

# ANALISIS PERILAKU GERAKAN MASSA TANAH PADA DINDING PENAHAN TANAH OVERPASS SIMPANG PARINGIN STA. 250-275 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

## (ANALYSIS OF SOIL MASS MOVEMENT BEHAVIOR AROUND RETAINING WALL IN OVERPASS SIMPANG PARINGIN STA. 250-275 BY USING FINITE ELEMENT METHOD)

Hariyadi<sup>1</sup>, Muhammad Rifqi Abdurrozak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [13511172@students.uii.ac.id](mailto:13511172@students.uii.ac.id)

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [135111101@staf.uii.ac.id](mailto:135111101@staf.uii.ac.id)

**Abstract:** *Deformation is a structural change due to the forces from the outside or inside. This research is intended to analyze the deformation occurring on the ground barrier wall of the Overpass Project Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia due to external load using finite element method. Analysis of stability of the retaining wall was calculated mathematically and to analyze the deformation, it uses a plaxis program by modeling the slope that provide external loads. This is to know the behavior of deformation that occurs on the retaining wall. So, with this research is expected to obtain the information of retaining wall condition due to deformation happened. The result of slope modeling shows that the maximum deformation occurs on D-D pieces, where the D-D piece shows the structure of that retaining wall. The maximum deformation value of the horizontal direction due to the light weight of the vehicle without earthquake is 0,0117 m and with the earthquake load is 0,025 m, the medium vehicle load without an earthquake is 0,149 m and the earthquake is 0,244 m, and the heavy vehicle load without earthquake is 0,272 m and with an earthquake is 0,319 m. The deformation happened can be said to be relatively safe because the movement of retaining wall before landslide according to Look (2007) is 20-40 cm.*

**Keywords:** *Retaining Wall, Deformation, External Load, Program Plaxis*

### 1. PENDAHULUAN

Dinding penahan tanah adalah bangunan yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Perencanaan overpass paringin terdiri dari tiga bagian yang salah satunya adalah bagian pendekat yang menggunakan timbunan serta perkuatan struktur dinding penahan tanah. Pada penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis deformasi maksimum yang terjadi pada dinding penahan tanah proyek Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia akibat beban eksternal. Pada penelitian ini untuk menganalisis melakukan perhitungan manual dan digunakan program Plaxis sebagai program pengkajian.

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah dan menganalisis perilaku deformasi yang terjadi pada massa tanah dinding penahan tanah Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia pada saat operasional. Selain itu, penelitian ini juga untuk mengetahui deformasi maksimum yang terjadi pada massa dinding penahan tanah Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia. Apabila diketahui nilai yang didapatkan tidak aman, memberikan rekomendasi perbaikan dinding penahan tanah.

Untuk membatasi penelitian yang dilakukan, diberikan batasan-batasan masalah

dalam penelitian diantaranya lokasi penelitian dinding penahan tanah hanya di Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia. Selain itu beban yang diperhitungkan adalah beban eksternal, yaitu beban lalu lintas, beban akibat tanah timbunan, dan beban gempa. Untuk beban gempa mengacu pada peta zonasi gempa dari Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010. Untuk analisis digunakan program plaxis dan perhitungan manual untuk menghitung stabilitas dari dinding penahan tanah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang analisis perilaku gerakan massa tanah telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan Abdurrozak (2012), selain itu Noor (2012) juga melakukan penelitian pengaruh beban kendaraan sebagai beban titik dan beban merata terhadap deformasi geogrid.

Abdurrozak (2012) melakukan penelitian menganalisis gerakan massa tanah di lokasi abutmen jembatan susukan jalan tol Semarang-Solo seksi II. Dalam penelitian tersebut bertujuan mengetahui penyebab utama deformasi, perilaku lereng, serta deformasi maksimum yang dapat terjadi pada abutmen jembatan susukan. Metode yang digunakan adalah Program Plaxis yang disimulasikan dengan idealisasi lereng menjadi model 2-D plain strain. Dari penelitian yang dilakukan, hasil penelitian menunjukkan gerakan horisontal maksimum abutmen yakni 55,597 cm terhitung sejak abutmen selesai dibangun. Selain itu, gerakan massa tanah pada lereng abutmen dipicu adanya pekerjaan konstruksi abutmen yang mereduksi kekuatan tanah penyusun lereng, serta akibat galian di kaki lereng, sehingga mengurangi massa tanah yang berfungsi sebagai penahan.

Noor (2012) melakukan penelitian pengaruh beban kendaraan sebagai beban titik terhadap deformasi geogrid sebagai perkuatan *embankment* di atas tanah lunak. Deformasi geogrid dianalisis menggunakan Plaxis versi 7.2 dengan pemodelan *plain strain* untuk model tanah *embankment* dan tanah dasarnya begitu

pula untuk geogrid dan *floating piles*. Beban kendaraan sebagai beban titik (*point load*) sebesar 20 kN/m, 40 kN/m dan 60 kN/m. Simulasi yang dilakukan secara bertahap menyerupai kondisi pelaksanaan konstruksi di lapangan yaitu *staged construction*. Penerapan beban kendaraan akan menambah deformasi geogrid, hal ini nampak pada perpindahan vertikal geogrid pada beban kendaraan terbesar (beban 60 kN/m). Pada pembebanan dengan durasi pembebanan jangka panjang dimana *excess pore water pressure* sudah sangat kecil, nilai perpindahan vertikal geogrid sebesar 0,5062 m untuk rigid *embankment* dan sebesar 0,6568 m untuk *interface embankment*. Perbedaan ini terjadi karena terjadi *slip* (gelincir) pada bidang kontak antara geogrid dan tanah sehingga terjadi penambahan jumlah massa tanah yang ditahan oleh geogrid, yang mengakibatkan defleksi pada geogrid juga bertambah. Noor (2012) melakukan penelitian pengaruh beban kendaraan sebagai beban titik terhadap deformasi geogrid sebagai perkuatan *embankment* di atas tanah lunak. Deformasi geogrid dianalisis menggunakan Plaxis versi 7.2 dengan pemodelan *plain strain* untuk model tanah *embankment* dan tanah dasarnya begitu pula untuk geogrid dan *floating piles*. Beban kendaraan sebagai beban titik (*point load*) sebesar 20 kN/m, 40 kN/m dan 60 kN/m. Simulasi yang dilakukan secara bertahap menyerupai kondisi pelaksanaan konstruksi di lapangan yaitu *staged construction*. Penerapan beban kendaraan akan menambah deformasi geogrid, hal ini nampak pada perpindahan vertikal geogrid pada beban kendaraan terbesar (beban 60 kN/m). Pada pembebanan dengan durasi pembebanan jangka panjang dimana *excess pore water pressure* sudah sangat kecil, nilai perpindahan vertikal geogrid sebesar 0,5062 m untuk rigid *embankment* dan sebesar 0,6568 m untuk *interface embankment*. Perbedaan ini terjadi karena terjadi *slip* (gelincir) pada bidang kontak antara geogrid dan tanah sehingga terjadi penambahan jumlah massa tanah yang ditahan oleh geogrid, yang

mengakibatkan defleksi pada geogrid juga bertambah.

