
Perencanaan Teknik Penanggulangan Kelongsoran Dengan Menggunakan Konstruksi *Retaining Wall* (Studi Kasus Jalan Tanjung Selor – Tana Tidung)

Hasrullah

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
E-mail: hasrullah.ray@gmail.com

Received 25 Oktober 2018; Reviewed 08 November 2018; Accepted 27 November 2018

<http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Abstract

Given the contours of the island of Borneo are numerous plateaus, allowing roads to be constructed in mountainous areas or hilly, it can be seen on the streets shaft North Kalimantan namely Tanjung Selor – Tana Tidung road on the path Tanjung Selor – Tana Tidung road there is a level of steepness high without made retaining wall can be causing landslides that could be dangerous for road users and surrounding residents. This can occur as a result of soil instability especially when coupled with high rainfall, It is necessary to retaining that handy to withstand the pressures in the soil so that the soil does not move and headed towards the bottom. With the development of science, the more ways you can use to avoid or rectify the land / area avalanche of one of them by making a retaining wall.

Keywords: *Mechanical Construction Avalanches using retaining wall*

Abstrak

Mengingat kontur pulau Kalimantan yang banyak terdapat dataran tinggi, memungkinkan jalan dibuat di daerah pegunungan atau berbukit, ini dapat dilihat pada jalan-jalan poros Kalimantan Utara yaitu Tanjung Selor– Tana Tidung jalan yang berada di jalur Tanjung Selor– Tana Tidung terdapat tingkat kecuraman yang tinggi, tanpa dibuatkan dinding penahan dapat menimbulkan terjadinya tanah longsor yang dapat membahayakan bagi pengguna jalan dan warga disekitarnya. Hal ini dapat terjadi akibat ketidakstabilan tanah apalagi bila ditambah dengan curah hujan yang tinggi, maka diperlukan penahan tanah yang berguna untuk menahan tekanan-tekanan pada tanah sehingga tanah tidak bergerak dan menuju kearah bawah. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan maka semakin banyak cara yang dapat digunakan untuk menghindari atau memperbaiki tanah/daerah longsor salah satunya dengan membuat dinding penahan tanah.

Kata Kunci : *Teknik longsor, konstruksi retaining wall*

1. Pendahuluan

Kalimantan Utara merupakan salah satu propinsi yang sedang berkembang baik dari segi pembangunan, pariwisata, dan pemukiman. Dilihat dari segi pembangunan maka pemerintah Provinsi Kalimantan Utara kini sedang merenovasi dan membangun infrastruktur-infrastruktur yang dapat menunjang pelayanan terhadap masyarakatnya. Salah satunya adalah membuat prasarana jalan

guna mendukung perekonomian kota-kota khususnya jalan Tanjung Selor – Tana Tidung. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan maka semakin banyak cara yang dapat digunakan untuk menghindari atau memperbaiki tanah/daerah longsor salah satunya dengan membuat dinding penahan tanah.

Tanah selalu mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung satu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti tembok/dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. (Sosrodarsono, Suyono. 1994).

Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka harus dibuatkan pondasi yang dapat memikul bangunan itu atau gaya yang bekerja melalui bangunan itu. (Sosrodarsono, Suyono. 1994).

Masalah teknik memang sering dijumpai oleh ahli teknik sipil dan harus dipertimbangkan sedalam-dalamnya, yakni untuk meramal dan menentukan kemampuan daya dukung tanah beserta kemungkinan dalamnya penurunan yang akan terjadi yang disebabkan oleh gaya yang bekerja. (Sosrodarsono, Suyono. 1994).

2. Metode Penelitian

2.1. Persiapan Dan Pengumpulan Data

Persiapan dan pengumpulan data meliputi, mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk merencanakan dinding penahan, termasuk data yang didapat dari penyelidikan dilapangan dan data hasil dari laboratorium.

2.2. Merencanakan Dinding Penahan

Perancangan dinding penahan tanah dapat diringkas menjadi langkah-langkah seperti berikut :

1. Perhitungan dimensi.
2. Perhitungan gaya yang bekerja pada dinding penahan.
3. Perhitungan stabilitas.
4. Perhitungan bagunan bawah.
5. Perhitungan tulangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan dimensi

