

Perencanaan Dinding Penahan Sebagai Alternatif Pencegah Bahaya Longsor Pada Konstruksi Pangkal Jembatan

Hatwan Fardilla¹⁾
Idharmahadi Adha²⁾
Nur Arifaini³⁾

Abstract

Bridge is a civil infrastructure riving on the river flow and the topography is uneven. The difference in elevation from the land through which this river forms a slope. Disasters that often occur on uneven or steep ground surfaces are landslides. Slope conditions with steep slopes and large loads can cause landslides. Therefore required a retaining wall to maintain the stability of the slope so as not to decrease so that the bridge remains safe from the danger of landslides. This research aims to design the retaining wall in the protection of the base at the bridge from the danger of landslides. In this research location of retaining wall in accordance with the image data. Then performed geotechnical analysis with planned wall dimensions. With soil data and load data can be obtained soil pressure occurs. From the geotechnical analysis obtained the value of stability of the retaining wall in the form of security value to bolsters, shear and soil bearing capacity until the dimensions used are safe.then calculated the structure of the retaining wall and obtained a plan drawing of retaining wall. The dimensions of the proposed retaining wall are 0.3 m for the width of the foot, the leg length is 2.4 m, the foot thickness of 0.5 m and the height of 5 m. Based on wall stability analysis performed concluded the wall is safe from the danger of bolsters, shear and safe in the calculation of soil bearing capacity so that the wall can become one of the alternative efforts to prevent landslide hazards.

Keywords : bridge, retaining wall, landslide.

Abstrak

Jembatan adalah prasarana sipil yang membentang di atas aliran sungai dan secara topografi tidak rata. Perbedaan elevasi dari daratan yang dilewati sungai ini membentuk suatu lereng. Bencana yang sering terjadi pada permukaan tanah yang tidak rata atau curam adalah longsor. Kondisi lereng dengan kemiringan yang curam dan menahan beban yang besar dapat mengakibatkan longsor. Oleh karena itu diperlukan dinding penahan untuk menjaga kestabilan lereng agar tidak terjadi penurunan sehingga jembatan tetap aman dari bahaya longsor. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dinding penahan dalam perlindungan pangkal jembatan dari bahaya longsor. Dalam penelitian ini letak dinding penahan sesuai dengan data gambar rencana. Kemudian dilakukan analisis geoteknik dengan dimensi dinding yang direncanakan, dari data tanah dan data beban dapat diperoleh tekanan tanah yang terjadi. Melalui analisis geoteknik didapatkan nilai stabilitas dinding penahan tanah berupa nilai keamanan terhadap guling, geser dan daya dukung tanah hingga dimensi yang dipakai aman. Selanjutnya dilakukan perhitungan struktur penulangan dinding penahan tanah dan diperoleh gambar rencana dari dinding penahan tanah. Dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan adalah sebesar 0,3 m untuk lebar mercu, panjang kaki 2,4 m, tebal kaki 0,5 m dengan tinggi dinding 5 m. Berdasarkan analisis stabilitas dinding yang dilakukan, disimpulkan dinding aman dari bahaya guling, geser, serta aman dalam perhitungan daya dukung tanah sehingga dinding mampu menjadi salah satu alternatif upaya pencegahan bahaya longsor.

Kata kunci : Jembatan, Dinding Penahan Tanah, Longsor

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: hatwanfardilla@yahoo.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. Surel: idharmahadiadha@yahoo.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel: nurarifaini_civil@yahoo.co.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sarana dan prasarana transportasi yang semakin meningkat serta semakin sedikitnya lahan memaksa pemilihan lokasi konstruksi dengan kondisi tanah yang kurang baik dan topografi yang cenderung beragam tetap harus dilakukan. Jembatan adalah contoh prasarana sipil yang membentang di atas aliran sungai yang secara topografi tidak rata. Bencana yang sering terjadi di permukaan tanah yang curam adalah longsor. Kondisi lereng dengan kemiringan yang curam dan dengan beban yang besar dapat mengakibatkan longsor terlebih lagi jika memasuki musim penghujan, resiko longsor semakin besar akibat peningkatan tekanan air pori pada lapisan tanahnya. Pada penelitian ini membangun dinding penahan tanah sebagai alternatif mencegah bahaya longsor pada lereng di pangkal jembatan.

