

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

6.1.1. Stabilitas Eksternal

Analisa dinding penahan tanah dengan metode Rankine, Coulomb dan Mononobe-Okabe untuk menyelidiki stabilitas eksternal menggunakan angka keamanan 1,5 untuk stabilitas terhadap geser (*sliding*) dan guling (*overturning*). Sedangkan angka keamanan terhadap stabilitas daya dukung (*bearing capacity failure*) adalah 3. Dari hasil perhitungan pada bab V didapat hasil sebagai berikut :

| No | Stabilitas | Rankine | Coulomb | Mononobe – Okabe |
|----|------------------|------------|------------|------------------|
| 1. | Sliding | SF = 1,903 | SF = 1,509 | SF = 1,418 |
| 2. | Overtuning | SF = 1,923 | SF = 1,585 | SF = 1,606 |
| 3. | Bearing Capacity | SF = 7,461 | SF = 3,992 | SF = 3,501 |

6.1.2. Stabilitas Internal

Analisa dinding penahan tanah dengan metode Rankine, Coulomb dan Mononobe-Okabe untuk menyelidiki stabilitas internal dengan besarnya tegangan desak ijin diambil $\sigma_{dsk} = 35 \text{ T/m}^2$ dan tegangan geser ijin diambil $\bar{\tau} = 15 \text{ T/m}^2$. Dari hasil perhitungan bab V didapat hasil sebagai berikut ;

| No | Parameter | Rankine (t/m^2) | Coulomb (t/m^2) | Mononobe – Okabe(t/m^2) |
|----|---------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 1. | Pot A'-A' | Desak = 6,8 Geser = 2,114 | Desak = -7,439 Geser = 2,051 | Desak = -42,06 Geser = 4,303 |
| 2. | Pot A'' – B'' | Desak = 2,848 Geser = 12,203 | Desak = -12,65 Geser = 10,127 | Desak = -42,199 Geser = 9,180 |

6.2. Pembahasan Metode – metode

6.2.1. Metode Rankine

Rankine (1857) telah menyelidiki keadaan tegangan di dalam tanah yang berbeda pada keadaan keseimbangan plastis. Yang dimaksud dengan keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju suatu proses ke suatu keadaan runtuh.

Kelebihan atau keunggulan metode Rankine

Konsep keadaan Rankine pada kesetimbangan plastis dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya tekanan lateral yang bekerja pada berbagai struktur penahan. Teori Rankine dapat dimodifikasi untuk menghitung kohesi, dan untuk menghitung kemiringan permukaan tanah. Ini berlaku juga untuk pengambilan air yang seragam (*uniform surcharge*) di atas permukaan tanah dan permukaan air bebas sejajar dengan permukaan tanah urugan. Teori ini dapat diterapkan langsung pada dinding penahan tanah biasa. Pemecahan Rankine sering dipakai karena persamaannya sederhana dan agak lebih konservatif daripada persamaan Coulomb.

Kelemahan metode Rankine

Metode Rankine menganggap bahwa tidak ada gesekan atau adhesi antara tanah (tanah belakang) dan struktur penahan. Anggapan ini, tentu saja, tidak benar dan menjurus pada ketidaktepatan metode ini. Ketidaktepatan itu biasanya kecil untuk keadaan aktif dan kebanyakan dari segi konservatif, walaupun tidak semuanya, bagi kondisi-kondisi praktis. Sebelum menggunakan metode Rankine, pengaruh pengabaian gesekan dinding perlu diselidiki.

6.2.2. Metode Coulomb

Dalam teorinya, Coulomb (1776) menganggap bahwa bidang longsor adalah rata dan berbentuk miring. Geseran antara tembok dengan tanah dibelakang tembok ikut diperhitungkan. Prinsip umum dari penurunan teori tekanan tanah menurut Coulomb untuk tanah kering tak berkohesi (kekuatan gesernya dinyatakan dengan persamaan $\tau_f = \sigma \tan \phi$).

Kelebihan atau keunggulan metode Coulomb

Pada umumnya penggunaan metode tekanan tanah Rankine tidak menggunakan gesekan dinding yang cenderung lebih konservatif (tekanan dinding besar) daripada pemecahan harga-harga Coulomb; akan tetapi untuk dinding tinggi atau dinding lentur dengan metode deformasi Coulomb yang baik mungkin lebih realistis dan diperlukan untuk suatu perkiraan δ (sudut gesek dinding).

Kelemahan metode Coulomb

Perlu diketahui bahwa dengan membuat asumsi bahwa bidang longsor adalah bidang rata (dalam teori Coulomb), maka tekanan tanah pasif yang dihasilkan sangat besar (*over estimate*), terutama untuk $\delta > \frac{\phi}{2}$ keadaan ini tidak aman dalam perencanaan. Dikarenakan memperhitungkan gesekan tanah maka otomatis perhitungan dengan menggunakan metode Coulomb lebih rumit dan membutuhkan ketelitian yang lebih tinggi dibanding metode Rankine.

6.2.3. Metode Mononobe-Okabe

Persamaan Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Coulomb dapat dimodifikasi dengan memperhitungkan perubahan koefisien vertikal dan horisontal akibat gempa. Okabe (1926) serta Mononobe-Matsuo (1929) telah mengembangkan dasar analisis pseudostatik pada tekanan tanah saat gempa pada struktur dinding penahan tanah dimana telah menjadi populer dikenal sebagai metode Mononobe-Okabe. Teori Mononobe - Okabe merupakan modifikasi dari rumus Coulomb. Beban gempa yang digunakan adalah dalam bentuk percepatan gempa.

