

**ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH DAN STABILITAS LERENG DENGAN
STRUKTUR COUNTER WEIGHT MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS 8.5
(STUDI KASUS PADA JEMBATAN LEMAH IRENG II PAKET VI STA,
22+125, PROYEK JALAN TOL SEMARANG – SOLO)**

Irna Yatul Hidayah ^{1)*}, Marelianda Al Dianty ¹⁾

1) Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Indonesia

E-mail: irnayatulhidayah@gmail.com*, aldianty@iti.ac.id

Abstrak

Kegiatan pembangunan jalan tol merupakan bagian usaha pemenuhan peningkatan kebutuhan akan prasarana jalan raya maka diharapkan mampu memecahkan permasalahan yang timbul pada ruas jalan utama dengan mempertimbangkan kondisi dan topografis lahan maka pembangunan jalan tol Semarang-Bawen, paket VI lemah ireng – Bawen Sta 22+125 melewati suatu daerah perbukitan sehingga diperlukan suatu jembatan yang cukup besar dan panjang yaitu Jembatan Lemah Ireng II, kondisi lokasi tanah yang demikian maka bila bangunan Abutment A2 tidak dilakukan perlindungan (protection) maka dalam kurun waktu yang berjalan ke depan akan mengakibatkan instabilitas dari struktur Abutment A2 maka perlu dibangun dinding penahan tanah (DPT) untuk melindunginya. Pada sisi kanan lereng Abutment A2 perlu dilakukan penimbunan tanah, timbunan tanah pada lereng yang cukup curam tersebut dibuat Counter weight dengan kemiringan 1V : 1,5H.

Kata kunci: DPT, Stabilitas Lereng, Counter Weight, dan Program Plaxis8.5.

Pendahuluan

Kegiatan pembangunan jalan tol merupakan bagian usaha pemenuhan peningkatan kebutuhan akan prasarana jalan raya sehingga diharapkan mampu memecahkan permasalahan yang timbul pada ruas jalan utama Dengan mempertimbangkan kondisi dan topografis lahan maka pembangunan jalan tol Semarang-Bawen, paket VI lemah ireng (Sta. 21+825 - Sta. 22+840) melewati suatu daerah perbukitan sehingga diperlukan suatu jembatan yang cukup besar dan panjang yaitu Jembatan Lemah Ireng II. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1 sampai dengan Gambar 1.3.



Gambar 1. Lokasi timbunan tanah di sebelah kanan Abutment A2

(Sumber: PT. Global Perfex Synergi & ASS)



Gambar 2. Lokasi Jembatan Lemah Ireng II Sta.22+125
(Sumber : Dokumentasi di Proyek)



Gambar 3. Daerah sisi kanan *Abutment* A2 yang akan diperbaiki
(Sumber : Dokumentasi di Proyek)

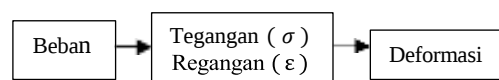
Dengan kondisi lokasi tanah yang demikian maka bila bangunan *abutment* A2 tidak dilakukan perlindungan (*protection*) maka dalam kurun waktu yang berjalan ke depan akan mengakibatkan instabilitas dari struktur *abutment* A2. Dengan demikian perlu dibangun dinding penahan tanah (DPT) untuk melindunginya (PT. Global Perfex Synergi& ASS).

Studi Pustaka

Dasar-Dasar Perkuatan Tanah

Konsep Tegangan - Regangan

Salah satu fungsi yang terpenting dalam studi Mekanika Tanah adalah perkiraan mengenai besarnya ‘tegangan’ akibat suatu beban atau pembebanan yang akan menghasilkan deformasi yang berlebihan disebut ‘Tegangan Runtuh’, dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Purwanto, 2012).



Gambar 4. Tegangan dan regangan (Sumber : Purwanto)

Masa Tanah

Tanah merupakan material berbutir halus, keruntuhan yang terjadi terutama disebabkan oleh terguling dan tergelincirnya butiran-butiran dan bukan karena oleh tarikan atau tekanan antar butiran-butir tanah. Oleh karena itu sifat keruntuhan: Kuat Geser Tanah Kekuatan geser tanah terdiri dari dua parameter yaitu: 1. bagian yang bersifat kohesi C yang tergantung dari jenisnya, dan 2. bagian yang mempunyai sifat gesekan/frictional (σ) yang bekerja pada bidang geser. Parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi tanah (c) dapat diperoleh dengan uji geser langsung. Menurut Coulomb (1776) dalam Hardiyatmo (1992), kuat geser tanah didefinisikan $\tau = c + \sigma \tan \phi$

Keterangan:

τ = kuat geser tanah (kN/m^2),

σ = Tegangan total pada bidang geser (kN/m^2),

c = Kohesi tanah (kN/m^2), dan

ϕ = Sudut geser dalam tanah (derajat)

1. Stabilitas Terhadap Geser Gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

a. Gesekan antara tanah dengan dasar pondasi dinding penahan tanah.

b. Tekanan tanah pasif bila didepan dinding penahan tersebut terdapat timbunan. Faktor aman (SF_{geser}) didefinisikan sebagai berikut :

$$SF_{\text{geser}} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h}$$

Keterangan:

$\sum R_h$ = Jumlah dari gaya-gaya horizontal yang mencegah struktur bergeser.

$\sum P_h$ = Jumlah dari gaya-gaya horizontal yang menyebabkan struktur bergeser. Faktor aman terhadap geser dasar fondasi $SF_{\text{geser}} \geq 1.5$ untuk tanah dasar granuler $SF_{\text{geser}} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

2. Stabilitas Terhadap Guling

Faktor aman akibat terhadap guling (SF_{guling}), didefinisikan sebagai berikut:

$$SF_{\text{guling}} = \frac{\sum M_p}{\sum M_a}$$

Keterangan:

$\sum M_p$ = momen yang menyebabkan struktur terguling dengan

$\sum M_a$ = momen yang mencegah struktur terguling Faktor aman terhadap penggulingan (F_{guling}) bergantung pada jenis tanah, yaitu: $SF_{\text{guling}} \geq 1.5$ untuk tanah dasar granuler $SF_{\text{guling}} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

3. Daya Dukung Tanah

a. Persamaan Terzaghi $q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$

Keterangan:

c = kohesi tanah (kN/m^2)

D_f = kedalaman fondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

B = lebar fondasi DPT (m)

N_c, N_q , dan N_γ = faktor –faktor kapasitas dukung Terzaghi

Untuk q_{all}

$q_{\text{all}} = q_u / SF$

SF = faktor aman terhadap keruntuhan tanah dasar minimum dipakai SF= 3.