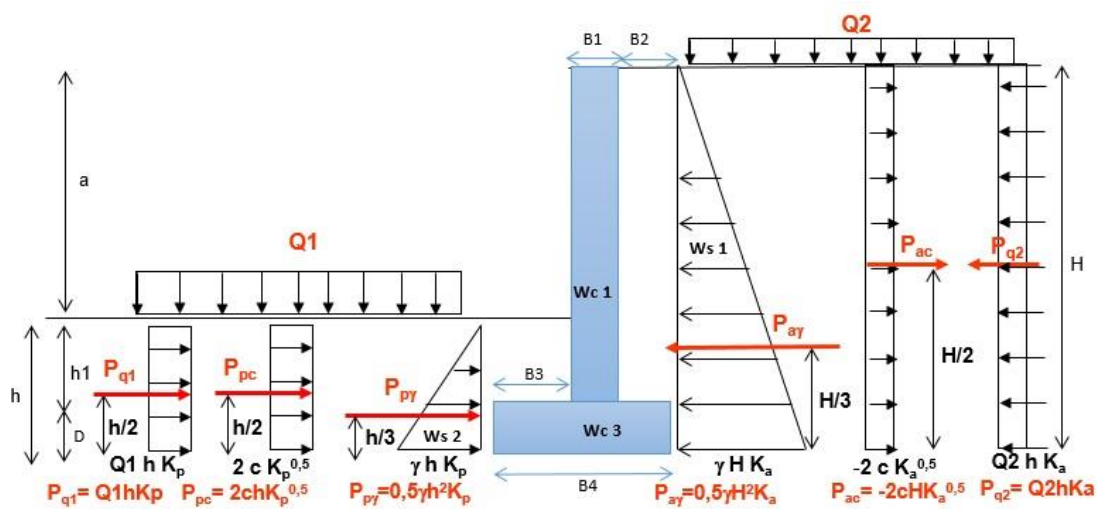
Untuk menentukan dimensi konstruksi (dinding penahan tanah), kita dapat melakukan tafsiran/asumsi dimensi. Agar dapat menghasilkan sebuah konstruksi yang aman kuat dan ekonomis.

Data-data hasil penyelidikan lapangan dan pengujian lab :

Sudut α	= 2.78°
$B\gamma$	= 1.542 t/m ³
\emptyset	= 16.500°
C	= 0.210

Mendimensi dinding penahan tanah

- 1) Tinggi dinding penahan tanah (H) = 610 cm
- 2) Di coba tebal dinding bagian atas = 20 cm
- 3) Diatas kepala tersebut ditambah longi jalan = 100 cm
- 4) Tebal plat dasr bagian bawah = $(1/14) \times H$
= 43.57 ~ 50 Cm
- 5) Lebar plat bawah (B) = $0.6 \times H$
= 366 Cm
- 6) Lebar teo bagian bawah (a) = $(1/3) \times B$
= 122 Cm
- 7) Tebal dinding bagian bawah (tb) = $(1/12) \times H$
= 50.83 ~ 60 Cm
- 8) Jarak conterfort = $0,5 \times H$
= 305 Cm



Gambar 1. Data Tekanan Tanah Lateral yang Bekerja

3.2. Perhitungan gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

3.2.1. Gaya tekan akibat tanah aktif

Koefisien tanah aktif (K_a)

$$k_a = \cos \alpha \left[\frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$k_a = \cos 2,78^\circ \left[\frac{\cos 2,78^\circ - \sqrt{\cos^2 2,78 - \cos^2 16.5}}{\cos 2,78^\circ + \sqrt{\cos^2 2,78 - \cos^2 16.5}} \right]$$

$$k_a = 0.999 \left[\frac{0.999 - \sqrt{0.998 - 0.919}}{0.999 + \sqrt{0.998 - 0.919}} \right]$$

$$k_a = 0.999 - \frac{0.719}{1.297} = 0.562$$

3.2.2. Gaya tekan akibat tanah pasif Koefisien tanah aktif (Kp)

$$k_p = \cos \alpha \left[\frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \emptyset}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \emptyset}} \right]$$

$$k_p = \cos 2.78^\circ \left[\frac{\sqrt{\cos 2.78^\circ + \sqrt{\cos^2 2.78 - \cos^2 16.5}}}{\sqrt{\cos 2.78^\circ - \sqrt{\cos^2 2.78 - \cos^2 16.5}}} \right]$$

$$k_p = 0.999 \left[\frac{0.999 + \sqrt{0.998 - 0.919}}{0.999 - \sqrt{0.998 - 0.919}} \right]$$

$$k_p = 0.999 - \frac{1.2729}{0.719} = 1.776$$

Perhitungan tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah :

$$\begin{aligned} h' &= H + (\text{heel} \times \text{tg } 10^\circ) &&= 618.937 \text{ cm} \\ p &= \frac{1}{2} \times \gamma \times k_a \times (h')^2 &&= \frac{1}{2} \times 1.542 \times 0.562 \times 6.189^2 \\ &&&= 16.588 \text{ t/m} \\ PaH &= P \times \cos \alpha &&= 16.588 \times \cos 2.78 = 16.569 \text{ t/m} \\ PaV &= P \times \sin \alpha &&= 16.588 \times \sin 2.78 = 2.880 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Muatan beban-beban tersebut diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_1 \text{ (Aspal, mineral)} &= t \times \gamma = 0.05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2 \\ q_2 \text{ (sirtu)} &= t \times \gamma = 0.15 \times 1450 = 217.5 \text{ kg/m}^2 \\ q_3 \text{ (Bt Pecah)} &= t \times \gamma = 0.05 \times 1850 = 370 \text{ kg/m}^2 \\ q &= 697.5 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0.6975 \text{ t/m}^2 \text{ Dibulatkan} = 1.00 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= nxH &&= 0.1 \times 6.1 = 0.61 \\ \tau &= \text{arc tan } (z/y) &&= \text{arc tan } (6.50/0.61) = 84.639^\circ \\ \beta &= \text{arc tan } (x/y) - \tau &&= \text{arc tan } (11.00/0.61) - 84.639^\circ = 2.187^\circ \\ &&&= (2.187^\circ/180) \pi = 0.038 \\ \alpha &= (\beta / 2) + \tau &&= (2.187^\circ/2) + 84.639^\circ = 85.732^\circ \\ \sigma_h &&&= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\ &&&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.038 - \sin 2.187 \times \cos^2 85.732^\circ) \\ &&&= 0.637 \times (0.038 - 0.038 \times (-0.988)) \\ &&&= 0.637 \times 0.076 = 0.048 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= nxH &&= 0.2 \times 6.1 = 1.22 \\ \tau &&&= \text{arc tan } (z/y) = \text{arc tan } (6.50 / 1.22) = 79.370^\circ \\ \beta &= \text{arc tan } (x/y) - \tau &&= \text{arc tan } (11.00 / 1.22) - 79.370^\circ = 4.302^\circ \\ &&&= (4.302^\circ/180) \pi = 0.075 \\ \alpha &= (\beta / 2) + \tau &&= (4.302^\circ/2) + 79.370^\circ = 81.520^\circ \\ \sigma_h &&&= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\ &&&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.075 - \sin 4.302 \times \cos^2 81.520^\circ) \\ &&&= 0.637 \times (0.075 - 0.075 \times (-0.957)) \\ &&&= 0.637 \times 0.147 = 0.093 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= nxH &&= 0.3 \times 6.1 = 1.83 \\ \tau &&&= \text{arc tan } (z/y) = \text{arc tan } (6.50/1.83) = 74.276^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\beta &= \arctan(x/y) - \tau = \arctan(11.00/1.83) - 74.276^\circ = 6.279^\circ \\
&= (6.279^\circ/180) \pi = 0.110 \\
\alpha &= (\beta/2) + \tau = (6.279^\circ/2) + 74.276^\circ = 77.415^\circ \\
\sigma_h &= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\
&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.110 - \sin 6.279 \times \cos^2 77.415^\circ) \\
&= 0.637 \times (0.110 - 0.109 \times (-0.905)) \\
&= 0.637 \times 0.209 = 0.133 \text{ t/m}^2 \\
\\
Y &= nxH = 0.4 \times 6.1 = 2.44 \\
\tau &= \arctan(z/y) = \arctan(6.50/2.44) = 69.425^\circ \\
\beta &= \arctan(x/y) - \tau = \arctan(11.00/2.44) - 69.425^\circ = 8.069^\circ \\
&= (8.069^\circ/180) \pi = 0.141 \\
\alpha &= (\beta/2) + \tau = (8.069^\circ/2) + 69.425^\circ = 73.459^\circ \\
\sigma_h &= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\
&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.141 - \sin 8.069 \times \cos^2 73.459^\circ) \\
&= 0.637 \times (0.141 - 0.140 \times (-0.838)) \\
&= 0.637 \times 0.258 = 0.165 \text{ t/m}^2 \\
\\
Y &= nxH = 0.5 \times 6.1 = 3.05 \\
\tau &= \arctan(z/y) = \arctan(6.50/3.05) = 64.863^\circ \\