Selain itu, Noor (2012) juga melakukan penelitian pengaruh beban kendaraan sebagai beban terbagi rata terhadap deformasi geogrid sebagai perkuatan embankment. Dimana perpindahan vertikal akhir yang terjadi pada geogrid akibat beban *embankment* dan beban kendaraan sebesar 50 kPa untuk durasi pembebanan jangka panjang dimana excess pore water pressure sudah sangat kecil adalah sebesar -0,9062 m pada rigid embankment dan sebesar -1,4206 m pada interface embankment. Perbedaan ini terjadi karena slip (gelincir) pada bidang kontak antara geogrid dan tanah. Mengakibatkan penambahan jumlah massa tanah yang ditahan oleh geogrid, sehingga defleksi pada geogrid juga bertambah.

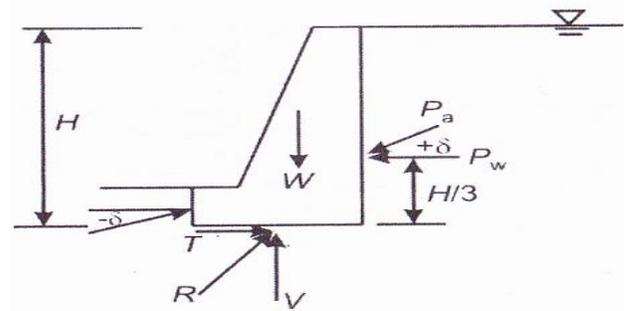
Selanjutnya dilakukan penelitian tentang analisis perilaku gerakan massa tanah pada dinding penahan tanah Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia dengan memodelkan menggunakan *software* plaxis dengan diperoleh perilaku deformasi massa tanah dengan grafik antara *horizontal displacement* dan kedalaman.

### 3. LANDASAN TEORI

#### 3.1 Hitungan Stabilitas Dinding Penahan

Jika dinding pada keadaan seimbang, jumlah vektor gaya-gaya akan sama dengan nol. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.1. Gaya-gaya tersebut meliputi:

1. Berat sendiri dinding penahan ( $W$ ).
2. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug ( $P_a$ ).
3. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding ( $P_p$ ).
4. Reaksi tanah dasar ( $R$ ).



**Gambar 3.1 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah**

(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau terhadap hal-hal sebagai berikut:

1. Faktor aman terhadap penggeseran dan penggulingan harus mencukupi.
2. Tekanan yang terjadi pada tanah dasar fondasi harus tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin.
3. Stabilitas lereng secara keseluruhan harus memenuhi syarat
4. Jika tanah dasar mudah mampat, penurunan tak seragam yang terjadi tidak boleh berlebihan.

#### 3.1.1 Stabilitas Terhadap Penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh sebagai berikut.

- a. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi.
- b. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran ( $F_{gs}$ ), didefinisikan dibawah ini.

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5$$

Untuk tanah granuler ( $c = 0$ ) didefinisikan:

$$\begin{aligned} \sum R_h &= Wf \\ &= W \tan \delta_b ; \text{ dengan } \delta_b \leq \phi \end{aligned}$$

Untuk tanah kohesif ( $\phi = 0$ ) didefinisikan:

$$\Sigma R_h = c_a B$$

Untuk tanah yang memiliki nilai  $c$  dan  $\phi$  ( $c > 0$  dan  $\phi > 0$ ) didefinisikan:

$$\Sigma R_h = c_a B + W \tan \delta_b$$

Keterangan:

$\Sigma R_h$  = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

$W$  = berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat fondasi (kN)

$\delta_b$  = sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi, biasanya di ambil  $1/3 - 2/3$   $\phi$

$c_a$  =  $a_d \times c$  = adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi tanah dasar (kN/m<sup>2</sup>)

$a_d$  = faktor adhesi

$B$  = lebar fondasi (m)

$\Sigma P_h$  = jumlah gaya-gaya horisontal (kN)

$f$  =  $\tan \delta_b$  = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi ( $F_{gs}$ ) minimum di ambil 1,5. Bowles (1997) dalam Hardiyatmo (2014) menyarankan:

$F_{gs} \geq 1,5$  untuk tanah dasar granuler

$F_{gs} \geq 2$  untuk tanah dasar kohesif

### 3.1.2 Stabilitas Terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi. Faktor aman akibat penggulingan ( $F_{gl}$ ), didefinisikan:

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}}$$

Keterangan:

$$\Sigma M_w = W b_l$$

$$\Sigma M_{gl} = \Sigma P_{ah} h_l + \Sigma P_{av} B$$

$\Sigma M_w$  = momen yang melawan penggulingan (kNm)

$\Sigma M_{gl}$  = momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

$W$  = berat tanah di atas pelat fondasi + berat sendiri dinding penahan penahan (kN)

$B$  = lebar kaki dinding penahan (m)

$\Sigma P_{ah}$  = jumlah gaya-gaya horisontal (kN)

$\Sigma P_{av}$  = jumlah gaya-gaya vertikal (kN)

Faktor aman terhadap penggulingan ( $F_{gl}$ ) bergantung pada jenis tanah sebagai berikut.

$F_{gl} \geq 1,5$  untuk tanah dasar granuler

$F_{gl} \geq 2$  untuk tanah dasar kohesif

### 3.1.3 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, seperti persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2014). Kapasitas tersebut adalah kapasitas dukung ultimit ( $q_u$ ) untuk fondasi memanjang dinyatakan:

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

Keterangan:

$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman fondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$B$  = lebar fondasi dinding penahan tanah (m)

$N_c, N_q,$  dan  $N_\gamma$  = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan pada Persamaan 3.26.

$$SF = \frac{q_u}{q} \geq 3$$

dengan  $q$  adalah tekanan akibat beban struktur. Umumnya faktor aman ( $SF$ ) terhadap

keruntuhan tanah dasar minimum diambil sama dengan 3.