Tujuan dari penelitian ini untuk merencanakan suatu desain dinding penahan tanah beton kantilever yang tepat dan aman terhadap bahaya guling, geser dan daya dukung tanah di daerah tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya.

$$Pa = \frac{\gamma H^2}{2} Ka \quad (1)$$

$$Ka = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2} \quad (2)$$

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya.

$$Pp = \frac{\gamma H^2}{2} Ka \quad (3)$$

$$Kp = \frac{\sin^2(\alpha - \varphi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2} \quad (4)$$

Dinding penahan tanah adalah struktur bangunan untuk menjaga kestabilan tanah pada tanah yang miring atau lereng yang rawan longsor atau kestabilan tanahnya tidak dapat terjamin.

Jenis – jenis dinding penahan tanah :

1. Dinding penahan tanah kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai. Masing-masing berperan sebagai balok atau pelat kantilever. Stabilitas konstruksi diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (*hell*).

2. Dinding gravitasi (*gravity wall*) umumnya terbuat dari beton polos atau dari batu belah. Kekuatan dinding gravitasi sepenuhnya tergantung dari berat sendiri dinding ini. Pada umumnya dinding gravitasi berbentuk trapesium.
3. Dinding kantilever dengan rusuk adalah dinding penahan untuk tinggi timbunan tanah diatas 6 meter. Yang mengakibatkan momen yang cukup besar pada bagian dasar dari dinding vertikal sehingga desain menjadi tidak ekonomis. Salah satu solusi untuk mengatasinya adalah dengan menambahkan rusuk pada bagian belakang dinding vertikal yang berfungsi mengikat bagian dinding vertikal dengan bagian telapak dari dinding.

Besaran tekanan lateral menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan tanah. Tekanan tanah lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara lain kestabilan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung.

Menurut Hardiyatmo (2002), stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah. Penyebab utama bahaya guling ini adalah akibat terjadinya momen, momen ini cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Gaya yang menahan guling adalah momen gaya yang ditimbulkan karena adanya berat sendiri dinding penahan serta momen akibat berat tanah yang ada di atas pelat pondasi.

Menurut Hardiyatmo (2002), stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang menahan geser adalah gesekan antara tanah dengan dasar pondasi serta tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah akibat tanah timbunan.

Menurut Hardiyatmo (2002), persamaan kapasitas daya dukung untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah antara lain adalah menggunakan kapasitas dukung Terzaghi, Meyerhof, dan Hansen. Menurut Hardiyatmo (2002), persamaan Terzaghi hanya berlaku untuk pondasi yang dibebani secara vertikal dan sentris.

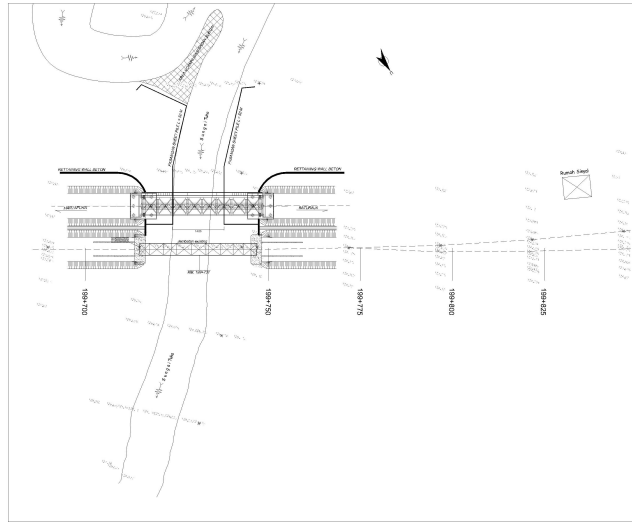
Penulangan lentur pelat dapat dilakukan apabila sudah ditetapkan tebal pelat (h), mutu beton (f'_c), mutu baja (f_y) dan momen rencana (M_R). Prosedur hitungan dapat disusun seperti langkah-langkah berikut :

1. Menentukan tinggi efektif (d) dari tebal pelat yang sudah ditentukan.
2. Menentukan lebar tinjauan pelat (b), biasanya ditinjau tiap satu meter lebar.
3. Menghitung harga M_u/bd^2 dalam satuan kN/m^2 , dimana harga $M_u = M_R/\phi$
4. membaca rasio tulangan (ρ) berdasarkan mutu beton (f'_c), mutu baja (f_y) dan harga M_u/bd^2 .
5. Periksa apakah $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$.
6. Pilih tulangan dan jarak antar tulangan berdasarkan persyaratan jarak antar tulangan dan tulangan beton.

