

ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH / RETAINING WALL UNDERPASS UNILA BANDAR LAMPUNG

Ahmad Jaelani¹, Yusuf Amran², H. Arminsyah Gumay³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}

E-mail : ahmadjaelani20@gmail.com¹, yusufamran307@gmail.com²,
gumay@yahoo.com³

ABSTRAK

Kawasan di kota Bandar Lampung yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu direncanakan suatu infrastruktur yang dapat mengurangi kepadatan lalu lintas yaitu dengan membuat *underpass*. Pembangunan *underpass* diharapkan tidak merusak konstruksi jalan dan infrastruktur lainnya disekitar proyek. Oleh karena itu sebelum dilakukan galian tanah untuk *underpass*, maka perlu dilakukan penanaman dinding penahan tanah agar tanah disamping *underpass* tetap stabil. Konstruksi dinding penahan tanah yang digunakan pada proyek tersebut adalah *secant pile*. Namun pelaksanaan *secant pile* membutuhkan waktu pelaksanaan yang panjang karena harus melakukan pengeboran dan pengecoran di tempat yang sama dan tidak dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu titik *bore pile*. Selain itu untuk melanjutkan pada pembuatan *bore pile* yang bertulang, harus menunggu *bore pile* pengapitnya cukup keras.

Berdasarkan seluruh uraian yang disajikan dalam tugas akhir “Analisis Dinding Penahan Tanah / *retaining wall underpass* Unila Bandar Lampung ini beserta perhitungan dapat diambil kesimpulan : Dari perhitungan analisa, Stabilitas terhadap penggulingan (FS guling $2,046 > 2.0$ aman, stabilitas terhadap pergeseran $2,134 > 1.5$ aman dan untuk nilai eksentrisitas $e < B/6$ $0,51 < 0,50$ untuk keruntuhan daya dukung tanah $3,93 > 3.0$ aman.

Kata Kunci : Dinding Penahan Tanah, *Retaining Wall*

PENDAHULUAN

Pemerintah provinsi Lampung melalui dinas pekerjaan umum merencanakan pembangunan *underpass* Persimpangan di depan kampus Universitas Lampung yang menghubungkan jalur dari Natar ke kota Bandar Lampung dan sebaliknya. Hal ini digunakan untuk mengurangi kemacetan dan meminimalisir tingkat rawan kecelakaan. Selain itu juga menampung kendaraan yang volume rata-ratanya tinggi. Kendaraan yang relative tinggi dan bertemu di persimpangan mengakibatkan antrian kendaraan panjang. Pembangunan *underpass* diharapkan tidak merusak konstruksi jalan dan infrastruktur lainnya disekitar proyek.

Oleh karna itu sebelum dilakukan galian tanah untuk *underpass*, maka perlu dilakukan penanaman dinding penahan tanah agar tanah disamping *underpass* tetap stabil. Konstruksi dinding penahan tanah yang digunakan pada proyek tersebut adalah *secant pile*.

Namun pelaksanaan *secant pile* membutuhkan waktu pelaksanaan yang panjang karena harus melakukan pengeboran dan pengecoran di tempat yang sama dan tidak dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu *titik bore pile*. Selain itu untuk melanjutkan pada pembuatan *bore pile* yang bertulang, harus menunggu *bore pile* pengapitnya cukup keras.

Kelemahan yang sangat mungkin terjadi pada dinding penahan tanah sistem *secant*

pile adalah kebocoran air tanah pada bagian *pile bentonite*, sehingga diperlukan adanya pekerjaan dinding pelapis tambahan untuk membuatnya kedap air. Metode alternatif dinding penahan tanah model *diafragma wall* merupakan salah satu alternatif yang dapat dilaksanakan pada kasus ini.

KAJIAN LITERATUR

Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah komponen material, bahan organik, dan endapan-endapan batuan dasar yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel bisa berisi air, udara, atau keduanya.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran, atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau atau pasir, dan mungkin terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm.

Tegangan Pada Tanah

Bila tanah mengalami tekanan yang diakibatkan oleh beban, seperti beban pondasi, maka angka pori tanah akan berkurang. Jika tanah berada di dalam air, tanah akan dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas sebagai akibat tekanan tanah hidrostatik. Berat tanah yang terendam ini disebut berat tanah efektif, sedangkan tegangan yang terjadi akibat berat tanah efektif di dalam tanah disebut tegangan efektif. Tegangan efektif ini merupakan tegangan yang mempengaruhi kuat geser dan perubahan volume atau penurunan tanah. Jika tanah dalam keadaan jenuh sempurna, air yang mengisi ruang pori

dapat menahan tegangan normal, dengan akibatnya akan terjadi kenaikan tekanan air pori.

Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut. Kekuatan geser yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh:

- Pada tanah berbutir halus (kohesif), misalnya lempung. Kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (*c soil*)
- Pada tanah berbutir kasar (non kohesif), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut sudut gesek dalam (*φ soil*)
- Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (*c dan φ soil*), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butir-butir tanah (karena ϕ).