Tekanan struktur pada tanah dasar fondasi dapat dihitung seperti Persamaan 3.27, Persamaan 3.28 dan Persamaan 3.29.

1. Bila lebar dipakai cara lebar efektif fondasi (asumsi Mayerhorf):

$$q = \frac{V}{B'}$$

dengan:

$V$  = beban vertikal total dan

$B' = B - 2e$

2. Bila distribusi tekanan kontak antara tanah dasar fondasi dianggap linier.

$$q = \frac{V}{B'} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right) \text{ bila } e \leq B/6$$

$$q = \frac{2V}{3(B-2e)} \text{ bila } e \geq B/6$$

### 3.2 Metode Elemen Hingga Menggunakan Plaxis

Metode numerik adalah suatu rekayasa matematika yang mentransformasikan ekspresi mekanika kontinyu (bentuk kalkulus dan persamaan diferensial) menjadi mekanika diskrit (bentuk matrik). Salah satu metode numerik telah dikembangkan dalam analisa numerik adalah metode elemen hingga

Plaxis adalah program elemen hingga yang dikembangkan untuk analisis deformasi, stabilitas dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik. Dengan plaxis 2D geometri model dapat dengan mudah didefinisikan dalam mode tanah dan struktur, setelah model padat independen secara otomatis dapat dipotong dan menyatu.

### 4. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metode penelitian yang akan dilakukan diantaranya pada analisis perhitungan manual untuk menghitung stabilitas terhadap penggulingan, stabilitas terhadap penggeseran, dan stabilitas

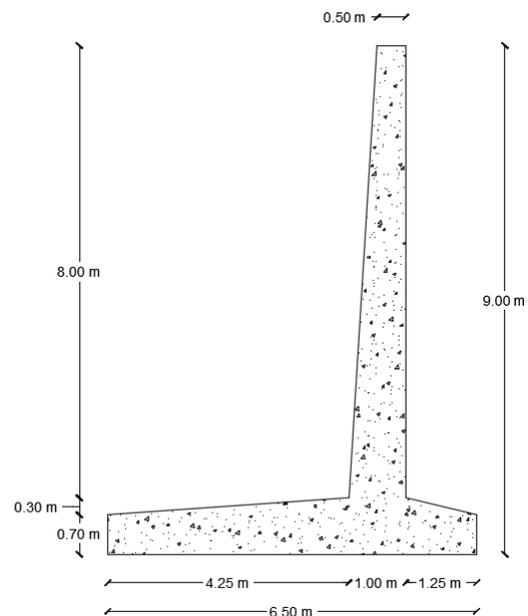
terhadap kuat kapasitas daya dukung tanah. Selain itu, analisis juga dilakukan dengan menggunakan program plaxis untuk menganalisis gerakan massa tanah yang terjadi dengan dimodelkan pembebanannya dengan beberapa kondisi yaitu, akibat beban kendaraan ringan, sedang, dan berat serta masing-masing beban ditambah dengan beban gempa.

Jika adanya rekomendasi perbaikan yang diberikan, analisis yang dilakukan sama seperti dengan kondisi lereng asli secara keseluruhan, selain itu analisis pada rekomendasi perbaikan menghitung secara keseluruhan dengan menambahkan analisis yang terjadi akibat beban internal dengan meninjau stabilitas akibat tegangan desak, stabilitas tegangan tarik, dan stabilitas tegangan geser.

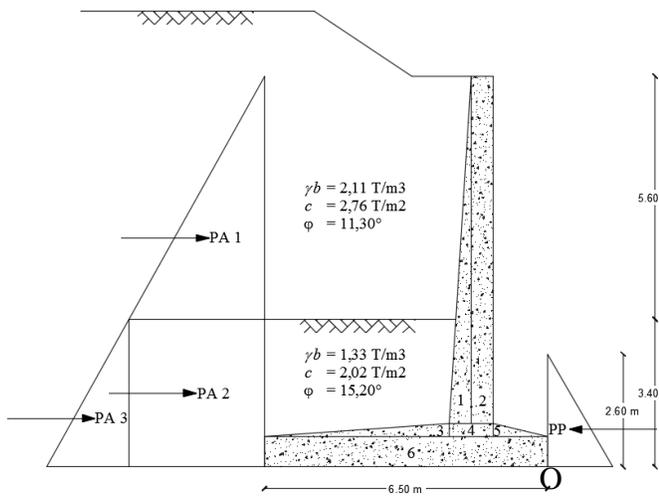
### 5. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Data Parameter Analisis Perhitungan dan Program Plaxis

Dinding penahan tanah yang akan di analisis pada penelitian ini ditinjau pada potongan melintang Sta. 250 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1, serta dengan diagram tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada dinding penahan tanah tersebut pada Gambar 5.2



**Gambar 5.1 Potongan Melintang Struktur Dinding Penahan Tanah**



**Gambar 5.2 Diagram Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah**

Data potongan melintang dari struktur dinding penahan tanah sesuai dengan kondisi struktur dinding penahan tanah dilapangan yang dapat dilihat pada Gambar 5.1. Untuk data dari spesifikasi struktur dinding penahan tanah adalah sebagai berikut.

1. Dinding penahan tanah terbuat dari beton bertulang
2. Mutu beton bertulang yang digunakan adalah K-350
3. Berat volume beton bertulang yang digunakan adalah  $2,4 \text{ T/m}^3$ .
4. Dinding penahan tanah memiliki tinggi 9 meter dan lebar 6,5 meter.

Berikut dibawah ini adalah data parameter tanah yang digunakan dalam penelitian analisis dinding penahan tanah.