Gambar tulangan harus jelas dan tidak meragukan. Pada denah umumnya batang-batang tulangan digambar dari atas kebawah. Bila gambar “dibaca” dari atas ke bawah maka yang pertama ditemukan adalah tulangan atas dan dibawahnya adalah tulangan bawah.

3. METODE PENELITIAN

A. Wilayah Penelitian



Gambar 1. Wilayah Penelitian (Sumber: Wanizar.2016)

B. Data yang Digunakan

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini hanya menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi terkait penelitian ini. Adapaun data sekunder yang digunakan ialah sebagai berikut :

1. Data properties tanah
2. Data beban
3. Data *shop drawing*

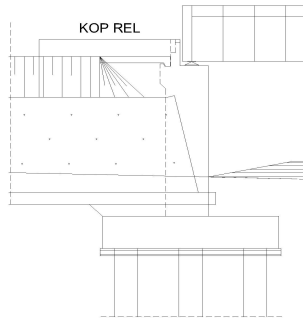
C. Analisis Data

1. Melakukan perencanaan dimensi dinding penahan tanah.
2. Melakukan perhitungan kestabilan dinding penahan tanah.
3. Menghitung *safety factor* terhadap guling, geser dan daya dukung.
4. Perhitungan struktur penulangan dinding penahan tanah.
5. Menggambar hasil penulangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

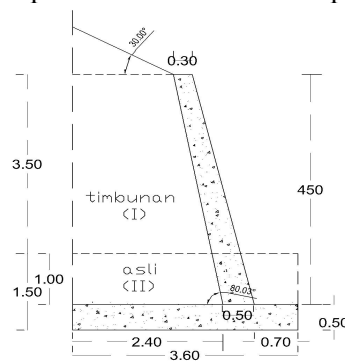
A. Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan direncanakan dengan tujuan menahan tanah asli dan tanah timbunan di daerah tebing sungai dari bahaya longsor, tanah timbunan disini berfungsi untuk mencapai elavasi rencana dari pembuatan jembatan rel kereta api. Konstruksi ini direncanakan berada tepat di pangkal jembatan seperti gambar berikut.



Gambar 2. Rencana Letak Dinding Penahan Tanah Kantilever

Dimensi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah seperti pada gambar berikut :



Gambar 3. Dimensi Dinding Penahan Tanah

B. Perhitungan Stabilitas dengan Analisis Geoteknik

Perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah sebagai tekanan tanah aktif dan beban gandar kereta api sebagai beban garis. Perhitungan stabilitas tersebut berupa pengecekan terhadap stabilitas guling, geser, dan daya dukung.

Data yang digunakan berupa :

Data tanah lapisan I :

1. Berat butiran tanah (γ_1) = 18 kN/m³
2. Kohesi (c_1) = 0 kg/cm²
3. Sudut geser dalam (ϕ_1) = 30°

Data tanah lapisan II :

1. Berat butiran tanah (γ_2) = 16,1124 kN/m³
2. Kohesi (c_2) = 0,136 kg/cm²
3. Sudut geser dalam (ϕ_2) = 30°

Tekanan tanah aktif pada perhitungan ini dibagi menjadi 2, yaitu tekanan tanah aktif dengan lapisan tanah urugan (Pa1) dan tekanan tanah aktif dengan lapisan tanah asli (Pa2). Dalam perhitungan tekanan tanah lateral ini menggunakan metode coulomb.