Program *plaxis V.8.2*

Plaxis (Finite Element Code for Soil and Rock Analyses) merupakan suatu rangkaian program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan output tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat. (Plaxis, 2012)

Underpass

Underpass adalah jalan melintang di bawah jalan lain atau persilangan tidak sebidang dengan membuat terowongan di bawah muka tanah. Konstruksi *underpass* merupakan suatu galian dengan konstruksi struktur penahan tanah dalam posisi vertikal.

Sistem box tunnel/box *underpass* dipakai pada proyek *underpass*. Beberapa ahli teknik sipil mendefinisikan *underpass* sebagai sebuah tembusan dibawah permukaan yang memiliki panjang kurang dari 0,1 mil atau 1.60934 km. Biasanya digunakan untuk lalu lintas kendaraan (umumnya mobil atau kereta api) maupun para pejalan kaki atau pengendara sepeda.

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah tertentu pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil, perbukitan, bangunan jalan kereta api, pangkal jembatan ataupun bangunan lain Jenis konstruksi antara lain pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton bertulang atau beton tidak bertulang, kayu dan sebagainya. Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur yang direncanakan dan dibangun untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil, sehingga dinding penahan tanah aman terhadap pergeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah.

METODE PENELITIAN

Gambaran Umum

Penelitian ini dilaksanakan di proyek pembangunan *Underpass* Unila Bandar Lampung. Dalam metode penelitian ini metode yang digunakan adalah metode pengambilan data secara langsung pada titik lokasi yang sudah ditentukan. Data tersebut akan diambil langsung dari lokasi yang telah ditentukan yang pada ruas jalan Zainal Abidin Pagar Alam Kecamatan Raja basa Kota Bandar Lampung yang

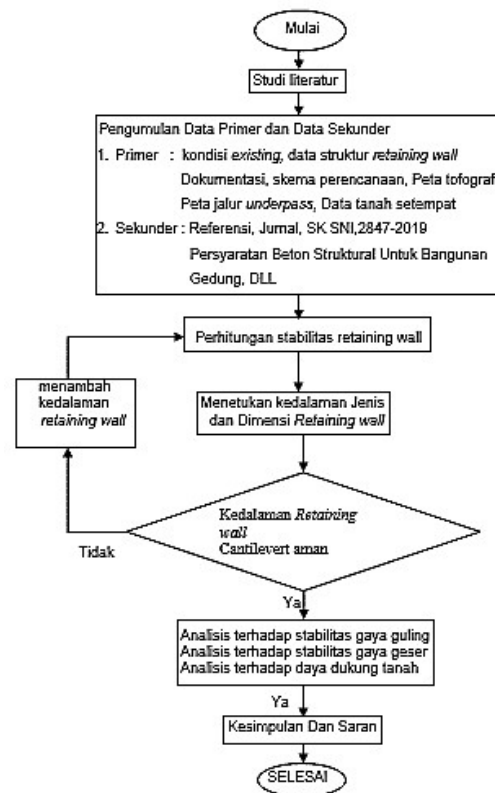
akan ditinjau ukuran dimensinya dan akan dianalisis atau didesain sesuai dengan tipikal dinding penahan pada ruas jalan tersebut.

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian Jalan Zainal Abidin pagar alam kota Bandar Lampung, provinsi Lampung.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alur penelitian di bawah ini:



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian (Ahmad Jaelani 2020)

Definisi Operasional Variabel

Variabel penelitian adalah sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut. Kemudian dapat ditarik kesimpulan (Abdul Hakim, 2011). Dengan judul “Studi Stabilitas dinding penahan tanah kantilever pada ruas jalan silaing Padang – Bukit Tinggi Km 64+500.

Dalam proses analisis diperlukan data yang teliti. Semakin rumit permasalahan yang dihadapi maka semakin kompleks pula analisis data yang akan dilakukan, untuk dapat melakukan analisis yang baik maka diperlukan data atau informasi, teori konsep dasar bantu yang memadahi sehingga kebutuhan data sangat sangat mutlak diperlukan. Data yang diperlukan dan dijadikan bahan acuan.

Teknik Analisis Data

Langkah analisis sebuah dinding penahan diperlukan sebuah pemahaman tentang berbagai data yang digunakan akan sangat efektif dan efisien untuk digunakan sebagai masukan analisis lebih lanjut. Beberapa langkah – langkah yang dapat dilakukan :

1. Perhitungan beban vertikal.
2. Merencanakan dimensi dinding penahan tanah.
3. Perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif.
4. Perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif.
5. Perhitungan stabilitas tanah, Guling, Geser
6. Perhitungan kuat daya dukung tanah.

Disini penulis menganalisis dinding penahan tipe *kantilever* yang didesain mampu menahan beban dan aman dari bahaya. Baik terhadap bahaya terhadap gaya geser, gaya guling, penurunan daya dukung tanah, dan bahaya lain yang dapat merugikan sumber daya yang ada disekitar daerah *underpass*.

HASIL PENELITIAN

Gambaran Umum

Tujuan analisis dinding penahan tanah *underpass* Unila Bandar Lampung ini untuk mengetahui *stabilitas* terhadap penggulingan, penggeseran dan kuat daya dukung tanah.