\beta &= \arctan(x/y) - \tau = \arctan(11.00/3.05) - 64.863^\circ = 9.640^\circ \\
&= (9.640^\circ/180) \pi = 0.168 \\
\alpha &= (\beta/2) + \tau = (9.640^\circ/2) + 64.863^\circ = 69.683^\circ \\
\sigma_h &= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\
&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.168 - \sin 9.640 \times \cos^2 69.683^\circ) \\
&= 0.637 \times (0.168 - 0.167 \times (-0.759)) \\
&= 0.637 \times 0.295 = 0.188 \text{ t/m}^2 \\
\\
Y &= nxH = 0.6 \times 6.1 = 3.66 \\
\tau &= \arctan(z/y) = \arctan(6.50/3.66) = 60.617^\circ \\
\beta &= \arctan(x/y) - \tau = \arctan(11.00/3.66) - 60.617^\circ = 10.979^\circ \\
&= (10.979^\circ/180) \pi = 0.192 \\
\alpha &= (\beta/2) + \tau = (10.979^\circ/2) + 60.617^\circ = 66.107^\circ \\
\sigma_h &= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\
&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.192 - \sin 10.979 \times \cos^2 66.107^\circ) \\
&= 0.637 \times (0.192 - 0.190 \times (-0.672)) \\
&= 0.637 \times 0.319 = 0.203 \text{ t/m}^2 \\
\\
Y &= nxH = 0.7 \times 6.1 = 4.27 \\
\tau &= \arctan(z/y) = \arctan(6.50/4.27) = 56.698^\circ \\
\beta &= \arctan(x/y) - \tau = \arctan(11.00/4.27) - 56.698^\circ = 12.087^\circ \\
&= (12.087^\circ/180) \pi = 0.211 \\
\alpha &= (\beta/2) + \tau = (12.087^\circ/2) + 56.689^\circ = 62.741^\circ \\
\sigma_h &= [(2xq)/\pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\
&= [(2 \times 1.00)/3.14] \times (0.211 - \sin 12.087 \times \cos^2 62.741^\circ) \\
&= 0.637 \times (0.211 - 0.209 \times (-0.580)) \\
&= 0.637 \times 0.332 = 0.212 \text{ t/m}^2 \\
\\
Y &= nxH = 0.8 \times 6.1 = 4.88 \\
\tau &= \arctan(z/y) = \arctan(6.50/4.88) = 53.102^\circ \\
\beta &= \arctan(x/y) - \tau = \arctan(11.00/4.88) - 53.102^\circ = 12.974^\circ \\
&= (12.974^\circ/180) \pi = 0.226 \\
\alpha &= (\beta/2) + \tau = (12.974^\circ/2) + 53.192^\circ = 59.589^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= [(2xq) / \pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\ &= [(2 \times 1.00) / 3.14] \times (0.226 - \sin 12.974 \times \cos^2 59.589^\circ) \\ &= 0.637 \times (0.226 - 0.225 \times (-0.488)) \\ &= 0.637 \times 0.336 = 0.214 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y = nxH &= 0.9 \times 6.1 = 5.49 \\ \tau = \arctan(z/y) &= \arctan(6.50 / 5.49) = 49.815^\circ \\ \beta = \arctan(x/y) - \tau &= \arctan(11.00 / 5.49) - 49.815^\circ = 13.662^\circ \\ &= (13.662^\circ / 180) \pi = 0.238 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha = (\beta / 2) + \tau &= (13.662^\circ / 2) + 49.815^\circ = 56.646^\circ \\ \sigma_h &= [(2xq) / \pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\ &= [(2 \times 1.00) / 3.14] \times (0.238 - \sin 13.662 \times \cos^2 56.646^\circ) \\ &= 0.637 \times (0.238 - 0.236 \times (-0.395)) \\ &= 0.637 \times 0.332 = 0.211 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y = nxH &= 1.0 \times 6.1 = 1.22 \\ \tau = \arctan(z/y) &= \arctan(6.50 / 6.10) = 46.818^\circ \\ \beta = \arctan(x/y) - \tau &= \arctan(11.00 / 6.10) - 46.818^\circ = 14.171^\circ \\ &= (14.171^\circ / 180) \pi = 0.247 \\ \alpha = (\beta / 2) + \tau &= (14.171^\circ / 2) + 46.818^\circ = 53.904^\circ \\ \sigma_h &= [(2xq) / \pi] \times (\beta - \sin \beta \times \cos^2 \alpha) \\ &= [(2 \times 1.00) / 3.14] \times (0.247 - \sin 14.171 \times \cos^2 53.904^\circ) \\ &= 0.637 \times (0.247 - 0.245 \times (-0.306)) \\ &= 0.637 \times 0.322 = 0.205 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Luas Trapesium