4. Stabilitas Internal

1. Tinjauan Terhadap Tampak Badan Dinding Penahan Tanah

a. Tegangan Desak,

$$b. \sigma_{desak} = \frac{\sum V_{1-1}}{b_{1-1} \cdot L} + \frac{\sum M_{1-1}}{W} \leq \sigma_{desak}$$

c. Tegangan Tarik, seperti

$$\sigma_{tarik} = \frac{\sum V_{1-1}}{b_{1-1} \cdot L} - \frac{\sum M_{1-1}}{W} \leq \sigma_{desak}$$

d. Tegangan Geser,

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{D_{1-1}}{b_{1-1} \cdot L} \leq \tau_{geser}$$

Keterangan:

 $\sum V_{1-1}$ = berat total struktur pada penampang potongan I-I (kN.m) $\sum M_{1-1}$ = momen total struktur pada penampang potongan I-I (kN.m) b_{1-1} = lebar struktur yang ditinjau pada potongan I-I (kN.m) L = panjang struktur yang ditinjau selebar 1m (m) W = berat tanah pada struktur yang ditinjau (kN)

2. Tinjauan Terhadap Tampang Pada Kaki Depan dan Belakang

a. Tegangan Ekstrim (tarik/tekan),

$$\sigma_{ekstrim} = \pm \frac{\sum V_{11-11}}{W} \leq \sigma_{tarik/tekan \text{ bahan}}$$

b. Tegangan geser yang terjadi,

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{D_{11-11}}{b_{11-11} \cdot L} \leq \tau_{geser}$$

Keterangan:

 $\sum V_{11-11}$ =momen total struktur pada penampang potongan II-II (kN.m) b_{11-11} = lebar struktur yang ditinjau pada potongan II-II (kN.m) L = panjang struktur yang ditinjau selebar 1 m (m) W = berat tanah pada struktur yang ditinjau (kN)

5. Teori Analisis Stabilitas Lereng Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang mengerjakan,

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d}$$

Keterangan:

 τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah (kN/m²) τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m²)

SF = Faktor aman

Menurut teori Mohr-Coulumb, tahanan geser maksimum kuat geser tanah (τ) yang dapat dimobilisasi oleh tanah, di sepanjang bidang longsornya,

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi$$

Keterangan:

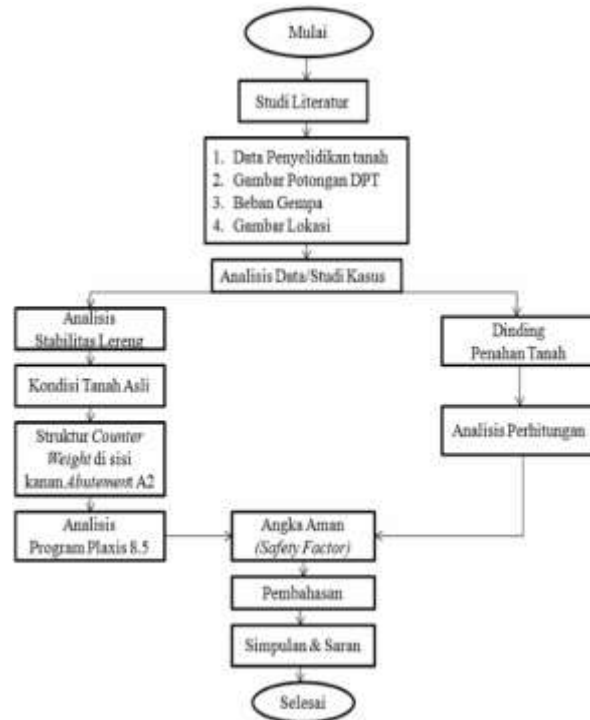
 τ = tahanan geser (kN/m²)

c = kohesi (kN/m^2)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

φ = sudut gesek dalam tanah (derajat) Nilai- nilai c dan φ adalah parameter kuat geser tanah sepanjang bidang lonsor

Metodologi Penelitian



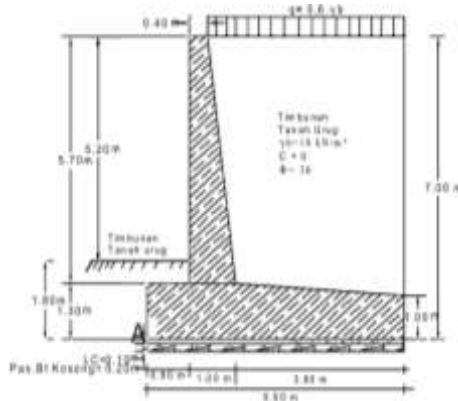
Gambar 5. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah pada *Abutment A2*

- A. Tanah Timbunan/Tanah Urug
 1. Berat volume tanah urugan (γ_b)
= 18 kN/m^3
 2. Kohesi tanah urugan (c)
= 0 (Tanah Granuler)
 3. Sudut geser tanah $\Phi = 30^\circ$
- B. Tanah asli
 1. Berat volume tanah asli (γ_b)
= 18 kN/m^3
 2. Kohesi tanah asli (c) = 2
 3. Sudut geser tanah asli $\Phi = 25^\circ$

Gambar stuktur potongan melintang seperti pada Gambar 6.

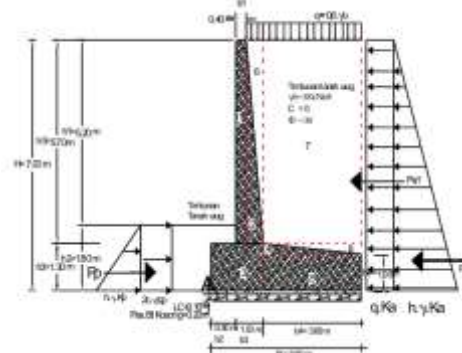


Gambar 6 . Potongan melintang dinding penahan tanah

Data perencanaan dinding penahan tanah sebagai berikut :

- DPT terbuat dari Beton bertulang
- DPT adalah jenis tipe *Gravitasi* dan *Cantilever Wall*
- Tinggi = 7,00 m, Lebar = 5,50 m
- Beban lalu lintas dan pekerasan diasumsikan diganti oleh tinggi ekivalen $w_s = 0,6$ m
- Berat volume beton $\gamma_c = 25$ kN/m³
- PPI 1983:
 - σ desak pasangan = 1500 kN/m²
 - σ tarik pasangan = 300 kN/m²
 - τ geser pasangan = 150 kN/m²

Potongan Melintang bidang gambar seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 . Diagram tekanan tanah aktif dan pasif

Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif:

- Untuk tanah asli

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

$$= \tan^2(45^\circ - 25/2) = 0,4059$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = \tan^2(45^\circ + 25/2)$$

$$= 2,4639$$

- Untuk tanah Timbunan

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

$$= \tan^2(45^\circ - 30/2) = 0,333$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = \tan^2(45^\circ + 30/2) = 3,0$$

Tabel 1. Tekanan Tanah Aktif

No		Pa (KN)	Jarak ke A (m)	Momen aktif ke A (kNm)
1	Pa1	25,2	3,5	88,2
2	Pa2	147	2,33	343
		$\Sigma Pa=172,2$		$\Sigma Ma=431,2$

a. Tekanan tanah pasif akibat berat tanah (bagian di sebelah kiri dinding yang ditunjukkan pada Gambar 5.6)

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot (h^2) \cdot \gamma \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} \cdot h = 87,48 \text{ kN}$$

b. Gaya vertikal dan momen terhadap kaki depan titik – A

Tabel 2. Gaya Vertikal dan Gaya Momen terhadap Kaki Depan (Titik A)

No	Berat Wi (KN)	Jarak A (m)	Momen ke A (kNm)
1	57	1,10	62,7
2	42,75	1,50	64,125
3	61,75	0,95	58,663
4	13,5	3,10	41,85
5	27	3,70	99,9
6	30,78	0,40	12,312
7	369,36	3,70	1366,632
8	16,2	4,30	69,66
Q	388,88	3,70	143,856
	$\Sigma V = 657,22$	-	-
Pp	87,48	0,60	52,488
	$\Sigma V = 744,7$	-	$\Sigma M = 1972,186$

Analisis Stabilitas Struktur

Stabilitas Terhadap Gaya Eksternal

a. Stabilitas terhadap Gaya Guling.

$$SF = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}} > 1,5$$

Keterangan :

ΣM_w =Momen yang melawan guling

ΣM_{gl} =Momen mengakibatkan guling

$\Sigma M_p = 1972,186 \text{ kNm}$.

$\Sigma M_a = 431,2 \text{ kNm}$.

$$SF = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}} = \frac{1972,186}{431,2} = 4,574 \text{ .kNm}$$

> 1,5 Aman

b. Stabilitas terhadap Gaya Geser Tekanan tanah aktif = Pa1+Pa2

$$\Sigma Pa = 172,2 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya perlawanan : } F = \Sigma V \cdot \tan \phi + E_p$$

$$\Sigma V = 657,22 \text{ kN } E_p = P_p = 87,48 \text{ kN}$$

$$\Phi = 25^\circ$$

$$F = 657,22 \cdot \tan(25^\circ) + 87,48 \text{ kN}$$

$$= 393,947 \text{ kN}$$

$$SF = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} < 1,5$$

Keterangan:

$\Sigma R_h = F$ = Tahanan dinding penahan

$\Sigma P_h = \Sigma P_a$ = Jumlah gaya horizontal

$$SF = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} = \frac{393,947}{172,2} = 2,288 > 1,5$$

> 1,5 Aman

c. Stabilitas terhadap Daya Dukung Tanah (DDT)

$$X = \frac{\Sigma M_{total}}{\Sigma V} = \frac{\Sigma M_a - \Sigma M_p}{\Sigma V}$$

$$= \frac{(1972,186 - 432,2)}{618,34} = 2,492 \text{ m}$$

$$\text{Eksentrisitas} = e = x - \frac{b}{2} = 2,492 - \frac{5,50}{2}$$

$$= -0,258 \text{ m} < 1/6 \cdot b = 0,92$$

kapasitas dukung tanah ijin Terzaghi, dan persamaan tabel Vesic :

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + H \cdot \gamma \cdot N_q + 0,50 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

Vesic 1973, untuk : $\phi = 25^\circ$

$$\phi = 25^\circ \rightarrow \text{Tabel : } N_c = 20,72$$

$$N_q = 10,66$$

$$N_\gamma = 10,88$$

$$\sigma_{ult} = (2 \cdot 20,72) + (5,7 \cdot 18 \cdot 10,66) + (0,50 \cdot 5,50 \cdot 18 \cdot 10,88) = 1673,716 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{ult}}{SF} = \frac{1673,716}{3} = 557,905 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan yang terjadi di dasar pondasi:

1. Tegangan vertikal maks didasar pondasi

$$\sigma_{ijin} = \frac{V}{b \cdot 1} = \frac{657,22}{5,50 \cdot 1} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{5,50}\right)$$

$$= 172,328 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{ijin} = 557,905 \text{ kN/m}^2$$

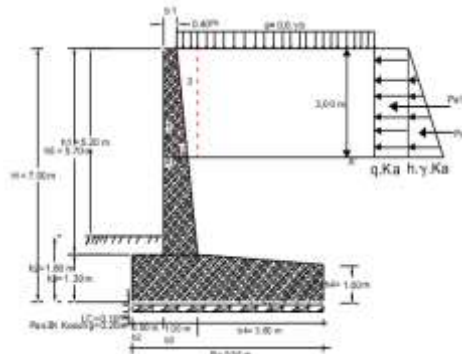
2. Tegangan vertical min didasar pondasi

$$\sigma_{min} = \frac{V}{b \cdot 1} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b}\right) = \frac{657,22}{5,50 \cdot 1} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,258}{5,50}\right) = 66,66 \text{ kN/m}^2$$

= > 0 Aman

Stabilitas Terhadap Gaya Internal

Tinjauan terhadap potongan A-A' Potongan A-A' beserta diagram tekanan tanah lateral pada Gambar 8.



Gambar 8. Potongan A-A' beserta diagram tekanan tanah lateral

Momen Aktif terhadap titik A pada potongan A-A'.

Tabel 3. Momen Aktif terhadap Titik A

No	Tekanan Tanah Aktif (kN)	Jarak A (m)	Momen ke A (kNm)
1	10,8	1,50	16,2
2	27	1,00	27
	$\sum Pa = 37,8$		$\sum Ma = 43,2$

Momen Pasif terhadap Titik A pada potongan A – A'.