Dinding penahan tanah/retaining wall digunakan dalam berbagai situasi perencanaan dimana terjadi perbedaan besar dari kemiringan tanah.

Hasil Penelitian

Analisis Data

a. Berat dinding penahan tanah dan beton di atasnya

1) Bidang 1

$$\begin{aligned} \text{Diambil berat jenis beton} &= 25 \text{ KN/M}^3 \\ W_1 &= B \times H \times \gamma \\ &= 3 \times 1 \times 25 \\ &= 75 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

2) Bidang 2

$$\begin{aligned} \text{Diambil berat jenis beton} &= 25 \text{ KN/M}^3 \\ W_2 &= b \times h \times \gamma \\ &= 0.25 \times 6 \times 25 \\ &= 37.5 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

3) Bidang 3

$$\begin{aligned} W_3 &= \frac{1}{2} \times a \times t \times \gamma \\ &= \frac{1}{2} \times 0.24 \times 6 \times 25 \\ &= 18 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

4) Bidang 4

$$\begin{aligned} W_4 &= p \times l \times \gamma \\ &= 6 \times 0.75 \times 16.38 \\ &= 73.71 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

5) Bidang 5

$$\begin{aligned} W_5 &= \frac{1}{2} \times a \times t \times \gamma \\ &= \frac{1}{2} \times 0.24 \times 6 \times 16.38 \\ &= 11.794 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

Akibat beban merata

$$\begin{aligned} W_6 &= q \times l \\ &= 10 \text{ KN/M} \times (0.75+0.24) \\ &= 9.9 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas maka ditarik sebuah tabel hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan pembebanan Berat antara bidang 1 – 6

Bidang	Berat KN / M
1	75
2	37.5
3	18
4	73.71
5	11.794
6	9.9

(Ahmad jaelani, 2020)

b. Jarak beban terhadap ujung dinding penahan (dititik 0)

Jarak beban terhadap ujung dinding penahan tanah dapat dihitung berdasarkan jarak beban bangunan yang dipakai dalam perencanaan dinding penahan tanah *retaining wall* tersebut.

- 1) $X1 = 2.5 \text{ m}$
- 2) $X2 = 1.76 + 0.125 = 1.89 \text{ m}$
- 3) $X3 = (\frac{1}{3} \times 0.24) + 0.25 + 1.76 = 2.09 \text{ m}$
- 4) $X4 = 3 - (\frac{1}{2} \times 0.75) = 2.63 \text{ m}$
- 5) $X5 = (\frac{2}{3} \times 0.24) + 1.76 = 2.17 \text{ m}$
- 6) $X6 = (0.99 / 2) + 0.25 + 1.76 = 2.5 \text{ m}$

Dari perhitungan di atas maka ditarik sebuah table hasil perhitungan jarak beban sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil perhitungan jarak pembebanan antara bidang 1 – 6

Bidang	Jarak (m)
1	2.5
2	1.89
3	2.09
4	2.63
5	2.17
6	2.5

(Ahmad jaelani, 2020)

c. Momen terhadap ujung dinding penahan (titik 0)

Momen dinding penahan tanah dapat dihitung berdasarkan pembebanan berat dengan jarak beban yang dipakai dalam

e-ISSN ; 2722-564X
p-ISSN ; 2722-5631

perencanaan dinding penahan tanah sesuai antar bidang.

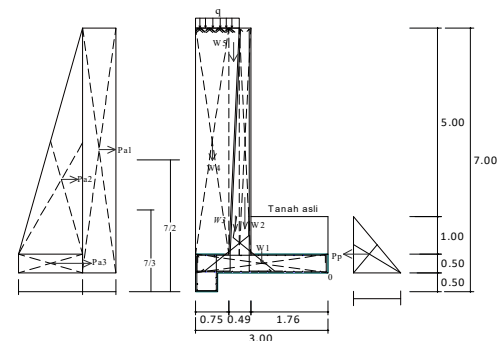
- 1) $M1 = W1 \times X1$
 $= 75 \times 2.5$
 $= 187.5 \text{ KN}$
- 2) $M2 = W2 \times X2$
 $= 37.5 \times 1.89$
 $= 70.875 \text{ KN}$
- 3) $M3 = W3 \times X3$
 $= 18 \times 2.09$
 $= 37.62 \text{ KN}$
- 4) $M4 = W4 \times X4$
 $= 73.71 \times 2.63$
 $= 193.857 \text{ KN}$
- 5) $M5 = W5 \times X5$
 $= 11.794 \times 2.17$
 $= 25.593 \text{ KN}$
- 6) $M6 = W6 \times X6$
 $= 9.9 \times 2.5$
 $= 24.75 \text{ KN}$

Dari perhitungan di atas maka dapat ditarik sebuah table hasil perhitungan jarak beban sebagai berikut :

Table 3. (hasil perhitungan Momen akibat gaya vertikal)

No	Berat W (KN/M)	Jarak (X)	Momen (KN/M)
1	75	2.5	188
2	37.5	1.89	70.875
3	18	2.09	37.62
4	73.71	2.63	193.857
5	11.794	2.17	25.593
6	9.9	2.5	24.75
Total	226.004		540.695

(Ahmad jaelani, 2020)



Gambar 1. Diagram tegangan aktif dan pasif *Retaining wall* tipe *Cantilever* (sumber : konsultan perencanaan, 2018)

d. Tekanan tanah aktif dan pasif

Tekanan tanah dihitung berdasarkan tekanan tanah lateral yang bekerja pada

dinding penahan. Perhitungan tekanan tanah tersebut menggunakan ketetapan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif.