$$\begin{aligned} P1 &= \frac{(0.000 + 0.048) \cdot 0.5}{2} = 0.012 \text{ t/m} & P2 &= \frac{(0.048 + 0.093) \cdot 0.5}{2} = 0.035 \text{ t/m} \\ P3 &= \frac{(0.093 + 0.133) \cdot 0.5}{2} = 0.057 \text{ t/m} & P4 &= \frac{(0.133 + 0.165) \cdot 0.5}{2} = 0.074 \text{ t/m} \\ P5 &= \frac{(0.165 + 0.188) \cdot 0.5}{2} = 0.088 \text{ t/m} & P6 &= \frac{(0.188 + 0.203) \cdot 0.5}{2} = 0.098 \text{ t/m} \\ P7 &= \frac{(0.203 + 0.212) \cdot 0.5}{2} = 0.104 \text{ t/m} & P8 &= \frac{(0.212 + 0.214) \cdot 0.5}{2} = 0.106 \text{ t/m} \\ P9 &= \frac{(0.214 + 0.211) \cdot 0.5}{2} = 0.106 \text{ t/m} & P2 &= \frac{(0.211 + 0.205) \cdot 0.5}{2} = 0.104 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Titik Berat Trapesium Terhadap Titik Guling

$$\begin{aligned} L1 &= \frac{((0.000 + (2 \times 0.048)) \times (0.5))}{0.000 + 0.048} + (6.10 - 0.61) = 5.832 \text{ m} \\ L2 &= \frac{((0.048 + (2 \times 0.093)) \times (0.5))}{0.048 + 0.093} + (6.10 - 1.22) = 5.175 \text{ m} \\ L3 &= \frac{((0.093 + (2 \times 0.133)) \times (0.5))}{0.093 + 0.133} + (6.10 - 1.83) = 4.534 \text{ m} \\ L4 &= \frac{((0.133 + (2 \times 0.165)) \times (0.5))}{0.133 + 0.165} + (6.10 - 2.44) = 3.919 \text{ m} \\ L5 &= \frac{((0.165 + (2 \times 0.188)) \times (0.5))}{0.165 + 0.188} + (6.10 - 3.05) = 3.306 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L6 = \frac{((0.188 + (2 \times 0.203) \times (0.5))}{0.188 + 0.203} + (6.10 - 3.66) = 2.693 \text{ m}$$

$$L7 = \frac{((0.203 + (2 \times 0.212) \times (0.5))}{0.203 + 0.212} + (6.10 - 4.27) = 2.082 \text{ m}$$

$$L8 = \frac{((0.212 + (2 \times 0.214) \times (0.5))}{0.212 + 0.214} + (6.10 - 4.88) = 1.470 \text{ m}$$

$$L9 = \frac{((0.214 + (2 \times 0.211) \times (0.5))}{0.214 + 0.211} + (6.10 - 5.49) = 0.859 \text{ m}$$

$$L10 = \frac{((0.211 + (2 \times 0.205) \times (0.5))}{0.211 + 0.205} + (6.10 - 8.30) = 0.249 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sum P &= 0.012 + 0.035 + 0.057 + 0.074 + 0.088 + 0.098 + 0.104 + 0.106 + 0.106 + 0.104 \\ &= 0.785 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M &= (0.012 \times 5.823) + (0.035 \times 5.517) + (0.057 \times 4.534) + (0.074 \times 3.919) + (0.088 \times 3.306) + \\ &\quad (0.098 \times 2.693) + (0.104 \times 2.082) + (0.106 \times 1.470) + (0.106 \times 0.859) + (0.104 \times 0.249) \\ &= 1.8459 \text{ tm} \end{aligned}$$

Garis kerja titik tangkap tekanan akibat perkerasan terhadap konstruksi

$$Y = \sum M / \sum P = 1.8459 / 0.785 = 2.351 \text{ m}$$

3.2.3. Perhitungan Stabilitas

a. Gaya Tekan Akibat Bahaya Gempa

Koefisien gempa untuk daerah lokasi longsoran perantau adalah 0.05, sehingga perlu di tinjau pengaruh tekanan gempa tersebut terhadap konstruksi, terhadap tekanan horizontal. Berat konstruksi dinding penahan tanah tersebut beton bertulang $B\gamma = 2,500 \text{ t/m}^3$.

No	Berat P (ton)	Lengan (m)	Momen
1	$P1 = (0.2 \times 6.60) \times 2.500 \times 0.05 = 0.165$	$L1 = (0.5 \times 6.60) + 0.5 = 3.800$	0.627
2	$P2 = (((0.5 \times (0.6-0.2)) \times 6.60) \times 2.500 \times 0.05 = 0.165$	$L2 = (1/3 \times 6.60) + 0.50 = 2.200$	0.363
3	$P3 = (0.6 \times 3.66) \times 2.500 \times 0.05 = 0.2288$	$L3 = 1/2 \times 0.6 = 0.25$	0.057
	$\sum P = 0.559$		$\sum M = 1.047$

Garis kerja titik tangkap tekanan akibat perkerasan terhadap konstruksi

$$Y = \sum M / \sum P = 1.047 / 0.559 = 1.874 \text{ m}$$

b. Berat Sendiri Konstruksi

Berat sendiri konstruksi dinding penahan tanah perlu diperhitungkan untuk mencari momen penahan, yang akan ditinjau dari kontrol geser dan guling.