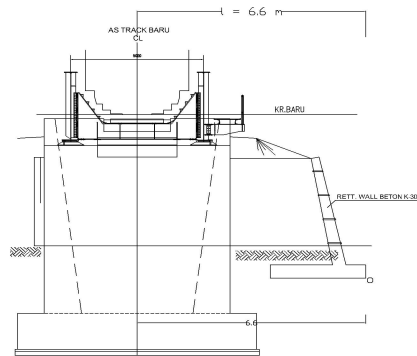
$$= 0,8162$$

$$= 0,8162$$



Pa1a	= ½. Ka1. γ_w . H ²
	= 89,99 kN
Pa1b	= Ka1. γ_w . H
	= 14,69 kN
Pa2	= ½. Ka2. γ_w . H ²
	= 6,58 kN

Tekanan akibat beban gandar



Gambar 6. Jarak titik Pusat Gandar ke Titik Acuan Dinding

$$\begin{aligned}
 PQ &= Q \cdot \sqrt{Ka1} \\
 &= 199,21 \text{ kN} \\
 \text{Gaya arah horizontal :} \\
 Pa1aH &= Pa1 \cos 10^\circ \\
 &= 88,62 \text{ kN} \\
 Pa1bH &= Pa1 \cos 10^\circ \\
 &= 14,47 \text{ kN} \\
 Pa2H &= Pa2 \cos 10^\circ \\
 &= 6,48 \text{ kN} \\
 PQH &= PQ \cos 10^\circ \\
 &= 196,18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Perhitungan Momen Akibat Pa dan PQ Horizontal.

Notasi	Berat (kN)	Jarak ke Titik O (m)	Momen (kN.m)
Pa1H	89,9	2,53	227,66
Pa1bH	14,47	1	14,47
Pa2H	6,58	0,83	5,46
PQh	199,21	0,5	99,6
Σ	310,24		347,19

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya arah vertikal :} \\
 Pa1V &= Pa1 \sin 10^\circ \\
 &= 15,63 \text{ kN} \\
 Pa2V &= Pa1 \sin 10^\circ \\
 &= 1,14 \text{ kN} \\
 PQV &= PQ \sin 10^\circ \\
 &= 34,59 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Perhitungan Momen Akibat Pa dan PQ Vertikal.

Notasi	Berat (kN)	Jarak ke Titik O (m)	Momen (kN.m)
Pa1H	89,9	2,53	227,66
Pa1bH	14,47	1	14,47
Pa2H	6,58	0,83	5,46
PQh	199,21	0,5	99,6
Σ	310,24		347,19

Tekanan tanah pasif :

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \varphi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}}\right)^2}$$

$$= 6,48$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

$$= 52,18 \text{ kN}$$

$$M_p = 43,31 \text{ kNm}$$

Jumlah gaya :

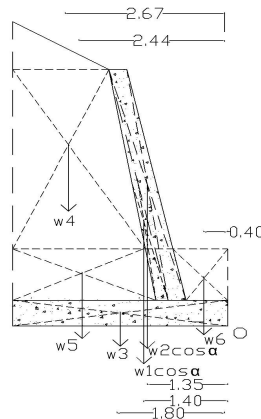
$$\Sigma P = Pa1aH + Pa1bH + Pa2H + PQH - P_p$$

$$= 258,06 \text{ kN}$$

$$\Sigma MP = 332,73 - 43,31$$

$$= 289,415 \text{ kNm}$$

Akibat berat sendiri struktur



Gambar 7. Akibat Berat Sendiri Struktur dan Berat Tanah

$$W1 = 0,5.4,52.(0,5-0,3).24$$

$$= 10,84 \text{ kN}$$

$$W1 \cos \alpha = 10,84 \cos 10^\circ$$

$$= 10,68 \text{ kN}$$

$$W2 = 0,3.4,56.24$$

$$= 32,81 \text{ kN}$$

$$W3 = 3,6.0,5.24$$

$$= 43,2 \text{ kN}$$

$$W4 = (1,61+2,23).3,5.0,5.18$$

$$\begin{aligned}
 &= 120,81 \text{ kN} \\
 W5 &= 1.(2,23+2,4).0,5.16,1124 \\
 &= 37,2 \text{ kN} \\
 W6 &= 1.(0,92+0,7).0,5.16,1124 \\
 &= 13,09 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Perhitungan Momen Akibat Pa dan PQ Vertikal.