1) Koefisien tekanan tanah aktif (K_a)

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - 0.475}{1 + 0.475} = 0.355$$

2) Koefisien tekanan tanah pasif (K_p)

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \frac{1 + 0.475}{1 - 0.475} = 2.81$$

3) Tekanan tanah aktif (ρ_a)

$$Pa_1 = K_a \times q \times H = 0.355 \times 10 \times 7 = 24.85 \text{ KN}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times H^2 = \frac{1}{2} \times 0.355 \times 16.38 \times 6^2 = 104.668 \text{ KN}$$

$$Pa_3 = K_a \times \gamma \times H \text{ total} = 0.355 \times 16.38 \times 7 = 40.704 \text{ KN}$$

$$\sum p = Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 = 24.85 + 104.668 + 40.704 = 170.222 \text{ KN}$$

4) Jarak satu lengan (aktif) terhadap titik 0

Jarak lengan terhadap tekanan tanah yang bekerja di dinding penahan dapat dihitung berdasarkan jarak tekanan tanah gaya horizontal.

$$L_1 = 1.5 \text{ m} \\ L_2 = 1.89 \text{ m} \\ L_3 = 2.135 \text{ m}$$

Momen P_a

$$M_1 = Pa_1 \times L_1 = 24.85 \times 1.5 = 37.275 \text{ KN.M}$$

$$M_2 = Pa_2 \times L_2 = 104.668 \times 1.89 = 197.823 \text{ KN.M}$$

$$M_3 = Pa_3 \times L_3 = 40.704 \times 2.135 = 86.903 \text{ KN.M}$$

$$M \text{ aktif Total} = M_1 + M_2 + M_3 = 37.275 + 197.823 + 86.903$$

$$= 316.001 \text{ KN.M}$$

e. Tekanan tanah pasif (ρ_p)

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma \times Y_p = \frac{1}{2} \times 2.81 \times 16.38 \times (1.5)^2 = 51.781 \text{ KN}$$

Jumlah gaya horizontal

$$\sum Ph = \sum Pa - \sum Pp = 170.222 - 51.781 = 118.441$$

Momen yang mengakibatkan penggulingan

$$\sum Mg = \sum Ma - \sum Mp = 316.001 - 51.781 = 264.22 \text{ KN}$$

Tabel 4. (Rekapitulasi perhitungan gaya horizontal akibat tekanan tanah aktif pada perhitungan momen)

No	Tekanan tanah aktif	Jarak (m)	Momen (KN.M)
1	24.85	1.5	37.275
2	104.668	1.89	197.823
3	40.704	2.135	86.903
$\Sigma p_a = 170.222$			$\Sigma Ma = 316.001$

(Ahmad jaelani, 2020)

Pembahasan

1. Menghitung stabilitas terhadap gaya penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding, dengan pusat rotasi terletak pada ujung kaki depan dinding penahan.

$$F_{gs} = \frac{\text{Total Mw}}{\text{total Mgl}} \geq 2.0 = \frac{540.695}{264.22} = 2.046 \geq 2.0$$

$$2.046 \geq 2.0 \dots\dots\dots(\text{ok}) \text{ Aman}$$

2. Menghitung stabilitas terhadap pergeseran

Tahanan geser pada dinding sepanjang $B = 3 \text{ m}$ dihitung dengan menganggap dasar dinding sangat kasar sehingga sudut geser $\phi = 28.40$

$$\sum Rh = (C_d \times B) + (W \tan \phi) = (7.20 \text{ KN/M} \times 3) + (540.695 \times \tan 28.40) = 21.6 + 292.516$$

$$= 314.116 \text{ KN/M}$$

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1.5$$

$$F_{gs} = \frac{314.116}{118.441} = 2.652 \geq 1.5$$

2.652 ≥ 1.5(OK) Aman

Karena faktor aman konstruksi dinding penahan tanah terhadap gaya geser dan gaya guling lebih dari 1,5 (≥ 1,5) maka dimensi konstruksi sudah aman dan tidak perlu diperbesar.

3. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah

Dalam hal ini akan digunakan persamaan Hansen pada perhitungan, dengan menganggap pondasi terletak di permukaan.

$$X_e = \frac{\sum M_w - \sum M_a}{\sum W}$$

$$= \frac{540.695 - 0.001}{226.004}$$

$$= 0.99 \text{ m}$$

a. Perhitungan eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - X_e$$

$$= \frac{3}{2} - 0.99$$

$$= 0.51 \text{ m} \geq \frac{B}{6} = \frac{3}{6} = 0.50 \text{ m}$$

b. Perhitungan lebar efektif (B')

$$(B') = B - 2e$$

$$= 3 - (2 \times 0.51) \text{ m}$$

$$= 1.98 \text{ m}$$

$$A' = B' \times 1$$

$$= 1.98 \times 1$$

$$= 1.98 \text{ m}^2$$

c. Gaya – gaya pada dinding

- 1) Gaya Horizontal = 316.001 KN/M
- 2) Gaya Vertikal = 226.004 KN/M

d. Faktor kemiringan beban

$$I_q = \left[1 - \left[\frac{0.5 \times \sum H}{\sum V + A' \times C \times \tan \phi} \right] \right]^5$$

$$= \left[1 - \left[\frac{0.5 \times 316.001}{226.004 + 1.98 \times 7.20 \times \tan 28.40} \right] \right]^5$$

$$= \left[1 - \left[\frac{158.000}{233.716} \right] \right]^5$$

$$= 0.004$$

Berdasarkan tabel faktor kapasitas daya dukung pondasi, maka untuk $\phi = 28.40^\circ$

$$N_c = 25,80$$

$$N_q = 14,72$$

$$N_y = 16,72$$

$$I_c = i_q - \left(\frac{1+0.004}{N_q-1} \right)$$

$$= 0.004 - \left(\frac{1+0.004}{14.72-1} \right)$$

$$= -0.069$$

$$I_y = \left[1 - \left[\frac{0.7 \times \sum H}{\sum V + i_c \times C \times \tan \phi} \right] \right]^5$$

$$= \left[1 - \left[\frac{0.7 \times 316.001}{226.004 + (-0.069 \times 7.20 \times \tan 28.40)} \right] \right]^5$$

$$= \left[1 - \left[\frac{221.201}{225.735} \right] \right]^5$$

$$= 3.27$$

Didapat :

$$q_u = i_q \times C \times N_c + i_c \times B' \times N_q + i_y \times 0.5 \times \gamma \times N_y$$

$$= (0.004 \times 7.20 \times 25.80) + (-0.069 \times 1.98 \times 14.72) + 3.20 \times 0.5 \times 16.38 \times 16.72$$

$$= 448.457 \text{ KN/M}^2$$

Bila dihitung berdasarkan lebar pondasi efektif, yaitu tekanan pondasi ke tanah dasar terbagi rata secara sama maka

$$q = \frac{(\sum V)}{B}$$

$$= \frac{226.004}{1.98}$$

$$= 114.143 \text{ KN/m}$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah :

$$F = \frac{q_u}{q}$$

$$= \frac{448.457}{114.143}$$

$$= 3.93 \geq 3$$

3.93 ≥ 3(OK) Aman

Atau dapat pula dihitung dengan kapasitas berdasarkan distribusi tekanan kontak antara tanah dasar dengan pondasi dianggap linier.

$$F = \frac{q_u \times B'}{\sum V}$$

$$= \frac{448.457 \times 1.98}{226.004}$$

$$= 3.93 \geq 3 \text{ (OK) Aman}$$

$$Q_a = \frac{q_u}{3}$$

$$= \frac{448.457}{3}$$

$$= 143.485 \text{ KN/M}^2$$

$$q_{toe} = R/B \times \left(\frac{1+6xe}{B} \right)$$

$$= \frac{226.004}{3} \times \left(\frac{1+6 \times 0.51}{3} \right)$$

$$= 89.649 \text{ KN}$$

$$q_{heel} = R/B \times \left(\frac{1-6xe}{B} \right)$$

$$= \frac{226.004}{3} \times \left(\frac{1-6 \times 0.51}{3} \right)$$

$$= 64.035 \text{ KN}$$

4. Perencanaan penulangan dinding penahan tanah

a. Desain tulangan untuk $\frac{1}{2}$ H bagian bawah

Tebal dinding (Bb) = 1.000 mm
 Selimut beton (Ts) = 75 mm
 Tebal efektif (d) = 1.000 - 75 - $\left(\frac{1}{2} \times 19\right)$
 = 915.5 mm = 0.9155 m
 Lebar tinjauan (b) = 3.000 mm = 3m
 Momen ultimit (Mu)
 $P1 = 1.7 \times Ka \times \gamma \times (h_1 + h_2)$
 = 1.7 x 0.355 x 16.38 x (5+1)
 = 59.311 KN
 $P2 = \frac{1}{2} \times 1.7 \times Ka \times \gamma \times (h_1 + h_2) \times (h_1 + h_2)$
 = $\frac{1}{2} \times 1.7 \times 0.355 \times 16.38 \times (5+1) \times (5+1)$
 = 177.936 KN
 $Mu = (P1 \times ((h_1 + h_2)/2) + (P2 \times (h_1 + h_2)/3))$
 = (59.311 x ((5 + 1)/2) + (177.936 x (5 + 1)/3))
 = 533.805 KN.M