Tabel 4. Momen Pasif terhadap Titik A

No	Berat (kN)	Jarak A (m)	Momen ke A (kNm)
1	30	0,20	6,0
2	11,842	0,505	5,983
3	8,526	0,084	0,718
	$\sum V = 50,368$		$\sum Mp = 12,701$

Eksentrisitas pada titik A

$$X = \frac{\sum M_{total}}{\sum V} = \frac{\sum Ma - \sum Mp}{\sum V}$$

$$= \frac{(43,2 - 12,701)}{50,368} = 0,606 \text{ m}$$

$$b = 0,4 + 0,316 = 0,716$$

$$\text{Eksentrisitas} = e = x - \frac{b}{2} = 0,60 - \frac{0,716}{2}$$

$$= 0,248 \text{ m} > \frac{b}{6} = 0,108 \text{ m}$$

Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Desak:

$$\sigma_{dsk} = \frac{V}{b \cdot 1} + \frac{\sum Ma - \sum Mp}{\frac{1}{6}(b)^2 \cdot 1} = \frac{50,368}{0,716 \cdot 1} + \frac{43,2 - 12,701}{\frac{1}{6}(0,716)^2 \cdot 1} = 427,5260 \text{ kN/m}^2$$

$$< \sigma_{dsk \text{ beton}}$$

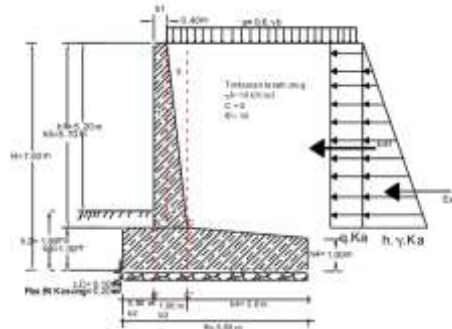
Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Geser:

$$D A-A' = \sum P_a = P_{a1} + P_{a2} = 10,8 + 27 = 37,8 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{2}{3} \cdot \frac{D}{b \cdot h} = \frac{2}{3} \cdot \frac{37,8}{0,716 \cdot 1} = 35,206 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau = 35,206 \text{ kN/m}^2 < \text{geser beton} = 150 \text{ kN/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Tinjauan terhadap potongan B-C Potongan B-C beserta diagram tekanan tanah lateral pada Gambar 9.



Gambar 9. Potongan B-C beserta diagram tekanan tanah lateral

Momen Aktif terhadap titik B pada potongan B-C

Tabel 5. Momen Aktif terhadap Titik B

No	Tekanan Tanah Aktif (kN)	Jarak B (m)	Momen ke B (kNm)
1	20,52	2,85	58,482
2	97,47	1,9	185,193
			$\sum M_a = 243,675$

Momen Pasif terhadap titik B pada potongan B C

Tabel 6. Momen Pasif terhadap Titik B

No	Berat (kN)	Jarak B (m)	Momen ke B (kNm)
1	57,00	0,20	11,4
2	42,75	0,08	3,42
3	30,78	0,20	4,925
	$\sum V = 130,53$		$\sum M_p = 19,745$

$$\text{Eksentrisitas} = e = x - \frac{b}{2} = 1,716 - \frac{1,00}{2} = 1,216 \text{ m} > \frac{b}{6} = 0,1667 \text{ m}$$

1. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Desak:

$$\sigma_{\text{dsk}} = \frac{V}{b \cdot 1} + \frac{\sum M_a - \sum M_p}{W} = \frac{130,53}{1,00 \cdot 1} + \frac{243,675 - 19,745}{\frac{1}{6} (1,00)^2 \cdot 1} = 1474,111 \text{ kN/m}^2$$

$$< \sigma_{\text{desak}}$$

$$\sigma = 1474,111 \text{ kN/m}^2 < \text{desak Beton} = 1500 \text{ kN/m}^2 \text{ (Aman)}$$

2. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Tarik:

$$\sigma_{\text{trk}} = \frac{V}{b \cdot 1} + \frac{\sum Ma - \sum Mp}{\frac{1}{6}(b)^2 \cdot 1} = \frac{130,53}{1,00 \cdot 1} + \frac{(243,675 - 19,745)}{\frac{1}{6}(1,00)^2 \cdot 1} = -1213,0512 \text{ kN/m}^2 < \sigma$$

$$\sigma = -1213,051 \text{ kN/m}^2 < \text{tarik beton} = 300 \text{ kN/m}^2 \text{ (aman)}$$

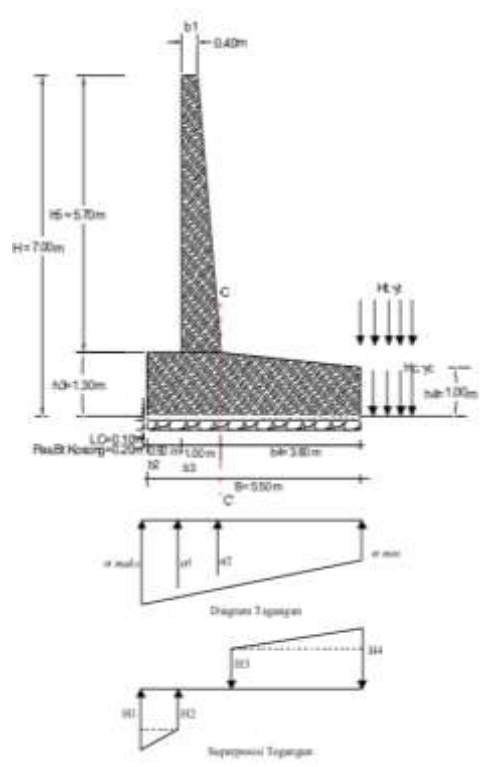
3. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Geser:

$$DB-C' = \sum Pa = Pa1 + Pa2 = 20,52 + 97,47 = 117,99 \text{ kN.}$$

$$\tau = \frac{2}{3} \cdot \frac{D}{b \cdot h} = \frac{2}{3} \cdot \frac{11,7,99}{1,00 \cdot 1} = 78,660 \text{ kN/m}^2 < \tau$$

$$\tau = 78,660 \text{ kN/m}^2 < \text{geser beton} = 150 \text{ kN/m}^2 \text{ (aman)}$$

Tinjauan Terhadap Potongan C-C' Potongan C-C' beserta diagram tegangan dan superposisi tegangan pada Gambar 10.