1. Tanah timbunan 1
  - a. Berat volume tanah ( $\gamma_b$ ) =  $2,11 \text{ T/m}^3$
  - b. Kohesi ( $c$ ) =  $2,76 \text{ T/m}^2$
  - c. Sudut geser dalam ( $\phi$ ) =  $11,30^\circ$
2. Tanah timbunan 2
  - a. Berat volume tanah ( $\gamma_b$ ) =  $1,33 \text{ T/m}^3$
  - b. Kohesi ( $c$ ) =  $2,02 \text{ T/m}^2$
  - c. Sudut geser dalam ( $\phi$ ) =  $15,20^\circ$
- d. Tanah asli
  - a. Berat volume tanah ( $\gamma_b$ ) =  $1,69 \text{ T/m}^3$
  - b. Kohesi ( $c$ ) =  $1,91 \text{ T/m}^2$
  - c. Sudut geser dalam ( $\phi$ ) =  $30,90^\circ$

Parameter tanah *input* yang digunakan dalam simulasi pemodelan plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Parameter Tanah Input Plaxis**

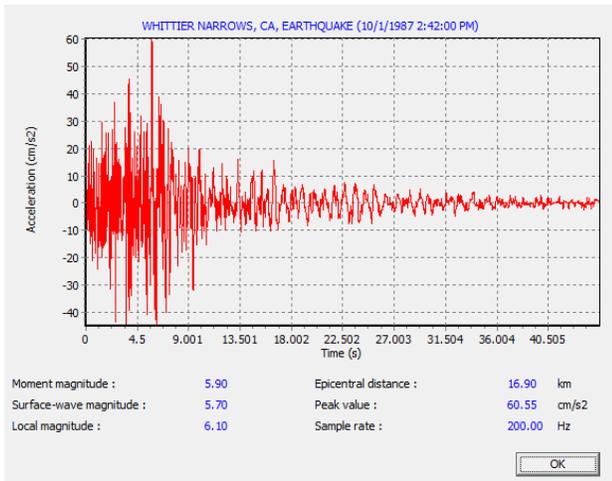
Parameter	Notasi	Satuan	Tanah 1	Tanah 2	Tanah 3	Tanah 4
Model Material	<i>Model</i>	-	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Jenis Perilaku Material	<i>Jenis</i>	-	Tak Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase
Berat Volume Unsaturated	$\gamma_{unsat}$	$\text{kN/m}^3$	18.71	8.00	13.28	12.02
Berat Volume Saturated	$\gamma_{sat}$	$\text{kN/m}^3$	22.32	13.43	18.27	16.69
Permeabilitas	$K_x$	m/hari	-	8.25984E-06	4.31136E-05	1.14048E-05
	$K_y$	m/hari	-	8.25984E-06	4.31136E-05	1.14048E-05
Modulus Elastisitas	$E$	$\text{kN/m}^2$	30000.00	10000.00	10000.00	10000.00
Angka Poisson	$\nu$	-	0.25	0.33	0.33	0.33
Kohesi	$C$	$\text{kN/m}^2$	27.08	19.82	18.74	13.05
Sudut Geser Dalam	$\phi$	$^\circ$	11.30	15.20	30.90	23.40

Parameter bangunan dinding penahan tanah *input* yang digunakan dalam simulasi pemodelan plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Parameter Bangunan Dinding Penahan Tanah Input Plaxis**

Parameter	Notasi	Satuan	DPT
Model Material	<i>Model</i>	-	Linier-Elastic
Jenis Perilaku Material	<i>Jenis</i>	-	Non-Porous
Berat Volume Beton	$\gamma_{beton}$	( $\text{kN/m}^3$ )	24
Modulus Elastisitas	$E$	( $\text{kN/m}^2$ )	25332084.4
Angka Poisson	$\nu$	-	0.15

Setelah *input* parameter tanah, beban yang bekerja pada dinding penahan tanah setelah operasional adalah beban lalu lintas yang diasumsikan sebagai beban merata. Dalam hal ini beban yang direncanakan untuk menganalisis perilaku deformasi yang terjadi pada struktur dinding penahan tanah diasumsikan menjadi 3 pembebanan, yaitu beban kendaraan ringan ( $<10 \text{ Ton}$ ), beban kendaraan sedang ( $>10 \text{ Ton}$  dan  $<30 \text{ Ton}$ ), dan beban kendaraan berat ( $>30 \text{ Ton}$ ). Beban-beban tersebut mengacu pada beban sumbu kendaraan manual perkerasan jalan dengan alat bankelman beam no. 01/MN/BM//83. Selain itu, data beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.3



**Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Percepatan Gempa dan Waktu Gempa Wilayah Whittier Narrows, California, 10 Januari 1987**

(Sumber : [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov), 2017)

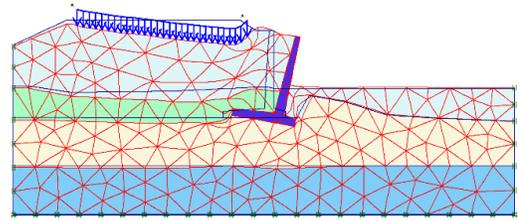
## 5.2 Analisis Perhitungan

### 5.2.1 Perhitungan Manual

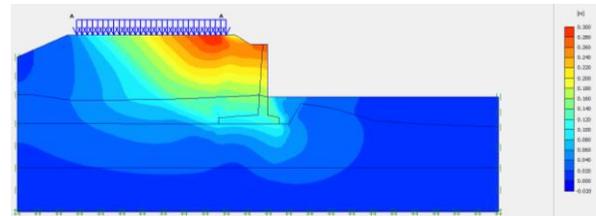
Dalam perhitungan manual yang telah dianalisis didapatkan stabilitas terhadap penggeseran sebesar  $1,49 < 1,5$  (tidak aman), stabilitas terhadap penggulingan sebesar  $2,52 > 1,5$  (aman), dan stabilitas terhadap kapasitas daya dukung tanah sebesar  $q_{maks} = 28,97 \text{ T/m}^2 > q_{all} = 21,93 \text{ T/m}^2$  (tidak aman) dan  $q_{min} = 3,06 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ T/m}^2$  (aman)

### 5.2.2 Perhitungan Program Plaxis

Pada analisis yang dilakukan dengan program plaxis, didapatkan *displacement* terbesar pada beban kendaraan berat tanpa gempa dan dengan beban gempa. Untuk hasil jaring-jaring elemen hingga (*meshing*) pada sta. 0+250 dengan *deformed mesh* beban kendaraan berat dapat dilihat pada Gambar 5.4. Besarnya nilai *total displacement* dengan beban kendaraan berat adalah sebesar 0,296 m. *Displacement* yang terjadi pada dinding penahan akibat beban kendaraan berat tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.