Persamaan Mononobe – Okabe adalah sebagai berikut :

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{AE}$$

Dengan K_{AE} adalah koefisien tekanan tanah aktif dengan efek gempa.

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

$k_h W$ dan $k_v W$ adalah gaya inersia di arah vertikal dan horisontal dan g adalah akselerasi / percepatan gravitasi .

$$k_h = \frac{\text{komponen horisontal dari akselerasi gempa}}{g}$$

$$k_v = \frac{\text{komponen vertikal dari akselerasi gempa}}{g}$$

dan g adalah akselerasi /percepatan gravitasi.

Sedangkan untuk tekanan pasif

$$P_{PE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{PE}$$

dimana $K_{PE} = \frac{\cos^2 (\phi + \beta - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos (\delta - \beta + \theta) \left[1 - \left\{ \frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + i - \theta)}{\cos (i - \beta) \cos (\delta - \beta + \theta)} \right\}^{1/2} \right]^2}$

Kelebihan atau keunggulan metode Mononobe-Okabe

Metode Mononobe-Okabe lebih teliti daripada metode Rankine, hal ini dikarenakan metode ini mendasarkan teorinya pada teori Coulomb. Selain itu metode Mononobe - Okabe mempertimbangkan pula faktor gempa yang dimasukkan dalam bentuk

variabel θ yaitu $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$.

Kelemahan metode Mononobe-Okabe

Metode ini lebih rumit dibandingkan dengan metode yang lain dikarenakan melibatkan faktor gempa. Hal ini dikarenakan harus mengetahui variabel gempa terlebih dahulu, yang akan mempengaruhi perhitungan terhadap tekanan tanah maupun tekanan air sebelum terjadi gempa.

Mononobe - Okabe mengasumsikan bahwa tanah dalam keadaan kering, sementara pada kasus yang sering terjadi, keruntuhan dinding penahan tanah terjadi pada daerah yang berhadapan dengan air, sehingga tidak bisa diterapkan untuk keadaan basah secara langsung.

Teori Mononobe-Okabe kemudian disempurnakan oleh Westergaard dan Matzuzawa yaitu dengan melibatkan keberadaan air. Ketika gempa terjadi, air mengalami tambahan tekanan. Tekanan tambahan ini dinamakan tekanan hidrodinamik, sehingga tekanan air adalah menjadi tekanan total yaitu resultan dari tekanan hidrostatik dan tekanan hidrodinamik.

Pengaruh keterlibatan air di luar dinding di sampaikan oleh Westergaard dengan teori $P_w = \frac{7}{12} \frac{a_h}{g} \gamma_w H^2$ sebagai tekanan hidrodinamik yang harus ditambahkan pada tekanan hidrostatik.

Sedangkan untuk teori Matzuzawa adalah sebagai berikut ; terjadi tambahan tekanan pada air didalam urugan, sehingga γ_w berubah menjadi $\gamma_{eq} = \gamma_w + r_u \gamma_b$. Catatan bahwa r_u mendekati 1 (sebagaimana bisa terjadi sewaktu liquifaksi) tekanan ke samping dinding mendekati seperti yang dikenai oleh cairan pada berat jenis ekuifalen, $\gamma_{eq} = \gamma_{sat}$. Matzuzawa juga menyempurnakan bahwa ada beberapa perubahan ketika kasus tanah dalam keadaan terendam.

$$\gamma = \gamma_b (1 - r_u)$$

$$\theta = \frac{\tan^{-1}[\gamma_{sat} k_h]}{\gamma_b (1 - r_u)(1 - k_v)}$$

Kelemahan yang lain adalah metode ini hanya berlaku untuk tanah yang tidak berkohesi $c = 0$ (*cohesionless soil*) selain itu, metode Mononobe - Okabe tidak bisa digunakan untuk kasus liquifaksi walaupun mempertimbangkan faktor gempa.

6.3. Pembahasan Pengaruh Geometri Tanah dan Dinding

1. Nilai kemiringan tanah dibelakang dinding (i) dapat memperbesar tekanan aktif. Untuk sudut yang kecil selisih tekanan yang terjadi antara ketiga teori baik Rankine, Coulomb dan teori Mononobe-Okabe sangat kecil, tetapi untuk sudut yang besar perbedaannya semakin jelas.
2. Sudut kemiringan dinding sebelah dalam (β) tidak mempengaruhi nilai tekanan aktif Rankine tetapi mempengaruhi nilai tekanan aktif Coulomb dan Mononobe-Okabe. Semakin besar sudut ini maka tekanan aktif semakin kecil dan tekanan pasif semakin besar.
3. Sudut geser antara dinding dengan tanah (δ) berpengaruh terhadap teori Coulomb dan Mononobe-Okabe, sedang untuk teori Rankine tidak diperhitungkan. Sudut geser antara dinding dengan tanah menyebabkan nilai tekanan aktif semakin kecil dan memperbesar nilai tekanan pasif.
4. Semakin besar nilai sudut geser dalam (ϕ), nilai tekanan tanah aktif semakin kecil, sedangkan untuk tekanan pasifnya semakin bertambah.
Hal ini berlaku untuk ketiga teori.
5. Nilai kohesi (c) dapat memperkecil nilai tekanan aktif dan memperbesar nilai tekanan pasif.