Gambar 10. Potongan terhadap C-C' beserta diagram tegangan dan superposisi tegangan

Hasil dari perhitungan diatas bahwa tegangan yang terjadi di dasar fondasi didapat nilai sebagai berikut:

$$\text{maks} = 172,328 \text{ kN/m}^2 \text{ dan}$$

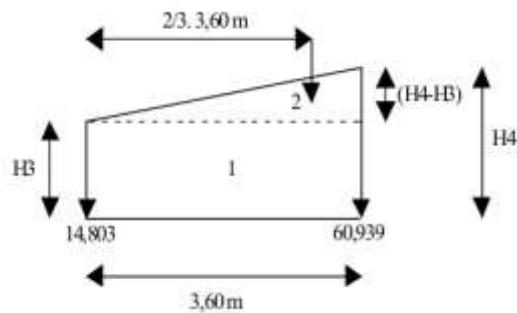
$$\text{min} = 66,661 \text{ kN/m}^2.$$

Berikut perhitungan dari superposisi tegangan pada potongan C-C':

$$H1 = \sigma \text{ maks} - Hc \cdot \gamma c = 172,328 - 1,00 \cdot 25$$

$$\begin{aligned}
 &= 147,328 \text{ kN/m}^2. \\
 H2 &= \sigma_1 - H_c \cdot \gamma_c = 144,129 - 1,00 \cdot 25 \\
 &= 119,129 \text{ kN/m}^2. \\
 H3 &= \sigma_2 - H_t \cdot \gamma_t - H_c \cdot \gamma_c = 112,797 - 5,70 \cdot 18 - 1,00 \cdot 25 = -14,803 \text{ kN/m}^2. \\
 H4 &= \sigma_{\min} - H_t \cdot \gamma_t - H_c \cdot \gamma_c = 66,661 - 5,70 \cdot 18 - 1,00 \cdot 25 = -60,939 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tinjauan Terhadap Potongan C- C' Momen yang terjadi pada tampang C- C' tampak pada Gambar 11.



Gambar 11. Momen yang terjadi pada tampang C- C'

$$\begin{aligned}
 M &= H3 \cdot 3,60 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,60 + (H4 - H3) \cdot 3,60 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3,60 \\
 &= 14,803 \cdot 3,60 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,60 + (60,939 - 14,803) \cdot 3,60 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3,60 \\
 &= 295,232 \text{ kNm}.
 \end{aligned}$$

1. Tegangan Desak yang terjadi:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{dsk}} &= \frac{\sum Ma}{\frac{1}{6} \cdot (b)^2 \cdot 1} = \frac{295,232}{\frac{1}{6} \cdot (1,30)^2 \cdot 1} = 1048,161 \text{ kN/m}^2. \\
 \sigma_{\text{dsk}} &= 1048,161 \text{ kN/m}^2 < \text{desak beton} \\
 &= 1500 \text{ kN/m}^2 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

2. Tegangan Geser yang terjadi:

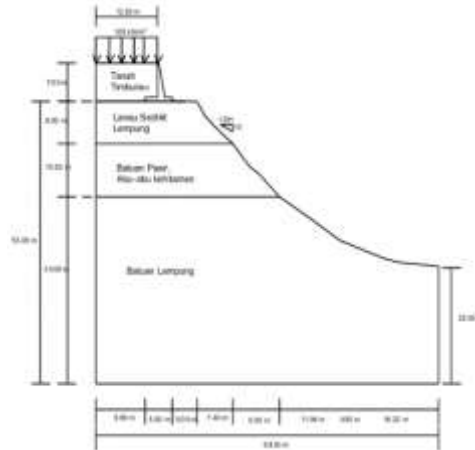
$$\begin{aligned}
 DC-C' &= H3 \cdot 3,60 + \frac{1}{2} \cdot (H4 - H3) \cdot 3,60 \\
 &= 14,803 \cdot 3,60 + 0,5 \cdot (60,939 - 14,803) \cdot 3,60 = 136,336 \text{ kN}.
 \end{aligned}$$

$$\tau = \frac{2}{3} \cdot \frac{D}{b \cdot h} = \frac{2}{3} \cdot \frac{136,336}{1,30 \cdot 1} = 69,916 \text{ kN/m}^2$$

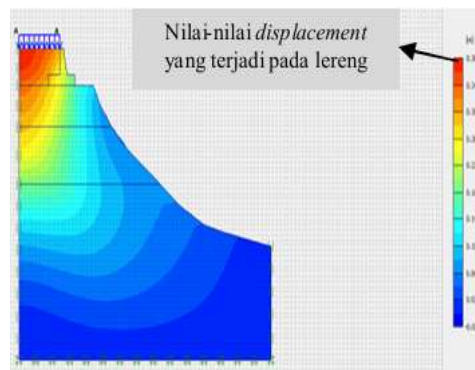
$$\begin{aligned}
 \tau &= 69,916 \text{ kN/m}^2 < \text{geser beton} \\
 &= 150 \text{ kN/m} \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

Anaslisir Stabilitas Lereng dengan Struktur Counter Weight di Sisi Kanan Abutment A2

DPT Berdiri di Lereng Tanah Asli di Sisi kanan Abutment A2 pemodelan stabilitas lereng dengankemiringan lereng asli 1V:0.25H, dapat dilihat seperti pada Gambar 12.

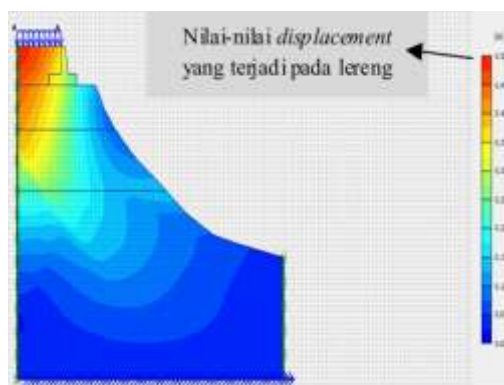


Gambar 12. Permodelan topografi lereng asli di Sta 22+125

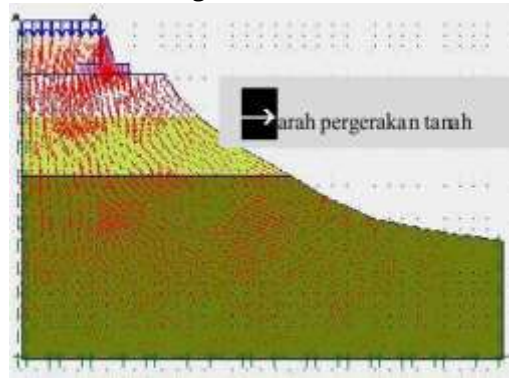


Gambar 13. Total displacement tanpa beban gempa

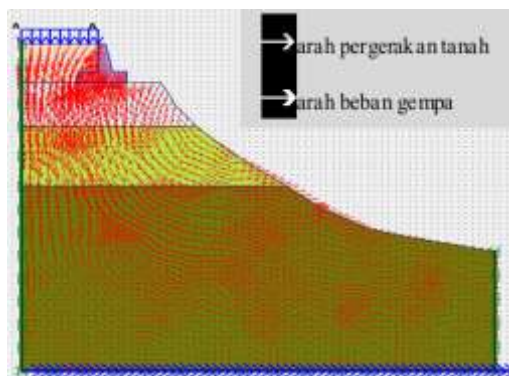
Besarnya nilai maximum total displacements tanpa beban gempa $372,54 \times 10^{-3} \text{m}$ sedangkan dengan beban gempa $515,48 \times 10^{-3} \text{m}$ seperti tampak pada Gambar 4.9a dan Gambar 4.9b.



