat menyebabkan pecahnya konstruksi badan sehingga badan dinding akan runtuh/terpisah dari kaki pondasi.

- Rumus umum daya dukung tanah

$$Q_u = [c \times N_c] + [\gamma_3 \times H_3 \times (N_q - 1)] + [1/2 \times \gamma_3 \times L \times N_\gamma]$$

$$\text{Dimana :} \quad \gamma_3 = \gamma_2 \quad C = C_2$$

$$H_3 = T_2 \quad L = L$$

$$\text{Dengan :} \quad N_q = \frac{[\text{eks}^{2\pi(0,75 - \phi_3 / 360) \tan \phi_3}]^2}{2 \cos^2(45 + \phi_3 / 2)}$$

$$\text{Jika } \phi_3 = 0 \rightarrow N_c = 5,7$$

$$\text{Jika } \phi_3 > 0 \rightarrow N_c = (N_q - 1) / \tan \phi_3$$

$$N_{\gamma} = \frac{2(N_q - 1)\phi_3}{1 + 0,4 \sin(4\phi_3)}$$

(Donald P. Corduto : Pile Foundation – Methode and Application)

- $Q_{ijin} = Q_u / SF$; SF (Safety Factor) = 5
- Rumus umum untuk cek daya dukung :

$$Q_{max} = \frac{G_{total}}{L} \left[1 + \frac{6 \cdot eks}{L} \right]$$

$$Q_{min} = \frac{G_{total}}{L} \left[1 - \frac{6 \cdot eks}{L} \right]$$

Dimana : $Q_{max} = Q_{max}$ dlm $Q_{min} = Q_{min}$ dlm

$G_{total} = G_{dlm}$ $L = L_h$

$Eks = eks$ dlm

Keadaan **AMAN** bila :

$$0 \leq Q_{max} \text{ dlm} \leq Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

$$0 \leq Q_{min} \text{ dlm} \leq Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

Keadaah **TIDAK AMAN** bila :

$$Q_{max} \text{ dlm} < 0 \text{ atau } Q_{max} \text{ dlm} > Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

$$Q_{min} \text{ dlm} < 0 \text{ atau } Q_{min} \text{ dlm} > Q_{ijin} (= Q_u / 5)$$

Untuk menganalisis daya dukung (Q), kita tentukan terlebih dahulu $Q_{ijin} (=Q_u / SF)$. Dari hasil tersebut kita dapatkan bahwa daya dukung harus bernilai antara nol sampai Q_{ijin} tersebut. Kemudian dapat kita tentukan daya dukung maksimal dan minimal dengan menggunakan rumus diatas, dan hasilnya harus bernilai diantara nol sampai Q_{ijin} .