No	Berat P (ton)	Lengan	Momen
1	$W1 = (1.84(\frac{1}{2}((5.60)+(5.60+1.84 \operatorname{tg} 2.78^\circ)))) \times 1.84 \times 1.542 = 29.469$	$L1 = 1.22 + 0.6 + (\frac{1}{2} \times 1.84) = 2.740$	80.744
2	$W2 = (0.3 \times 6.60) \times 2.5 = 3.300$	$L2 = 1.22 + (0.6 - 0.10) = 1.720$	5.676
3	$W3 = (\frac{1}{2} (0.6 - 0.4) \times 5.60) \times 2.5 = 1.400$	$L3 = 1.22 + (0.6 - 0.40) = 1.420$	1.988
4	$W4 = (0.50 \times 5.60) \times 2.5 = 4.575$	$L4 = 3.66 + 0.5 = 1/830$	8.372
5	$W5 = P_{av} = 2.880$	$L5 = (B) = 3.66$	10.540
6	$W6 = (1.5(\frac{1}{2} \times ((1.22)+(1.22 + 1.5 \operatorname{tg} 4.086^\circ)))) \times 1.5 \times 1.542 = 4.419$	$L6 = (\frac{1}{2} \times 1.22) + (1/2 \times (1.291 - 1.22)) = 0.646$	2.853
7	$P_s = (\frac{1}{2} \times \gamma \times K_p \times (h/(1/3))^2) = (\frac{1}{2} \times 1.542 \times 1.778 \times 1.87^2) = 4.771$		
	$\Sigma P = 46.042 - 4.772 = 41.270$		$\Sigma M = 110.173$

c. Perhitungan Faktor Keamanan

1. Faktor Keamanan Terhadap Guling

Dari hasil perhitungan gaya-gaya yang bekerja terhadap konstruksi di dapat total gaya yang bekerja:

$$\begin{aligned} \Sigma P_{\text{guling}} &= \Sigma P_{\text{tanah}} + \Sigma P_{\text{perkerasan}} + \Sigma P_{\text{air hujan \& mobil}} + \Sigma P_{\text{mobil henti}} + \Sigma P_{\text{gempa}} \\ &= 16.569 + 0.785 + 1.178 + 0.806 + 0.559 = 19.896 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_{\text{guling}} &= \Sigma M_{\text{tanah}} + \Sigma M_{\text{perkerasan}} + \Sigma M_{\text{air hujan \& mobil}} + \Sigma M_{\text{mobil henti}} + \Sigma M_{\text{gempa}} \\ &= 33.689 + 1.846 + 2.769 + 2.845 + 1.047 = 42.196 \end{aligned}$$

Chek terhadap guling :

$$\begin{aligned} Fr &= \Sigma M_{\text{dinding}} / \Sigma M_{\text{guling}} = 110.173 / 42.196 \\ &= 2.661 \geq \underline{Fr = 2 \text{ maka konstruksi aman terhadap guling}} \end{aligned}$$

2. Faktor Kemanan Terhadap Geser

Dengan nilai diatas maka dapat di chek keamanan geser

$$\begin{aligned} Fr &= \Sigma W_{\text{dinding}} / \Sigma P_{\text{guling}} = 46.042 / 19.896 \\ &= 2.314 \geq \underline{Fr = 2 \text{ maka konstruksi aman terhadap geser}} \end{aligned}$$

3. Faktor Keamanan Plat Dasar Terhadap Eksentrisitas

$$\begin{aligned} x &= (\Sigma M_{\text{dinding}} - \Sigma M_{\text{guling}}) / (\Sigma W_{\text{dinding}} - P_{\text{pasif}}) \\ &= (110.173 - 42.196) / (46.042 - 4.772) \\ &= 2.312 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{1}{2} \cdot B - x \\ &= \frac{1}{2} \cdot 366 - 164.714 \end{aligned}$$

$$= 18.286 \text{ cm} < (1/6 \times B) = 61.00$$

Tegangan yang terjadi pada plat dasar, di tinjau pada $1M'$

$$\begin{aligned} q_{\max} &= [(P / (B \times L)) \times (1 + (6 \times e) / B)] \\ &= [(46.042 / (3.66 \times 1)) \times (1 + (6 \times 0.183) / 3.66)] \\ &= 12.580 \times 1.300 \\ &= 16.351 \text{ t/m}^2 \\ &= 1.635 \text{ kg/cm}^2 \geq \text{tegangan ijin tanah} = 1.3 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Catatan maka pada bagian dasar tanah diberi kekuatan tiang pancang