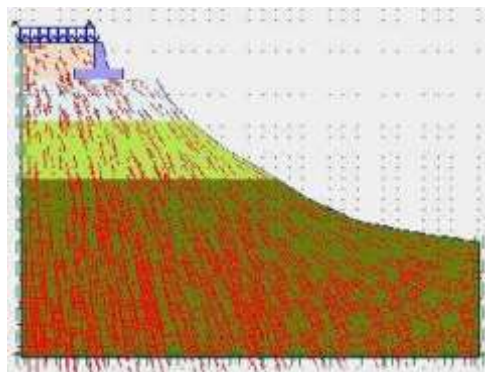
Gambar 14. Total displacement dengan beban gempa



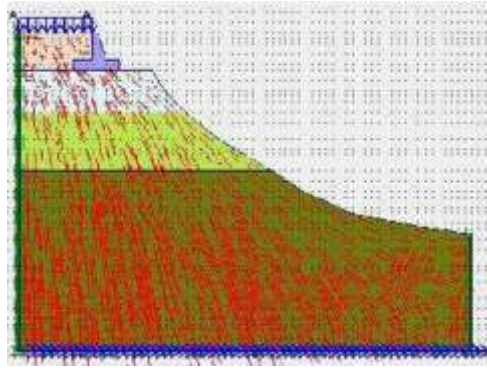
Gambar 15. Arah pergerakan tanah tanpa beban gempa



Gambar 16. Arah pergerakan tanah dengan beban gempa

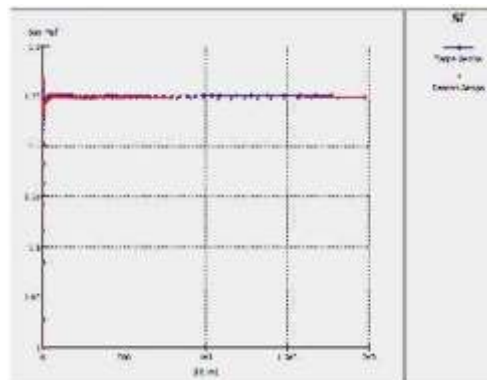


Gambar 17. Effective Stresses pada Lereng tanpa Beban Gempa



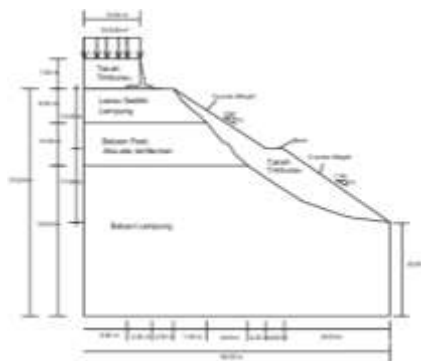
Gambar 18. Effective Stresses pada Lereng dengan Beban Gempa

Gambar 19 menunjukkan nilai angka aman (SF) pada lereng Sta. 22+125 tanpa beban gempa 1,251, dengan beban gempa 1,249



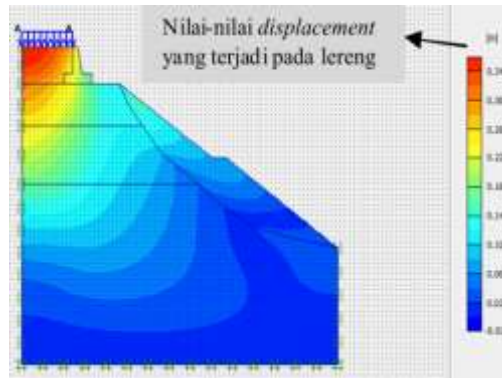
Gambar 19. Kurva SF lereng tanpa dan dengan beban gempa

DPT Berdiri di Lereng Tanah Asli di Sisi Kanan Abutment A2 yang Diperbaiki dengan Dua Struktur Counter Weight. Permodelan lereng diperbaiki dengan dua struktur Counter Weight dengan kemiringan lereng 1V:1,5H, seperti pada Gambar 20.

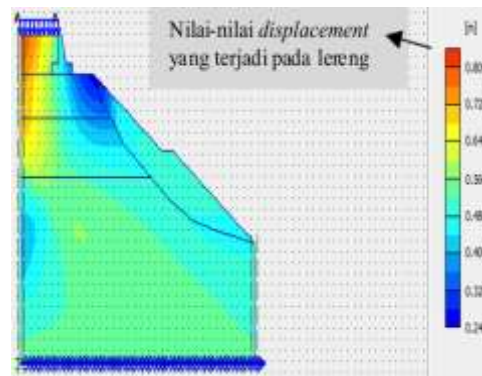


Gambar 20. Permodelan topografi lereng diperbaiki di Sta 22+125

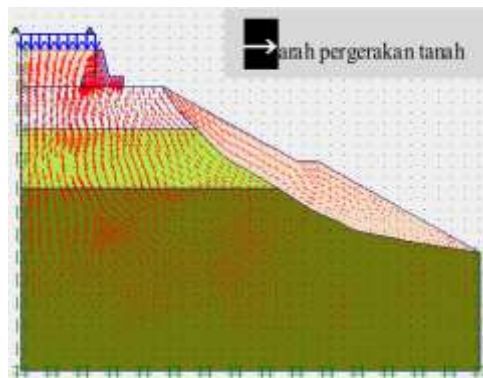
Besarnya displacements nilai tanpa maximum total beban gempa $358,81 \times 10^{-3}$ m dengan beban gempa $811,12 \times 10^{-3}$ m seperti tampak pada Gambar 21 dan Gambar 22.