Notasi	Berat (kN)	Jarak ke Titik O (m)	Momen (kN.m)
W1 cos α	10,68	1,4	14,95
W2 cos α	32,31	1,35	43,62
W3	43,2	1,8	77,76
W4	120,81	2,67	322,56
W5	37,2	2,44	90,77
W6	13,09	0,4	5,24
Σ	257,29		554,9

C. Perhitungan Keamanan Dinding Penahan Tanah

Analisa keamanan terhadap bahaya guling :

$$\begin{aligned}
 Fgl &= \frac{\Sigma W}{\Sigma PH - Mp} \\
 &= \frac{554,9}{347,19 - 43,31} \\
 &= 1,83 > 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

Analisa keamanan terhadap bahaya geser :

$$\begin{aligned}
 Fgs &= \frac{\Sigma V. \tan \theta + B.C + Pp}{\Sigma Ph} \\
 &= \frac{52,18. \tan 30 + 3,6.0,4.13,337 + 52,18}{310,24} \\
 &= 5,197 > 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

Analisa terhadap daya dukung izin tanah :

$$\begin{aligned}
 Xe &= \frac{\Sigma Mw - \Sigma MH}{\Sigma Ph} \\
 &= \frac{554,9 - 289,42}{257,29} \\
 &= 1,03 \\
 e &= B/2 - Xe \\
 &= 3,6/2 - 1,03 \\
 &= 0,77 \\
 B' &= B - 2e \\
 &= 3,6 - 2.0,77 \\
 &= 2,06 \\
 B' &= A' \\
 Iq &= \left(1 - \left(\frac{0,5 \times \Sigma H}{\Sigma W + A \times Cd \times X \tan \theta} \right) \right)^5
 \end{aligned}$$

$$= \left(1 - \left(\frac{0,5 \times 243,59}{257,29 + 2,06 \times 13,337 \times \tan 30}\right)\right)^5$$

$$= 0,052$$

Dari table terzaghi $\phi = 30$ didapat :

$$N_c = 37,2$$

$$N_q = 22,5$$

$$N_y = 19,7$$

$$I_c = I_q \left(\frac{1 - I_q}{N_q - 1}\right)$$

$$= 0,0023$$

$$I_y = \left(1 - \left(\frac{0,7 \times \Sigma PH}{\Sigma W + A \times Cd \times \cotan \theta}\right)\right)^5$$

$$= \left(1 - \left(\frac{0,7 \times 243,59}{257,29 + 2,06 \times 13,337 \times \cotan 30}\right)\right)^5$$

$$= 0,043$$

$$q_u = c \cdot N_c + \gamma \cdot N_q \cdot D_f + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y$$

$$= 13,337 \cdot 37,2 + 16,1124 \cdot 22,5 \cdot 1,5 + 0,5 \cdot 16,1124 \cdot 3,6 \cdot 19,7$$

$$= 1611,28$$

$$q' = \Sigma V / B$$

$$= 554,9 / 2,06$$

$$= 268,89$$

$$SF = q_u / q'$$

$$= 1611,28 / 268,89$$

$$= 5,99 > 3 \text{ (aman)}$$

D. Perhitungan Struktur Penulangan Dinding Penahan Tanah

Perencanaan penulangan dinding penahan kantilever ini mengikuti kaidah SNI 2013 dan beban mati 1,2 dengan ketentuan sebagai berikut :

Kuat beton rencana (f_c) = 25 Mpa

Kuat tarik baja (f_y) = 420 Mpa

Tabel 4. Perhitungan dengan Faktor Beban Mati 1,2.