$$\begin{aligned} q_{\min} &= [(P / (B \times L)) \times (1 - (6 \times e) / B)] \\ &= [(46.042 / (3.66 \times 1)) \times (1 - (6 \times 0.183) / 3.66)] \\ &= 12.580 \times 0.700 \\ &= 8.809 \text{ t/m}^2 \\ &= 0.881 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{q_{\max} (\text{heel} + l_b) + q_{\min} (\text{teo})}{B} \\ &= \frac{16.351 \times (1.84 + 0.60) + (8.809 \times 1.22)}{3.66} = 13.837 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{(q_{\max} \times \text{heel}) + q_{\min} (\text{teo} + t_b)}{B} \\ &= \frac{(16.351 \times 1.84) + (8.809 \times (1.22 + 0.60))}{3.66} = 12.600 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

3.2.4. Perhitungan Bangunan Bawah

1. Tiang Pancang

Nilai Konus (Kg/cm^2)	Jumlah Hambatan Pelekat (Kg/cm^2)	Kedalaman (m)
50	448.00	6

Dari hasil penyelidikan sondir dilapangan, diperhitungkan daya dukung tanah tersebut dengan mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$QA = \left[\frac{p \times A}{3} + \frac{f \times o}{5} \right]$$

Dimana :

QA	= daya dukung tiang
p	= nilai konus (kg/cm^2)
f	= jumlah hambatan pelekat (kg/cm^2)
A	= luasan lingkaran tiang pancang (cm^2)
O	= keliling tiang pancang (cm)
3&5	= angka keamanan

$$\begin{aligned} A &= (1/4) \times \pi \times D^2 = (1/4) \times 3.14 \times 30^2 = 707.1429 \text{ cm}^2 \\ O &= 2 \times \pi \times r = 2 \times 3.14 \times 15 = 94.29 \text{ cm} \\ QA &= \left[\frac{50 \times 707.1429}{3} + \frac{448.00 \times 94.29}{5} \right] \\ &= 11785.714 + 8448 = 20233.714 \text{ kg} = 20.234 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Kebutuhan tiang pancang

$$N = \sum W_{\text{dinding}} / QA = 46.042 / 20.234 = 2.276 \sim 3$$

3. Jarak tiang pancang

$$S \geq \frac{1.57 mn - 2 D}{M + n - 2}$$

$$160 \geq \frac{1.57 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3 - 2 \cdot 30}{3 + 1 - 2}$$

$$160 \geq \frac{81.3}{2} = 40.65$$

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)m}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$\theta = \text{arc tg } (D/k) = (30 / 160) = 10.619^\circ$$

$$Eg = 1 - 10.619 \frac{(1-1)3 + (3-1)3}{90 \cdot 3 \cdot 1}$$

$$Eg = 0.921$$

Jadi daya dukung tiap tiang pancang = 0.921 x 20.234 = 18.638 Ton

3.2.5. Perhitungan Penulangan / Beton

1. Perhitungan Tumit (Heel)

Pembebanan, diperhitungkan 1 m pada bagian tumit (heel)

Akibat tanah	= [heel (1/2 x (h1 + (h + heel sin 2.78°)))] x 1m x 1,542
	= (1.84 (1/2 x (5.60 + (5.60 + 1.84 sin 2.78°)))) x 1m x 1,542
	= (1.84 (1/2 x (5.60 + 5.689))) x 1m x 1,542
	= 16.015 t/m ²
Berat plat	= (0,1 x 2,5)
	= 2.5 t/m ²
q heel	= berta plat + akibat tanah
	= 16.015 + 2.5
	= 18.615 t/m ²

Maka diagram tegangan yang terjadi seperti yang ada pada gambar sebelumnya. Perhitungan perulangan-perulangan beton pada tumit (heel) karena pada bagian tumit tersebut ada counterfort maka diperhitungkan berdasarkan prinsip plat dasar diatas perletakan diambil pelat diujung 1m.

q heel	= 18.515 t/m ² x 1m
	= 18.515 t/m ²
q`	= [(q heel - q min) + (q heel - q2)]
	= [(18.515 - 8.809) + (18.515 - 12.600)]
	= [(9.707) + (5.915)]
Q	= yang dipergunakan adalah 9.707 t/m karena teretak diujung daerah heel
L	= jarak counterfort = 3.05
M lap	= 1/12 x q x L ²
	= 1/12 x 9.707 x 3.05 ² = 7.525 t/m
M lap	= 1/10 x q x L ²
	= 1/10 x 9.707 x 3.05 ² = 9.030 t/m