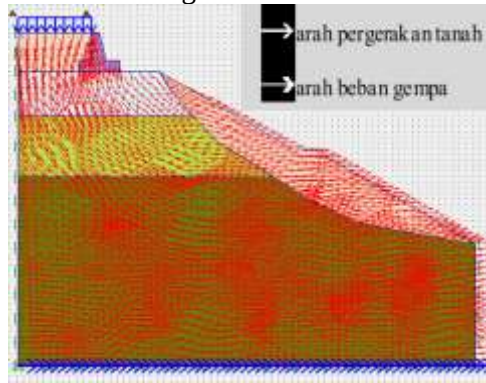
Gambar 21. Total displacement tanpa beban gempa



Gambar 22. Total displacement dengan beban gempa

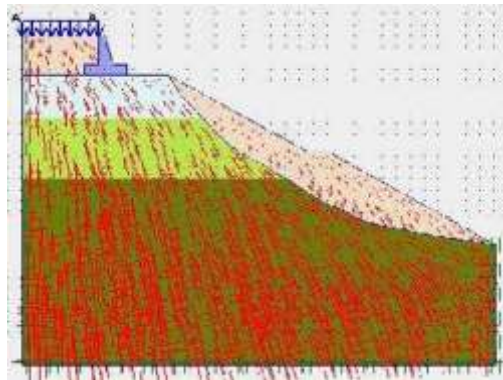


Gambar 23. Arah pergerakan tanah tanpa beban gempa

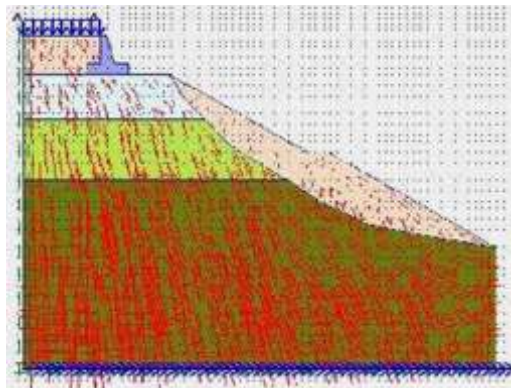


Gambar 24. Arah Pergerakan Tanah dengan Beban Gempa

Besarnya nilai effective stresses tanpa beban gempa -921,02 kN/m² dan dengan beban gempa -999,32 kN/m² seperti tampak pada Gambar 25 dan Gambar 26.

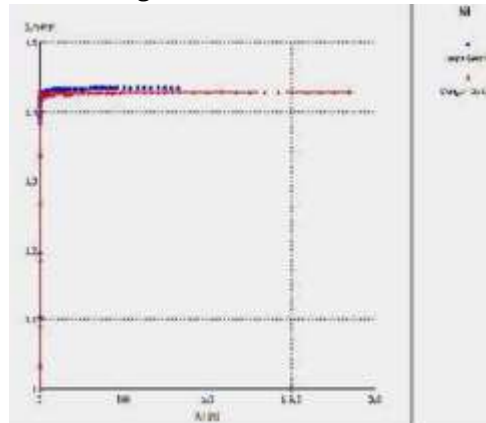


Gambar 25. Efektif stress pada lereng tanpa beban gempa



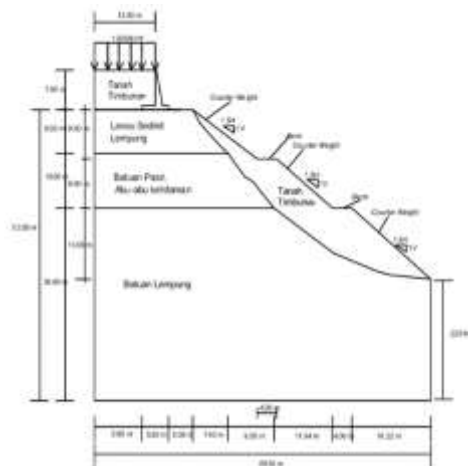
Gambar 26. Efektif stress pada lereng dengan beban gempa

Gambar 27 menunjukkan kurva angka aman (SF) tanpa beban gempa 1,435, dengan beban gempa sebesar 1,428



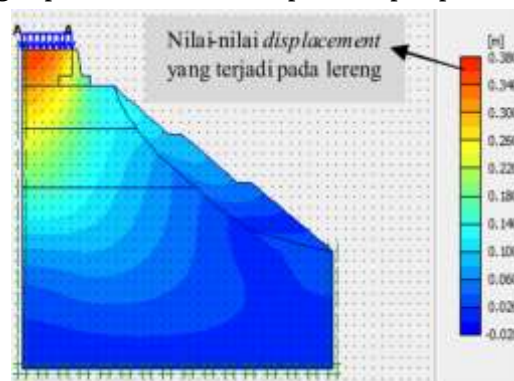
Gambar 27. Kurva SF lereng tanah dan dengan beban gempa

DPT Berdiri di Lereng Tanah Asli di Sisi Kanan Abutment A2 yang Diperbaiki dengan Tiga Struktur Counter Weight. Permodelan stabilitas lereng dengan tiga Counter Weight dengan kemiringan lereng 1V:1,5H, dapat dilihat seperti pada Gambar 28.

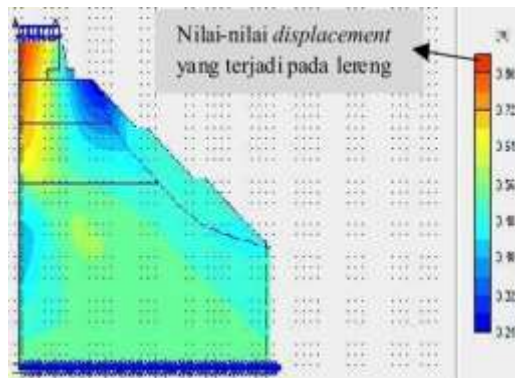


Gambar 28. Permodelan Topografi Lereng di Sta 22+125

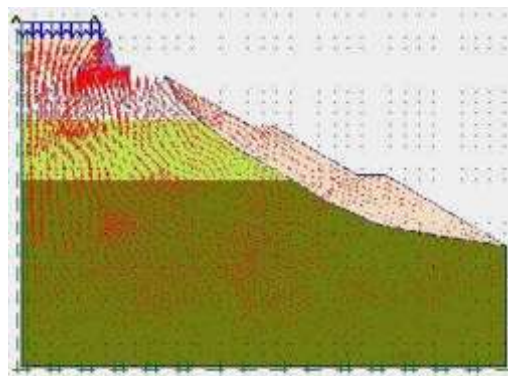
Besarnya nilai maximum total displacements pada lereng tanpa beban gempa $361,24 \times 10^{-3} \text{m}$ sedangkan dengan beban gempa $837,70 \times 10^{-3} \text{m}$ seperti tampak pada Gambar 29 dan Gambar 30.