Notasi	Berat (kN)	Jarak ke Titik O (m)	Momen (kN.m)
W1 $\cos \alpha$	12,82	1,4	17,94
W2 $\cos \alpha$	38,78	1,35	52,35
W3	51,84	1,8	93,31
W4	144,97	2,67	387,07
W5	44,64	2,44	108,92
W6	15,71	0,4	6,28
Pa1V	18,75	1,56	29,25
Pa2V	1,37	1,26	1,72
PQV	41,51	6,6	273,97
Pa1H	106,34	2,53	269,05
Pa2H	7,77	0,83	6,45
PQH	235,42	0,5	117,71
Σ	719,92		1364,03

- Perhitungan kebutuhan tulangan utama dinding vertikal

Menurut Tabel 9.5.(b) SNI 2843 : 2013, tebal pelat yang disyaratkan minimum = $L_n/33 = 4,5 \text{ m} / 33 = 0,1264 \text{ m}$. Digunakan selimut beton 50 mm dan diameter tulangan 22 mm.

Diambil tebal pelat (t) = 0,3 m ($>0,1364 \text{ m}$).

$$\begin{aligned} M_u &= 269,05.1/3.4,5 \\ &= 403,57 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 5,04 \times 10^8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= t - \text{selimut beton} = 0,5.22 \\ &= 239 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / b d^2 \\ &= 8,83 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = 19,76$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right) \\ &= 0,0298 \end{aligned}$$

Didapat ratio penulangan (ρ) lebih dari ρ minimum, maka dalam perhitungan dipakai ρ .

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 7124,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{7124,11}{0,25 \cdot \pi \cdot 22^2} = 18,74 \text{ buah atau } 19 \text{ buah tulangan D22 atau D22-50 mm.}$$

- Hitungan kebutuhan tulangan geser dinding vertikal

Digunakan diameter tulangan 13mm.

$$A_v = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} d &= t - \text{selimut beton} = 0,5.13 \\ &= 243,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_u = 1,37 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) b.d \\ &= 202,917 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi V_c = 0,75.202,917 \\ &= 152,19 \text{ kN} > V_u \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Karena $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka dinding vertikal memakai tulangan geser minimum.

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{3 \times A_v \times F_y}{b_w} \\ &= 557,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, tulangan geser yang digunakan adalah D13-250 mm.

- Perhitungan tulangan bagi pada dinding vertikal

Digunakan diameter tulangan 13 mm.

$$\begin{aligned} A_{sb} &= 20\% \cdot A_{\text{min}} \\ &= 1424,82 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan :

$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot \theta^2}{Asb} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 4500}{1424,82} = 419,21 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan D13 -250 mm.

- Perhitungan tulangan utama pada pelat kaki

Diambil tebal pelat (t) = 500 mm.

Digunakan selubut beton 75 mm dan diameter tulangan 19 mm.

$$Mu = 1,726 \text{ kNm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$Mn = Mu / \phi$$

$$= 2,158 \times 10^6 \text{ Mpa}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$d = t - \text{selimut beton} = 0,5 \cdot 19$$

$$= 415,5 \text{ mm}$$

$$Rn = Mn / bd^2$$

$$= 0,0125 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = 19,765$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} = 0,0033$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right)$$
$$= 0,00003$$

Karena ratio penulangan (ρ) kurang dari ρ minimum, maka dalam perhitungan, dipakai ρ minimum.

$$As = \rho_{min} \times b \times d$$

$$= 1385 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{1385}{0,25 \cdot \pi \cdot 19^2} = 4,89 \text{ buah atau } 5 \text{ buah tulangan D19 atau D19-200 mm.}$$

- Perhitungan kebutuhan tulangan geser pelat kaki

Digunakan diameter tulangan 13 mm.

$$Av = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$d = t - \text{selimut beton} = 0,5 \cdot 13$$

$$= 418,5 \text{ mm}$$

$$Vu = 1,37 \text{ kN}$$

$$Vc = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) b \cdot d$$

$$= 348,75 \text{ kN}$$

$$\phi Vn = \phi Vc = 0,75 \cdot 348,75$$

$$= 261,563 \text{ kN} > Vu \text{ ... OK}$$

Karena $\phi Vn = \phi Vc > Vu$, maka dinding vertikal memakai tulangan geser minimum.

$$S_{maks} = \frac{3 \times Av \times Fy}{bw}$$

$$= 334,49 \text{ mm}$$

Maka, tulangan geser yang digunakan adalah D13-250 mm.