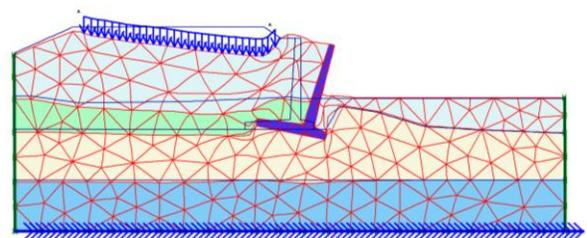


**Gambar 5.4 Deformed Mesh dengan Beban Kendaraan Berat**

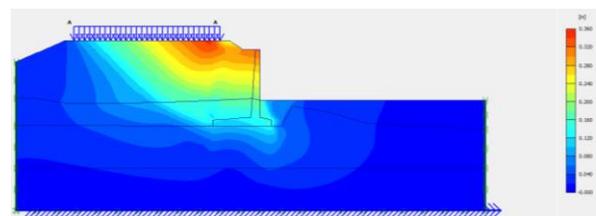


**Gambar 5.5 Total Displacement dengan Beban Kendaraan Berat**

Selain itu, akibat beban kendaraan berat dan beban gempa, hasil jaring-jaring elemen hingga (*meshing*) pada sta. 0+250 dengan *deformed mesh* beban kendaraan berat dapat dilihat pada Gambar 5.6. Besarnya nilai *total displacement* dengan beban kendaraan berat dan beban gempa adalah sebesar 0,344 m. *displacement* yang terjadi pada dinding penahan akibat beban kendaraan berat dan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.7



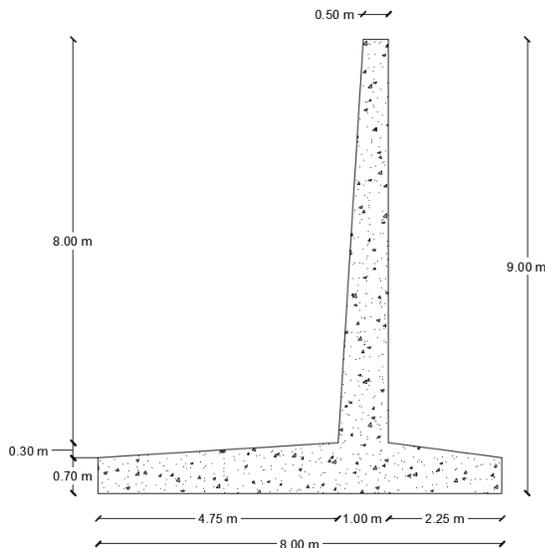
**Gambar 5.6 Deformed Mesh dengan Beban Kendaraan Berat Dan Beban Gempa**



**Gambar 5.7 Total Displacement dengan Beban Kendaraan Berat Dan Beban Gempa**

### 5.2.3 Rekomendasi Perbaikan

Dalam analisis yang dilakukan, didapatkan bahwa nilai angka aman untuk stabilitas tidak mencapai aman secara keseluruhan, oleh karena itu adanya rekomendasi perbaikan yang diberikan seperti Gambar 5.8.



**Gambar 5.8 Potongan Melintang Struktur Dinding Penahan Tanah Setelah Diperbaiki**

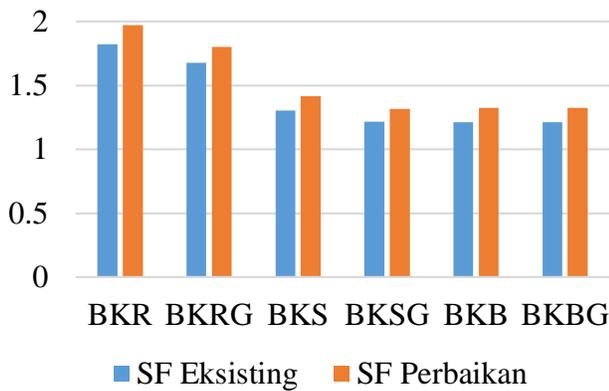
### 5.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual stabilitas struktur dinding penahan tanah kondisi eksisting secara manual ditinjau pada stabilitas terhadap gaya eksternal, didapat nilai angka aman (*safety factor*) stabilitas terhadap penggeseran adalah  $1,49 < 1,5$  dimana angka aman stabilitas terhadap penggeseran tidak aman. Selain itu, nilai angka aman terhadap stabilitas keruntuhan kapasitas dukung tanah juga tidak aman karena nilai yang didapatkan dari perhitungan adalah  $q_{maks} = 28,97 \text{ T/m}^2 > 21,93 \text{ T/m}^2$  dimana nilai angka aman tersebut lebih dari tegangan yang di ijin dan  $q_{min} = 3,06 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ T/m}^2$  (aman). Untuk stabilitas terhadap penggulingan didapatkan nilai 2,52 dimana nilai tersebut lebih dari yang disyaratkan adalah 1,5 yang berarti nilai angka aman terhadap penggulingan adalah aman. Setelah mengetahui bahwa dimensi tidak aman secara keseluruhan, rekomendasi perbaikan yang

dilakukan dengan memperbesar lebar fondasi dari 6,5 m menjadi 8 m. Nilai angka aman stabilitas terhadap penggeseran adalah  $1,69 > 1,5$  yang menunjukkan nilai angka aman tersebut aman terhadap penggeseran. Untuk nilai angka aman stabilitas terhadap penggulingan adalah  $3,64 > 1,5$ , dimana angka aman untuk stabilitas terhadap penggulingan aman. Selain itu, nilai stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah adalah  $q_{maks} = 18,03 \text{ T/m}^2 < q_{all} = 29,22 \text{ T/m}^2$  dan  $q_{min} = 11,02 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ T/m}^2$ , dimana tegangan pada kapasitas dukung tanah menunjukkan aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah.

Selain itu, analisis dengan menggunakan program plaxis menunjukkan nilai angka aman untuk beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah sebesar  $1,8245 > 1,3$  (aman) dan dengan beban gempa diperoleh sebesar  $1,6799 > 1,3$  (aman). Untuk nilai angka aman dari beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah sebesar  $1,3054 > 1,3$  (aman) dan dengan beban gempa diperoleh sebesar  $1,2184 < 1,3$  (tidak aman). Selain itu untuk kendaraan berat didapatkan nilai angka aman tanpa beban gempa adalah sebesar  $1,2146 < 1,3$  (tidak aman) dan dengan beban gempa diperoleh sebesar  $1,2145 < 1,3$  (aman). Setelah diketahui bahwa kondisi eksisting dinding penahan tanah tidak aman secara keseluruhan dalam menahan beban yang ada di atasnya, diberi rekomendasi perbaikan dengan memperlebar dimensi bawah dinding penahan tanah. Nilai angka aman setelah dinding penahan tanah tersebut diperbaiki adalah untuk beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah sebesar  $1,972 > 1,3$  (aman) dan dengan beban gempa diperoleh sebesar  $1,803 > 1,3$  (aman). Untuk nilai angka aman dari beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah sebesar  $1,415 > 1,3$  (aman) dan dengan beban gempa diperoleh sebesar  $1,317 > 1,3$  (aman). Selain itu untuk kendaraan berat didapatkan nilai angka aman tanpa beban gempa adalah sebesar  $1,324 > 1,3$  (aman) dan dengan beban gempa diperoleh sebesar  $1,326 > 1,3$  (aman). Untuk perbandingan nilai angka aman kondisi eksisting dan setelah diperbaiki dapat dilihat pada Gambar 5.9