Gunakan ρ = pendekatan $\frac{0.18 \cdot f_c}{f_y}$ =
 $\frac{0.18 \cdot (2.490)}{40.000} = 0.0112$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{533.805}{0.90 \times 3.000 \times 915.5^2}$$

$$= 2.359 \text{ KN/M}^2$$

$$P = \frac{0.85 \times f_c}{f_y} \times \left(3 - \sqrt{3} - \left(\frac{2 \cdot Rn}{0.85 \cdot f_c} \right) \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 24.9}{400} \times \left(3 - \sqrt{3} - \left(\frac{2 \times 2.359}{0.85 \times 24.9} \right) \right)$$

$$= 0.07056$$

As – perlu
 = $\rho \times b \times d$

$$= 0.07056 \times 3.000 \times 915.5$$

$$= 193.793 \text{ mm}^2$$

As – min
 = 0.0008 x b x Bb
 = 0.0008 x 3.000 x 1.000
 = 2.400 mm²

b. Desain tulangan untuk $\frac{1}{2}$ H bagian atas
 Tebal dinding (Bb) = (1.000 + 500)/2
 = 750 mm

Selimut beton (Ts) = 75 mm
 Tebal efektif (d) = 750 - 75 - $\left(\frac{1}{2} \times 19\right)$
 = 665.5 mm = 0.6655 m

Lebar tinjauan (b) = 3.000 mm = 3m

Momen ultimit (Mu)
 $P1 = 1.7 \times Ka \times \gamma \times (h_1 + h_2)/2$
 = 1.7 x 0.355 x 16.38 x (5+1)/2
 = 29.656 KN

$$P2 = \frac{1}{2} \times 1.7 \times Ka \times \gamma \times (h_1 + h_2) \times (h_1 + h_2)/2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.7 \times 0.355 \times 16.38 \times (5+1)/2 \times (5+1)/2$$

$$= 44.484 \text{ KN}$$

$$Mu = (P1 \times (H)/4) + (P2 \times (H)/6)$$

$$= (29.656 \times (6)/4) + (44.484 \times (6)/6)$$

$$= 44.484 + 44.484$$

$$= 88.968 \text{ KN.M}$$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{88.968}{0.90 \times 3 \times 0.6655^2}$$

$$= 0.1023 \text{ KN/M}^2$$

$$\rho = \frac{0.85 \times f_c}{f_y} \times \left(3 - \sqrt{3} - \left(\frac{2 \cdot Rn}{0.85 \cdot f_c} \right) \right)$$

$$= \frac{0.85 \times 24.9}{400} \times \left(3 - \sqrt{3} - \left(\frac{2 \times 0.1023}{0.85 \times 24.9} \right) \right)$$

$$= 0.06724$$

As – perlu
 = $\rho \times b \times d$
 = 0.06724 x 3.000 x 665.5
 = 134.165 mm²

As – min
 = 0.0015 x b x Bb
 = 0.0015 x 3.000 x 750

$$= 3.375 \text{ mm}^2$$

c. Desain tulangan susut (tulangan Horizontal)

As – min

$$\begin{aligned} &= 0.0020 \times b \times Bb \\ &= 0.0020 \times 3.000 \times 1.000 \\ &= 6.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As} &= 0.5 \times \text{As} - \text{min} \\ &= 0.5 \times 6.000 \\ &= 3.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

d. Desain terhadap geser

Tinjauan geser adalah sejarak $d = 915.5$ mm $d_g = 6 - 0.9155 = 5.0845$ m

Dari tepi atas dinding.

$$\begin{aligned} P1 &= 1.7 \times K_a \times \gamma \times d_g \\ &= 1.7 \times 0.355 \times 16.38 \times 5.0845 \\ &= 50.262 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= \frac{1}{2} \times 1.7 \times K_a \times \gamma \times d_g \times d_g \\ &= \frac{1}{2} \times 1.7 \times 0.355 \times 16.38 \times (5.0845) \times \\ &\quad (5.0845) \\ &= 127.778 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= P1 + P2 \\ &= 50.262 + 127.778 \\ &= 178.04 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= (\phi \times (0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times \\ &\quad d) / 3.000) \\ &= (0.75 \times (0.17 \times 1 \times \sqrt{24.9} \times 3.000 \times \\ &\quad 915.5) / 3.000) \\ &= 582.462 > 178.04 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Desain tulangan Heel

Tekanan tanah ke atas secara konservatif diabaikan, dan faktor beban sebesar 1,2 digunakan untuk menghitung geser dan momen karena tanah dan beton menjadi beban.