2. Data konstruksi beton

$$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2250 \text{ kg/cm}^2$$

dicoba tulangan utama $\varnothing 16 \text{ mm} = 1.6 \text{ cm}$

selimut $p = 10$

tebal penampang $h = 50$

$$b = 100$$

$$d = 50 - 10 (0,5 \times 1,9) = 39,25$$

$$\frac{Mu}{b \cdot d^2} = \phi \cdot f_y \cdot \rho \left[1 - 0,588 \frac{f_y \rho}{f_c} \right]$$

$$\frac{902963.138}{100 \times 39.2^2} = 1.9 \times 2250 \times \rho \left[1 - 0,588 \frac{2250 \rho}{300} \right]$$

$$5.876 = 3600 \rho \times [1 - 0,588 \times 7.500 \rho]$$

$$5.876 = 3600 \rho \times [1 - 4.410 \rho]$$

$$5.876 = 3.600 - 15876 \rho^2$$

$$15876 - 3600 + 5.876 = 0$$

Jadi dapat dihitung menggunakan rumus abc

$$\rho_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$P_{12} = \frac{(-3600) \pm \sqrt{((-3600)^2 - 4 \times 15876 \times 5.876)}}{2 \times 15876}$$

$$= \frac{3600 \pm 3547.7932}{31752}$$

$$\rho_1 = \frac{3600 + 3547.7932}{31752} = 0.22511316$$

$$\rho_2 = \frac{4750 - 3547.7932}{31752} = 0.001644205$$

Diambil nilai ρ yang terkecil = 0.001644205

$$\rho_{min} = \frac{0.14 \sqrt{f_c}}{0.9 f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.14 \sqrt{300}}{0.9 \cdot 2250} = \frac{2.42487113}{2025} = 0.00119747$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85^2 \cdot f_c}{f_y \cdot 600} + \frac{600}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \frac{0.85 \cdot 300}{2250} \times \frac{600}{600 + 2250} = 0.01521053$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.00119747 < 0.001644205 < 0.01521053$$

Luas tulangan $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

$$= 0.001644205 \times 100 \times 39.2$$

$$= 6.44528269 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan } n : \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$= \frac{6,44528269}{0.25 \cdot 3.143 \cdot 1.6^2} = 3.20433089 \sim 4$$

$$\text{Jarak } S = \frac{Y_s}{n + 1} = \frac{100}{4 + 1} = 20$$

Dipergunakan tulangan tarik 4 Ø 16 – 20
 Dipergunakan tulangan tekan 4 Ø 16 – 20

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Daya dukung tiang pancang yang diperlukan adalah = 18.635 ton sedangkan daya dukung tanah terhadap tiang pancang adalah = 20.234 ton, kesimpulan bahwa daya dukung tiang pancang adalah : 20.234 ton > 16.635 ton (terpenuhi).
2. Dinding penahan dapat menahan tekanan tanah dan gaya yang bekerja pada dinding penahan ternyata aman terhadap all :
 - Gaya guling = 2.611 > Fr = 2 (aman)
 - Gaya geser = 2.314 > Fr = 2 (aman)
 - Tegangan tanah > tegangan ijin tanah (1,635 kg/cm² > 1,3 kg/cm²).
 - Faktor keamanan plat terhadap exentrisitas = 18.268 cm < 61.00 cm ... aman.
3. Perencanaan “Counmterfort Retaining Wall” dan tiang pancang (sheet pile) merupakan perpaduan konstruksi dinding penahan tanah yang sangat ideal sebagai pengaman badan jalan dari longsoran pada daerah lereng sehingga prasarana transportasi dapat berfungsi maksimal.
4. Dimensi dinding penahan tanah type kantilever diperoleh sebagai berikut :
 - Tinggi dinding penahan : 5,60 m
 - Tebal dinding bagian atas : 1,00 m
 - Tebal plat lantai : 0,50 m
 - Lebar dinding bagian bawah : 0,60 m
 - Lebar yoe bagian bawah : 1,20 m

Daftar Pustaka

- Bowles, Joseph E, 1986, Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2, Erlangga Jakarta.
- Sosrodarsono Suyono, 1994, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, PT Pradmya Paramita Jakarta.
- Sunggono, K.H.V, 1995, Buku Teknik Sipil, Nova Bandung.
- Ralph, B. Peck, dkk, 1996, Teknik Pondasi, Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, Teknik Pondasi 1, Beta Offset Senturan
- H.S. Sardjono, 1996, Pondasi Tiang Pancang 1, Sinar Wijaya, Surabaya