- Perhitungan tulangan bagi pelat kaki

$$Asb = 20\% \cdot As_{min}$$

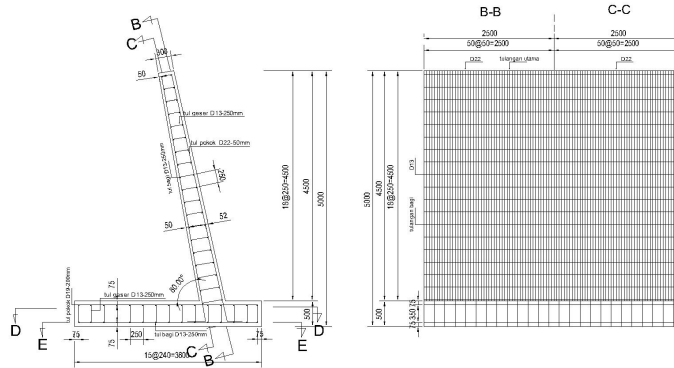
$$= 277$$

Jarak antar tulangan :

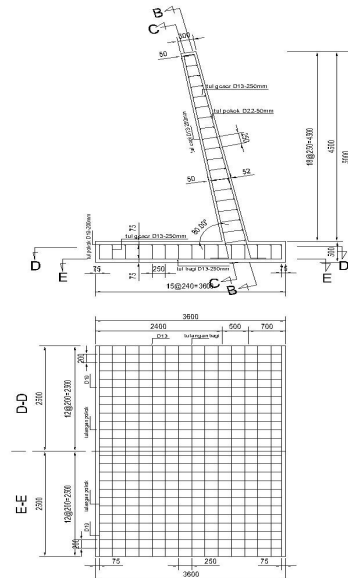
$$s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot \theta^2}{Asb} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 3600}{227} = 1725,05 \text{ mm}$$

maka dipakai tulangan D13 -250 mm.

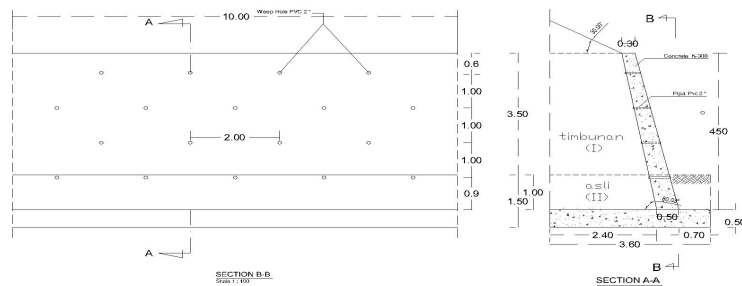
E. Gambar Penulangan Rencana Dinding Penahan Tanah



Gambar 8. Gambar Rencana Tulangan Bagian Dinding



Gambar 9. Gambar Rencana Tulangan Bagian Kaki



Gambar 10. Detail Dinding Penahan Tanah

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perkiraan dimensi awal untuk dinding penahan tanah adalah tinggi 5,0 m dengan lebar atas 0,3 m, lebar kaki 2,4 m, serta tinggi kaki 0,5 m.
2. Berdasarkan perhitungan keamanan dinding penahan tanah didapatkan nilai keamanan yang melebihi syarat minimum faktor keamanan baik dari bahaya guling, geser dan daya dukung tanah. Sehingga dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan dinyatakan aman dan mampu untuk menahan tanah urugan pada oprit jembatan dari kelongsoran.
3. Dari hasil perhitungan struktur penulangan dinding penahan tanah disimpulkan untuk menahan momen yang terjadi pada bagian dinding vertikal dipakai tulangan utama D22-50mm, tulangan geser D13-250mm dan tulangan bagi D13-250mm. Lalu pada bagian kaki dinding dipakai tulangan utama D19-200mm, tulangan geser D13-250mm dan tulangan bagi D13-250mm untuk menahan momen yang terjadi pada bagian kaki dinding tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Teknik Pondasi I*, Edisi Kedua, Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, H.C., 2003, *Mekanika Tanah II*, Edisi Ketiga, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wanizar, T., 2016, *Pembangunan Jembatan BH.370 KM. 199+731 Bentang 30 m Antara Martapura – Gilas*, PT. Rama Sumber Teknik, Lampung.