$$\begin{aligned} V_u &= 1.2 [(b (h_1 + h_2) \times \gamma) + \\ &\quad (b \times h_3 \times \gamma) + (1.6 (b \times q))] \\ &= 1.2 [(3 (5 + 1) \times 25) + (3 \times 1 \times 25) + \\ &\quad (1.6 (3 \times 10))] \\ &= 540 + 75 + 48 \\ &= 663 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi (0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d) \\ &= 0.75 (0.17 \times 1 \times \sqrt{24.9} \times 3.000 \times 915.5) \\ &\quad / 3000 \\ &= 582.462 > V_u \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times \left(\frac{b}{2}\right) \\ &= 663 \times \left(\frac{3}{2}\right) \end{aligned}$$

$$= 994.5 \text{ KN} \cdot \text{M}$$

Kebutuhan tulangan

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{994.5}{0.90 \times 3 \times 0.9155^2} \\ &= 0.439 \text{ KN/M}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= ((0.85 \times f_c) / f_y) \times (3 - \sqrt{3 - \\ &\quad ((2 \times R_n) / (0.85 \times f_c))}) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 24.9}{400}\right) \times \left(3 - \sqrt{3 - \left(\frac{2 \times 0.439}{0.85 \times 24.9}\right)}\right) \\ &= 0.06489 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As} - \text{perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.06489 \times 3.000 \times 915.5 \\ &= 178.220 \text{ MM}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As-min} &= \frac{1.4}{f_y \times b \times d} \\ &= \frac{1.4}{400 \times 3.000 \times 915.5} \\ &= 1274.35 \text{ MM}^2 \end{aligned}$$

f. Desain tulangan Toe

Untuk beban layan, tekanan tanah yang telah ditentukan sebelumnya dikalikan dengan faktor beban sebesar 1.7 karena tekanan tanah ini terutama disebabkan oleh gaya lateral.

$$\begin{aligned} V_u &= 1.7 \left[(b_1 - d) \times \left(\frac{q_{\text{toe}} + q_{\text{heel}}}{2}\right) + \right. \\ &\quad \left. 1.2 [(h_3 \times (b_1 - d) / 25)] \right] \\ &= 1.7 \left[(1.75 - 915.5) \times \left(\frac{89.649 + 64.035}{2}\right) + \right. \\ &\quad \left. 1.2 [(1 \times (1.75 \times (915.5) 25)] \right] \\ &= 1.7 [(0.8345) \times (76.842) + 25.035] \\ &= 134.047 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_u &= \phi (0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times d) / b \\ &= 0.75 (0.17 \times 1 \times \sqrt{24.9} \times 3.000 \times \\ &\quad 915.5) / 3.000 \\ &= 582.462 > 134.047 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times \left(\frac{b_2}{2}\right) \\ &= 134.047 \times \left(\frac{3}{2}\right) \\ &= 201.071 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulang

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{201.071}{0.90 \times 3.000 \times 0.9155^2} \\ &= 0.0889 \text{ KN/M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \left(\frac{0.85 \times f_c}{f_y}\right) \times (3 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n}{0.85 \times f_c}\right)}) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 24.9}{400}\right) \times (3 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 0.0889}{0.85 \times 24.9}\right)}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0.06664 \\
\text{As - perlu} \\
&= \rho \times b \times d \\
&= 0.06664 \times 3.000 \times 915.5 \\
&= 183.027 \text{ MM}^2 \\
\text{As - min} \\
&= 1.4 / (f'_{y} \times b \times d) \\
&= \frac{1.4}{400 \times 3.000 \times 915.5} \\
&= 1274.34 \text{ MM}^2
\end{aligned}$$

5. Analisis dinding penahan tanah dengan menambahkan panjang 3.50 M pada tapak (heel dan toe)

a. Parameter Tanah :

$$\begin{aligned}
\gamma &= 16.38 \text{ KN/M}^3 \\
\phi &= 28.40^\circ \\
C &= 7.20
\end{aligned}$$

b. Parameter dinding penahan tanah

Tinggi dari permukaan tanah (h1) = 5.00 m

Tinggi tanah didepan dinding (h2) = 1.00 m

Tebal telapak (h3) = 1.00 m

Tinggi total (H) = 7.00 m

Lebar toe (b1) = 2.50 m

Lebar heel (b2) = 1.00 m

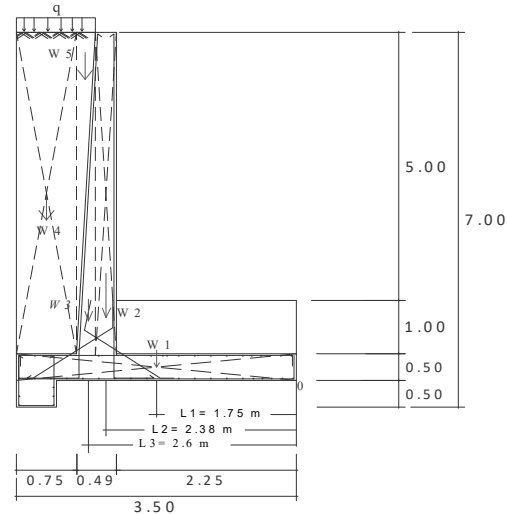
Tebal dinding atas (ba) = 0.25 m

Tebal dinding bawah (bb) = 0.50 m

(sumber : laboratorium teknik sipil universitas lampung. 2018)

c. Berat jenis struktur : Beton bertulang

$$\begin{aligned}
\gamma_c &= 25 \text{ KN/M}^3 \\
f'_{c} &= 24.9 \text{ MPa} \\
&= 2.490 \text{ Ton/ M}^2 \\
f'_{y} &= 400 \text{ MPa} \\
&= 40.000 \text{ Ton/ M}^2 \\
q &= 10 \text{ KN/M}^3 \text{ (beban merata tambahan} \\
&\quad \text{/ lalu lintas)}
\end{aligned}$$