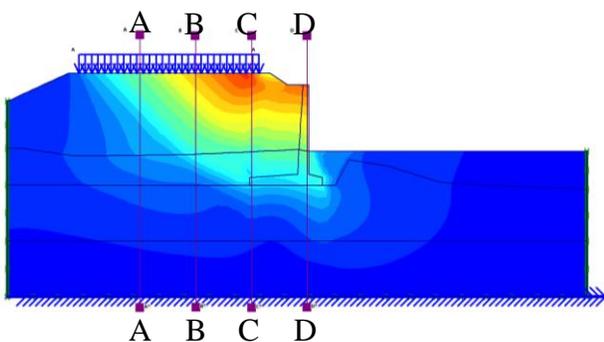
Dalam penelitian ini, hasil perhitungan ditinjau dari perilaku deformasi dinding penahan tanah dari potongan melintang yang ditentukan berdasarkan nilai *displacement* dari analisis program plaxis. Perilaku deformasi yang terjadi pada dinding penahan tanah akibat beban kendaraan dan gempa disajikan pada Gambar 5.10



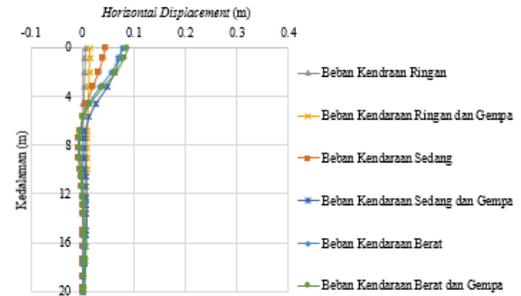
Keterangan:

- BKR : Beban Kendaraan Ringan
- BKRG : Beban Kendaraan Ringan dan Beban Gempa
- BKS : Beban Kendaraan Sedang
- BKSG : Beban Kendaraan Sedang dan Beban Gempa
- BKB : Beban Kendaraan Berat
- BKBG : Beban Kendaraan Berat dan Beban Gempa

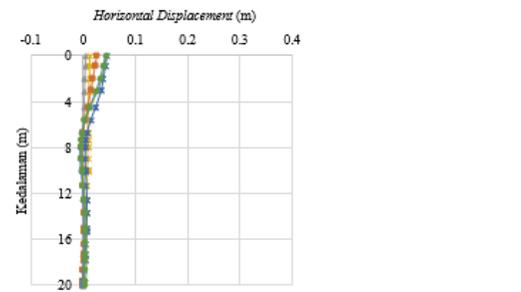
**Gambar 5.9 Perbandingan Nilai SF Kondisi Eksisting dan Kondisi Setelah Diperbaiki**