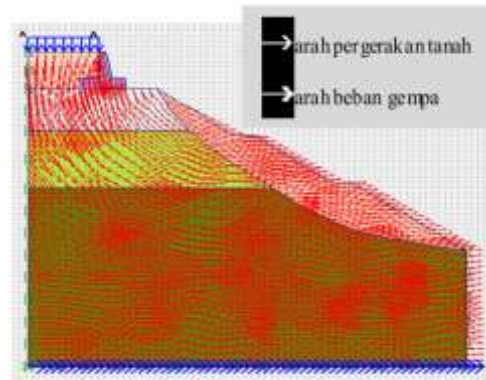
Gambar 29. Total displacement tanpa beban gempa



Gambar 30. Total displacement dengan beban gempa

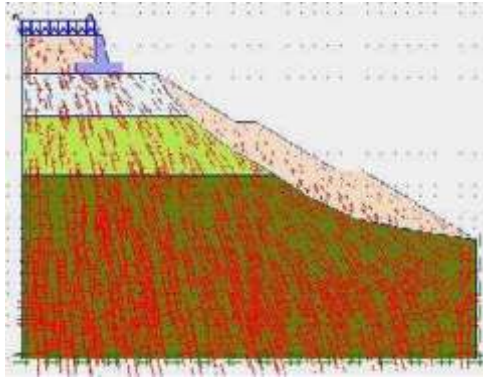


Gambar 31. Arah pergerakan tanah tanpa beban gempa

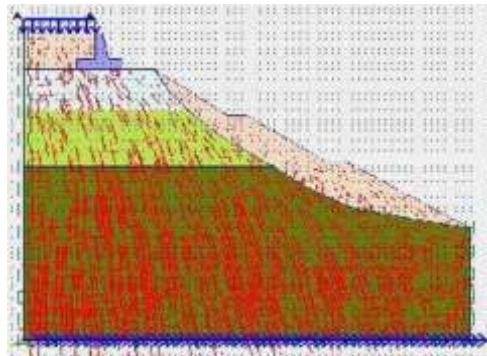


Gambar 32. Arah pergerakan tanah dengan beban gempa

Besarnya nilai effective stresses tanpa beban gempa $-916,55\text{kN/m}^2$ dan dengan beban gempa $-993,20\text{kN/m}^2$ seperti tampak pada Gambar 33 dan Gambar 34.



Gambar 33. Efektif stress pada lereng tanpa beban gempa



Gambar 34. Efektif stress pada lereng dengan beban gempa

Kesimpulan

1. Stabilitas struktur dinding penahan tanah berdasarkan pada tinjauan eksternal didapat stabilitas terhadap gaya guling sebesar = 4,574, stabilitas terhadap gaya geser sebesar = 2,288 $\geq$ dari SF = 1,50 maka kondisi gaya guling dan geser aman karna lebih besar dari safety factor diisyaratkan. Untuk stabilitas terhadap daya dukung tanah maks = 172.328 kN/m² < ijin = 557,905 kN/m² (aman). min = 66.661 kN/m² > 0 (aman). Untuk tinjauan stabilitas internal terhadap pada potongan A-A' didapat tegangan desak, desak = 427,560 kN/m² < desak beton 1500 kN/m² (aman). Tegangan geser 35,206 kN/m² < geser beton 150 kN/m² (aman). Tinjauan terhadap potongan B-C didapat tegangan desak, desak = 1474,112 kN/m² < desak beton 1500 kN/m² (aman). Tegangan tarik, tarik tarik = -1213,051 kN/m² < beton 300 kN/m² (aman). Tegangan geser = 78,660 kN/m² < geser beton 150 kN/m² (aman). Tinjauan terhadap potongan C-C' didapat tegangan desak, desak = 1048,161 kN/m² < desak beton 1500 kN/m² (aman). Tegangan geser 69,916 kN/m² < geser beton 150 kN/m² (aman).
2. Stabilitas lereng dimana DPT berdiri pada kondisi tanah asli tanpa beban gempa diperoleh angka aman sebesar 1,251 dan dengan beban gempa sebesar 1,249, nilai ini memenuhi syarat yang disepakati di proyek sebesar 1,30
3. Stabilitas Lereng dimana DPT berdiri di atas lereng asli yang diperbaiki dengan dua struktur Counter Weight didapat hasil angka aman tanpa beban gempa sebesar 1,435 dan dengan beban gempa sebesar 1,428, sedangkan diperbaiki dengan tiga struktur Counter Weight didapat hasil angka aman tanpa beban gempa 1,439 dan dengan beban gempa 1,430, nilai ini telah memenuhi syarat yang disepakati di proyek sebesar 1,30.

Saran

1. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbandingan kemiringan lereng pada Counter Weight agar didapat nilai angka aman yang bervariasi.
2. Dalam analisis stabilitas lereng dengan program Plaxis ini diperlukan trial and eror yang banyak

3. Perlu diberi bangunan drainase di sekitar dinding penahan tanah dan lereng untuk mengalirkan air hujan.

Daftar Pustaka

- [1] Arum, S.P. (2010). Redesain Dinding Penahan Tanah Tipe Pasangan Batu Kali dengan Geotekstil Teranyam (Woven Geotextile), Studi Kasus Lereng Sungai Pada Gedung D3 Ekonomi UII. Tugas Akhir. (Tidak Universitas Yogyakarta).
- [2] Brinkgreve, R.B.J et al. (2007). PLAXIS 2D – Versi 8. Delft University of Technology and Belanda PwqeLAXIS.
- [3] Heryono, I.T. (2010). Kajian Stabilitas Lereng *Abutment* Jembatan Susukan Jalan Tol Semarang- solo, Ruas Semarang-Bawen, Seksi II Gedawang-Penggarong Menggunakan program Plaxis 8.2. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- [4] Hardiyatmo, H.C. (2011). Analisis dan Perancangan Fondasi 1. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [5] Hardiyatmo, H.C. (2010). Mekanika Tanah 2. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [6] Hardiyatmo, H.C. (2006). Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gajah Mada University Press Yogyakarta.
- [7] Hardiyatmo, H.C. (2006). Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gajah Mada University Press Yogyakarta.
- [8] Ismanti, Sito. (2012). Analisis Perilaku Timbunan dengan Perkuatan Geosintetik Menggunakan Software Plaxis. Thesis. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- [9] Purwanto Edy. (2009). Desain Pondasi Dangkal (Bahan Kuliah Desain Pondasi Dangkal), Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [10] PT. Global Perfex Synergi & ASS. (2012). Justifikasi Teknik Pekerjaan Timbunan Abutment dan Badan Jalan Lokal serta Fondasi Tiang Bor pada Overpass Sta.21+850, Bawen. Semarang.
- [11] PT. Waskita Karya Tbk. (2011). Laporan Soil Investigation Bor Mesin/Bor Log. Semarang.