Gambar 2. Beban vertikal yang bekerja pada retaining wall tipe Cantilever dengan panjang tapak 3.5 m Underpass Unila Bandar Lampung (sumber : konsultan Perencana, 2018)

Tabel 5. Rekapitulasi perbandingan parameter Gaya dan daya dukung tanah antara 2 dimensi tapak retaining wall dengan panjang 3 m dan 3.5 m

No	Dimensi panjang tapak 3 M	Dimensi panjang tapak 3.5 M
1	Gaya guling = 2.046 ≥ 2.0	Gaya guling = 2.365 ≥ 2.0
2	Gaya geser = 2.652 ≥ 1.5	Gaya geser = 3.123 ≥ 1.5
	Nilai eksentrisitas e < B/6	Nilai eksentrisitas e < B/6 0.45 < 0.58
3	0.51 < 0.51	
	Kuat daya dukung tanah 3.93 ≥ 3	Kuat daya dukung tanah 7.57 ≥ 3

(Ahmad jaelani, 2020)

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh uraian yang disajikan dalam penelitian “Analisis Dinding Penahan Tanah / retaining wall underpass Unila Bandar Lampung ini beserta perhitungan dapat diambil kesimpulan :

1. Dari perhitungan analisa, Stabilitas terhadap penggulingan (FS guling 2.046 > 2.0 aman, stabilitas terhadap pergeseran 2.652 > 1.5 aman dan untuk nilai eksentrisitas e < B/6 0,51 < 0,50 untuk keruntuhan daya dukung tanah 3,93 > 3.0 aman.

Pada perhitungan kestabilan geser dapat terpenuhi dengan cara memberikan pengunci pada dasar slab

sehingga dapat memperbesar nilai tekanan pasif.

Stabilitas Geser (FS) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan pada lebar alas (L) sebesar 3 meter. Kecenderungan nilai FS semakin bertambah seiring bertambahnya pula lebar alas dinding penahan tanah/*retaining wall underpass* tersebut.

Kondisi tanah sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya kapasitas daya dukung yang dapat dipikul oleh dinding penahan tanah/*retaining wall*.

2. Hasil analisis dinding penahan tanah *underpass* Unila Bandar Lampung didapat Desain ukuran diameter tinggi dinding dan tebal dinding disesuaikan dengan diameter yang terpasang di lapangan namun untuk tapak *Heel* dan *Toe* diperpanjang sebesar 3.50 M, diperoleh nilai kestabilan terhadap gaya guling sebesar $2.365 \geq 2.0$ Aman dan nilai kestabilan terhadap gaya geser sebesar $3.123 \geq 1.5$ aman $e < B/6$ $0,45 < 0,58$ untuk keruntuhan daya dukung tanah $7.570 \geq 3.0$ Aman..

DAFTAR PUSTAKA

- Amran Yusuf, dan Kurniawan Dona. 2017. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Metode *Revetment Retaining Wall*, Kota Metro. Universitas Muhammadiyah Metro. Jurnal Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi).
- Braja M. Das, 1983, Principle Of Foundation Engineering SI, Seventh Edition, United States of America.
- Das Braja. M. 1993, Mekanika Tanah, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das Braja. M. 1995, Mekanika Tanah, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hakim Abdul. 2011. Studi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Ruas Jalan Silaing, Padang.
- Hardiyatmo Christady Hary,. 2002. Mekanika tanah 1, Edisi ketiga, Gajah Mada University press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo Christady Hary, 2012. Mekanika tanah 2, Edisi keenam, Gajah Mada University press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo Christady Hary,. 2014. Analisis dan Perencanaan Fondasi II Edisi ketiga, Yogyakarta , Gajah Mada University press.
- Ir. Gideon H. Kusuma, 1993, Dasar-dasar perencanaan Beton Bertulang, seri 1, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Jaelani Ahmad,. 2018, Ilustrasi Underpass.<http://www.wikipedia.org.com>. jai.mecetet18@gmail.com. 19 Mei 2020.
- Jack C. McCormac, 2006, Desain Beton Bertulang Edisi kelima, Jilid 2, penerbit Erlangga, Jakarta.
- Joseph E. Bowles, 1983, Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi keempat, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Joseph E. Bowles, 1988, Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi keempat, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Joseph E. Bowles, 1991, Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi keempat, Jilid 3, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Priyanti Roofi Mila dkk 2017. Perencanaan Underpass Zaenal Abidin – soekarno Hatta, Bandar Lampung. Jurnal Karya Teknik Sipil, Sinaga M.T. Parale 2019. Analisis Perhitungan Dinding Penahan Tanah Pada Proyek Pembangunan Parkiran Masjid Agung Medan.
- USCS, 2013. Unified Soil Classification System. Klasifikasi tanah Metode USCS
- Universitas Muhammadiyah Metro. 2020. Pedoman Penuilisan Karya Ilmiah (PPKI)