**Gambar 5.10a Potongan Yang Akan Ditinjau Displacement Tiap-tiap Pembebanan**

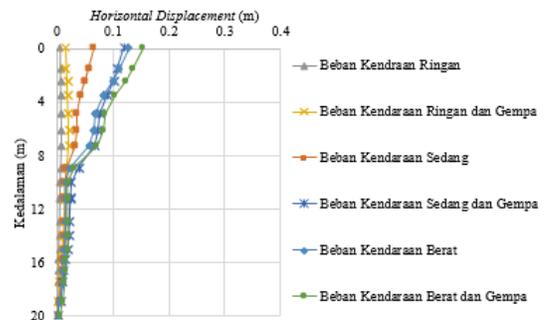


(a) Kondisi Eksisting

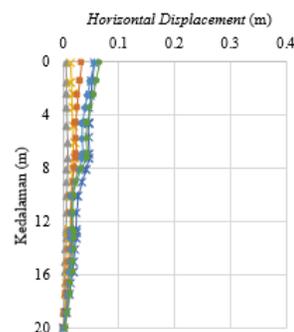


(b) Kondisi Setelah Diperbaiki

**Gambar 5.10b Horizontal Displacement Potongan A-A Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa**

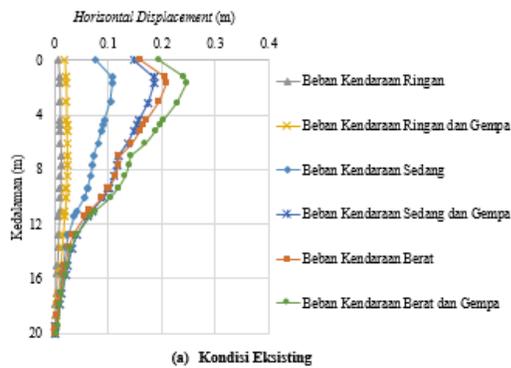


(a) Kondisi Eksisting

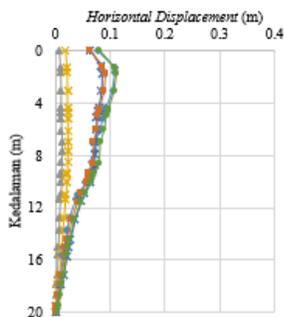


(b) Kondisi Setelah Diperbaiki

**Gambar 5.10c Horizontal Displacement Potongan B-B Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa**

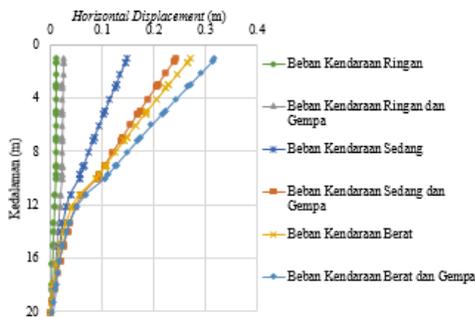


(a) Kondisi Eksisting

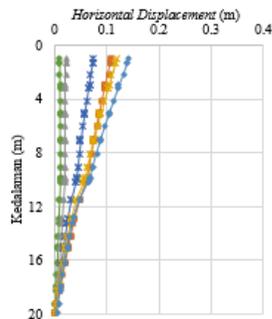


(b) Kondisi Setelah Diperbaiki

**Gambar 5.10d Horizontal Displacement Potongan C-C Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa**



(a) Kondisi Eksisting



(b) Kondisi Setelah Diperbaiki

**Gambar 5.10e Horizontal Displacement Potongan D-D Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa**

Bedasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, masing-masing nilai *total displacement* untuk kondisi eksisting untuk beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah 0,028 m dan dengan beban gempa adalah 0,028 m. Untuk beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah 0,172 m dan dengan beban gempa adalah 0,249 m. Untuk beban kendaraan berat tanpa beban gempa adalah 0,272 m dan dengan beban gempa adalah 0,319 m. Dimana dinding penahan tanah masih relatif aman karena dalam Look (2007) mengatakan toleransi *displacement* dinding penahan tanah kecil sampai dengan besar adalah sebesar 20-40 cm. Untuk nilai *total displacement* setelah diperbaiki untuk beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah 0,026 m dan dengan beban gempa adalah 0,025 m. Untuk beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah 0,109 m dan dengan beban gempa adalah 0,125 m. Untuk beban kendaraan berat tanpa beban gempa adalah 0,157 m dan dengan beban gempa adalah 0,179 m. Untuk nilai *displacement* setelah diperbaiki didapatkan nilai yang aman menurut Look (2007) karena nilai *displacement* yang terjadi kurang dari 20-40 cm.

Selain itu, berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, deformasi maksimum yang terjadi pada tiap-tiap pembebanan terletak pada potongan D-D, dimana potongan D-D diambil dari pemotongan dinding penahan tanah yang dimodelkan pada plaxis dari bidang gambar potongan melintang pada analisis program plaxis. Nilai deformasi maksimum arah horisontal pada potongan D-D akibat beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah sebesar 0,0117 m dan dengan beban gempa adalah sebesar 0,025 m. Untuk beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah sebesar 0,148 m dan dengan beban gempa adalah sebesar 0,244 m. Untuk beban kendaraan berat tanpa beban gempa adalah sebesar 0,272 m dan dengan beban gempa adalah sebesar 0,319 m. Bentuk deformasi yang dihasilkan dari pemodelan program plaxis masih relatif aman karena pergerakan dinding penahan tanah

sebelum longsor menurut Look (2007) adalah sebesar 20-40 cm.

Hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa untuk nilai faktor aman belum memenuhi syarat secara keseluruhan untuk perhitungan manual untuk kondisi lereng asli. Selain itu, nilai faktor aman untuk yang dilewati kendaraan sedang dan berat menyebabkan kondisi struktur dinding penahan tanah mengalami kondisi kritis karena nilai angka aman tersebut kurang dari yang disyaratkan adalah 1,5. Dalam tinjauan lain, nilai deformasi yang diakibatkan beban kendaraan sedang dan berat dengan beban gempa dan tanpa beban gempa juga mengakibatkan kondisi kritis pada struktur dinding penahan tanah. Oleh karena itu, perlunya rekomendasi perbaikan pada struktur dinding penahan tanah tersebut. Dari hasil keseluruhan, direkapitulasi pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7

**Tabel 4.7 Hasil Analisis Perhitungan Program Plaxis Kondisi Eksisting Tanpa Beban Gempa**

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		
		BKR	BKS	BKB
<i>Effective Stresses</i>	kN/m <sup>2</sup>	-286,79	-507,32	-642,28
<i>Safety Factor</i>	-	1,8245	1,3054	1,2146
Syarat		1,3	1,3	1,3
Keterangan		Aman	Aman	Tidak Aman
<i>Total Displacement</i>	m	0,028	0,172	0,296
<i>Maksimum Horizontal Displacement:</i>	m			
- Potongan A-A		0,0063	0,045	0,077
- Potongan B-B		0,0055	0,066	0,128
- Potongan C-C		0,0085	0,108	0,159
- Potongan D-D		0,00117	0,148	0,272

**Tabel 4.8 Hasil Analisis Perhitungan Program Plaxis Kondisi Eksisting Dengan Beban Gempa**

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		
		BKR	BKS	BKB
<i>Effective Stresses</i>	kN/m <sup>2</sup>	-283,11	-571,73	-665,46
<i>Safety Factor</i>	-	1,6799	1,2184	1,2145
Syarat		1,3	1,3	1,3
Keterangan		Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
<i>Total Displacement</i>	m	0,028	0,249	0,344
<i>Maksimum Horizontal Displacement:</i>	m			
- Potongan A-A		0,015	0,077	0,088
- Potongan B-B		0,017	0,119	0,134
- Potongan C-C		0,024	0,185	0,194
- Potongan D-D		0,025	0,244	0,319

**Tabel 4.9 Hasil Analisis Perhitungan Program Plaxis Kondisi Setelah Diperbaiki Tanpa Beban Gempa**

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		
		BKR	BKS	BKB
<i>Effective Stresses</i>	kN/m <sup>2</sup>	-285,87	-329,21	-379,97
<i>Safety Factor</i>	-	1,972	1,415	1,324
Syarat		1,3	1,3	1,3
Keterangan		Aman	Aman	Aman
<i>Total Displacement</i>	m	0,026	0,109	0,157
<i>Maksimum Horizontal Displacement:</i>	m			
- Potongan A-A		0,0052	0,028	0,042
- Potongan B-B		0,0072	0,030	0,048
- Potongan C-C		0,0107	0,056	0,091
- Potongan D-D		0,0106	0,058	0,088

**Tabel 4.10 Hasil Analisis Perhitungan Program Plaxis Kondisi Setelah Diperbaiki Tanpa Beban Gempa**

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		
		BKR	BKS	BKB
<i>Effective Stresses</i>	kN/m <sup>2</sup>	-267,05	-343,33	-396,43
<i>Safety Factor</i>	-	1,803	1,317	1,326
Syarat		1,3	1,3	1,3
Keterangan		Aman	Aman	Aman
<i>Total Displacement</i>	m	0,025	0,125	0,179
<i>Maksimum Horizontal Displacement:</i>	m			
- Potongan A-A		0,013	0,046	0,045
- Potongan B-B		0,019	0,056	0,059
- Potongan C-C		0,022	0,086	0,112
- Potongan D-D		0,021	0,086	0,116

**Tabel 4.11 Hasil Analisis Perhitungan Manual Kondisi Eksisting**

Parameter	Satuan	Kondisi		
		Nilai	Syarat	Keterangan
SF Geser	-	1,49	1,5	Tidak Aman
SF Guling	-	2,52	1,5	Aman
Daya Dukung Tanah				
- $q_{maks}$	T/m <sup>2</sup>	28,97	< $q_{all} = 21,93$	Tidak Aman
- $q_{min}$	T/m <sup>2</sup>	3,06	> 0	Aman

**Tabel 4.12 Hasil Analisis Perhitungan Manual Kondisi Setelah Diperbaiki**

Parameter	Satuan	Kondisi		
		Nilai	Syarat	Keterangan
SF Geser	-	1,69	1,5	Aman
SF Guling	-	3,64	1,5	Aman
Daya Dukung Tanah				
- $q_{maks}$	T/m <sup>2</sup>	18,03	< $q_{all} = 29,22$	Aman
- $q_{min}$	T/m <sup>2</sup>	11,02	> 0	Aman

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab

sebelumnya, dapat disimpulkan adalah sebagai berikut.

1. Nilai faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia sebelum operasional kondisi eksisting didapat nilai angka aman stabilitas terhadap penggeseran adalah  $1,49 < 1,5$  (tidak aman), nilai angka aman stabilitas terhadap penggulingan adalah  $2,52 > 1,5$  (aman), nilai angka aman stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah adalah  $q_{maks} = 28,97 \text{ T/m}^2 > q_{all} = 21,93 \text{ T/m}^2$  (tidak aman) dan  $q_{min} = 3,06 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ T/m}^2$  (aman). Untuk kondisi setelah diperbaiki nilai angka aman stabilitas terhadap penggeseran adalah  $1,69 > 1,5$  (aman), nilai angka aman stabilitas terhadap penggulingan adalah  $3,64 > 1,5$  (aman), nilai angka aman stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah adalah  $q_{maks} = 18,03 \text{ T/m}^2 < q_{all} = 29,22 \text{ T/m}^2$  (aman) dan  $q_{min} = 11,02 \text{ T/m}^2 > 0 \text{ T/m}^2$  (aman).
2. Perilaku deformasi yang terjadi pada massa tanah dinding penahan tanah Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia saat operasional didapat dari nilai *total displacement* yang dianalisis menggunakan plaxis. Untuk kondisi eksisting pada beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah 0,028 m dan dengan beban gempa adalah 0,028 m, beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah 0,172 m dan dengan beban gempa adalah 0,249 m, beban kendaraan berat tanpa beban gempa adalah 0,296 m dan dengan beban gempa adalah 0,319 m. Untuk kondisi setelah diperbaiki pada beban kendaraan ringan tanpa beban gempa adalah 0,026 m dan dengan beban gempa adalah 0,025 m, beban kendaraan sedang tanpa beban gempa adalah 0,109 m dan dengan beban gempa adalah 0,125 m, beban kendaraan berat tanpa beban gempa

adalah 0,157 m dan dengan beban gempa adalah 0,179 m.

3. Deformasi maksimum yang terjadi pada massa tanah dinding penahan tanah Overpass Simpang Paringin Sta. 250-275 Balangan PT. Adaro Indonesia terjadi pada potongan D-D, dimana potongan D-D menunjukkan pemotongan pada dinding penahan tanah pada pemodelan program plaxis. Nilai deformasi maksimum arah horisontal akibat beban kendaraan ringan tanpa gempa sebesar 0,0117 m dan dengan beban gempa sebesar 0,025 m, beban kendaraan sedang tanpa gempa sebesar 0,148 m dan dengan gempa sebesar 0,244 m, dan untuk beban kendaraan berat tanpa gempa sebesar 0,272 m dan dengan beban gempa sebesar 0,319 m. Deformasi yang terjadi dapat dikatakan masih relatif aman.
4. Rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah dengan memperbesar lebar fondasi dari dinding penahan tanah tersebut. Untuk itu, rekomendasi yang diberikan adalah untuk kondisi eksisting dengan lebar 6,5 m diperbesar menjadi 8 m untuk perbaikan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, penulis memberikan saran adalah sebagai berikut.

1. Beban diatas dinding penahan tanah sebaiknya semua dianalisis agar beban tersebut dapat dipergunakan dalam keperluan perencanaan dinding penahan tanah dan memenuhi syarat secara keseluruhan dalam perencanaan dinding penahan tanah.
2. Penelitian selanjutnya diperlukan bangunan perkuatan untuk lebih memperkuat dinding penahan tanah yang telah ada akibat gaya atau beban yang terjadi diatasnya dengan kokoh dan ekonomis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrozak, M.R. 2012. *Analisis Perilaku Gerakan Massa Tanah di Lokasi Abutmen (ABT II) Jembatan Susukan Jalan Tol Semarang Solo Seksi II Gedawang Penggarong Menggunakan Program Plaxis (Tesis)*. Universitas Gajah Mada (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta.
- Bowles, J.E. 1986. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 2*. Erlangga. Jakarta
- Fitri, R. 2016. *Analisis Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Safety Factor Lereng dengan Perkuatan Bored Pile Menggunakan Program Plaxis 8.2 (Tugas Akhir)*. Universitas Islam Indonesia (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta
- Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Ketiga*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2003. *Mekanika Tanah I Edisi Ketiga*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah II Edisi Kelima*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Peta Zonasi Gempa Indonesia 2010*. Jakarta.
- Look, B. 2007. *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Table*. UK Taylor and Francis Group. London.
- Noor, A.A. 2012. *Pengaruh Beban Kendaraan Sebagai Beban Terbagi Rata terhadap Deformasi Geogrid sebagai Perkuatan Embankment (Jurnal)*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Noor, A.A. 2012. *Pengaruh Beban Kendaraan Sebagai Beban Titik terhadap Deformasi Geogrid sebagai Perkuatan Embankment (Jurnal)*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- PT. Wijaya Karya, 2015. *Data Penyelidikan Tanah (Soil Investigation)*.
- Rahardjo, Salim dan Widjaja. 2002. *Manual Kestabilan Lereng*. Geotechnical Engineering Center Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Sosrodarsono dan Nakazawa. 2002. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*.
- Wibowo, N.A. 2016. *Pengaruh Kondisi Ekstrim Terhadap Stabilitas Internal dan Eksternal Dinding Penahan Tanah Menggunakan Program Plaxis 8.2 (Tugas Akhir)*. Universitas Islam Indonesia (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta.
- Yulianto, D. 2013. *Analisis Dinding Penahan Tanah dan Stabilitas Lereng dengan Struktur Counter Weight Menggunakan Program Plaxis 8.5 (Tugas Akhir)*. Universitas Islam Indonesia (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta.