

**ANALISIS PERILAKU GERAKAN MASSA TANAH PADA DINDING  
PENAHAN TANAH DAN TURAP DENGAN METODE ELEMEN  
HINGGA  
(STUDI KASUS LINTASAN KERETA API BESINTANG-LANGSA STA.  
424+200)**

Chairina Miranda Sari<sup>1</sup>, M. Rifqi Abdurrozak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia  
Email: 16511153@students.uui.ac.id

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia  
Email: 135111101@uui.ac.id

**ABSTRACT**

*The BSLA railway is located in the Besitang area, North Sumatra to Langsa, Nanggeroe Aceh Darussalam. The construction of the railway line is sought not to be on the same level as the highway, to minimize accidents. The existing reinforcement used on the railway slope is cantilever concrete retaining wall. This reinforcement is intended to prevent landslides and maintain the required slope. Steel sheet pile reinforcement is an alternative that can be used for slope reinforcement. The method used in this research is manual analysis and finite element method. From the analysis carried out, the results obtained that the SF value of the retaining wall is  $SF_{sliding} = 3,526$ ,  $SF_{overtuning} = 3,105$  and  $SF_{soil\ capacity} = 4,211$ . Based on the finite element method, the normal load displacement value = 0,2858 m, while the earthquake load is 0.0843 m. Normal load SF value = 1,764. The sheet pile used was Nippon Steel's production of Hat+H NS-SP-10 H type with a driving depth of 7 m. The displacement value of the sheet pile with normal load = 0,544 m and with an earthquake load of 0,5108 m. The SF value with earthquake load is 1,544. DPT reinforcement is considered more effective because it has a greater SF value than sheet pile SF. Displacement that occurs in DPT is also smaller than with sheet pile, so DPT is more suitable for use at the location of the Besitang-Langsa rail road.*

**Keywords :** *Stability, retaining wall, sheet pile, finite element method.*

## PENDAHULUAN

Lintasan Kereta Api Besitang – Langsa merupakan bagian dari jaringan kereta api Trans Sumatera. Lintasan kereta api ini menghubungkan dua provinsi yaitu Besitang, Sumatra Utara dengan Langsa, Nanggeroe Aceh Darussalam. Pembangunan Lintasan kereta api diusahakan tidak sebidang dengan jalan raya. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan. Perbandingan kemiringan lereng yang disyaratkan adalah 1:1,5 atau 1:2. Untuk mencegah keruntuhan lereng maka lakukan perkuatan dengan dinding penahan tanah (DPT). Jenis dinding penahan tanah yang digunakan dalam proyek ini adalah dinding beton tipe kantilever. Selain dinding penahan tanah, turap atau *sheet pile* juga merupakan salah satu bangunan yang dapat digunakan untuk menahan timbunan tanah. Keunggulan dari bangunan turap ini adalah pemasangan yang mudah dan cepat serta biaya pembangunan yang relatif lebih murah.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana stabilitas eksternal dan internal dinding penahan tanah berdasarkan analisis manual?
2. Bagaimana besar nilai keamanan pada dinding penahan tanah dengan analisis metode elemen hingga?
3. Bagaimana besar pergerakan tanah yang terjadi pada dinding penahan tanah dengan analisis metode elemen hingga?
4. Bagaimana besar nilai keamanan pada lereng jika diperkuat dengan turap/ *sheet pile* berdasarkan analisis metode elemen hingga ?
5. Bagaimana besar pergerakan tanah pada turap/ *sheet pile* berdasarkan analisis metode elemen hingga?
6. Bagaimana perbandingan nilai keamanan dan besar pergerakan tanah dengan perkuatan dinding penahan tanah dan turap/ *sheet pile*?

## TINJAUAN PUSTAKA

Anisa (2018) meneliti DPT pada lereng Sungai Gajah Putih dengan 2 kondisi, muka air normal dan muka air banjir. Hasil analisis manual kondisi muka air normal nilai SF geser = 4,346, SF guling = 7,520, SF daya dukung = 4,288, sedangkan kondisi muka air banjir nilai SF geser = 3,855, Sf guling = 6,923, SF daya dukung = 3,590. Menurut analisis *plaxis* pada kondisi muka air normal dengan beban pejalan kaki nilai SF= 2,949 dan dengan beban gempa SF= 1,563. Pada kondisi muka air banjir dengan beban yang sama masing-masing 3,027 dan 1,564.

Menurut Anggarini (2018), hasil penelitian dengan perkuatan DPT dan *sheet pile* pada lereng Sungai Gajah Putih aman pada segala kondisi. nilai SF DPT muka air banjir dengan beban luar dan beban gempa sedesar 2,672, 2,75, 1,523 dan 1,531. Nilai *sheet pile* kondisi muka air normal dan muka air banjir dengan beban luar dan beban gempa sebesar 2,173, 2,185, 1,519 dan 1,52, sedangkan nilai SF *sheet pile* diangkur kondisi muka air normal dan muka air banjir dengan beban luar dan beban gempa sebesar 2,452, 2,486, 1,520 dan 1,520.

Penelitian Fatah (2018), mendapat hasil perkuatan cerucuk dan *geotextile* pada Sta. 136+800 – Sta. 136+850, sedangkan Sta. 158+500 – Sta. 159+500 perkuatan yang digunakan cerucuk dan dinding penahan tanah pasangan batu tipe gravitasi.

Menurut Nurtanti (2019), kondisi lereng asli pada Sungai Pabelan tidak stabil. Alternatif perkuatan yang ditawarkan DPT beton bertulang dan *sheet pile* baja. Kedua perkuatan aman terhadap beban gempa dengan nilai SF DPT= 1,273 dan SF *sheet pile* = 1,306.

## LANDASAN TEORI

### Gerakan Tanah

Gerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah/batuan dengan arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Hal ini dapat dipengaruhi oleh gravitasi, aliran air dan beban dari luar

(Purwanto, 2008). Menurut Duncan dan Wright (2005) dalam anggarini (2018) toleransi pergerakan tanah akibat gempa adalah 1 m untuk lereng dan bendungan, sedangkan dari data Skempton dan Hutchinson (1969) toleransi gerakan tanah sebelum dan sesudah terjadi longsor pada DPT 20-40 cm dan longsor sedang-besar 40-130 cm.

### Tekanan Lateral

Tekanan tanah lateral sangat berpengaruh pada stabilitas DPT. Terdapat 3 jenis tekanan lateral. Tekanan tanah saat diam adalah kondisi tanah urug dibelakangnya diam dan elastis, tekanan tanah aktif merupakan gaya yang aktif terhadap keruntuhan tanah dan tekanan tanah pasif adalah gaya perlawanan tanah sebelum dinding mengalami keruntuhan. Perhitungan tekanan aktif dan pasif menurut Teori Rankine (1857) dapat dilihat pada Persamaan 1-4.

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

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a - 2c \times H \sqrt{K_a} \quad (2)$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \varphi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left( 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right)^2} \quad (3)$$

$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p + 2c \times H \sqrt{K_p} \quad (4)$$

### Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah bangunan yang berfungsi menahan tekanan tanah lateral untuk mencegah keruntuhan tanah atau kelongsoran yang diakibatkan oleh beban baik air hujan, berat tanah sendiri ataupun beban yang bekerja di atasnya. Agar DPT stabil diperlukan analisis stabilitas eksternal dan internal.

#### 1. Stabilitas eksternal

- a. Stabilitas terhadap penggulingan  
Faktor keamanan terhadap guling (Fgl) disajikan pada Persamaan 5.

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 2 \quad (5)$$

- b. Stabilitas terhadap penggeseran  
Faktor keamanan terhadap geser (Fgs) disajikan pada Persamaan 6.

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_a} \geq 2 \quad (6)$$

- c. Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

Kapasitas dukung ultimit ( $q_u$ ) dan faktor keamanan kapasitas dukung disajikan pada Persamaan 7 dan 8.

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_{fy} N_q + D_\gamma i_\gamma 0,5 B_\gamma N_\gamma \quad (7)$$

$$F = q_u / q \geq 3 \quad (8)$$

#### 2. Stabilitas internal

- a. Tinjauan desak

$$\sigma_{desak} = \frac{V}{b \cdot l} \left( 1 + \frac{6e}{b} \right) \quad (9)$$

- b. Tinjauan geser

$$\tau_{geser} = \frac{2}{3} \times \frac{P_a}{b \cdot l} \quad (10)$$

- c. Tinjauan terhadap patah kaki depan atau belakang

$$\sigma_{desak} = \pm \frac{M}{W} \leq \sigma_{bahan} \quad (11)$$

$$\tau_{geser} = \frac{3}{2} \times \frac{D}{A} \leq \tau_{bahan} \quad (12)$$

### Turap

Turap atau biasa disebut sheet pile adalah dinding vertikal relatif tipis yang berfungsi kecuali untuk menahan tanah juga berfungsi untuk menahan masuknya air kedalam galian (hardiyatmo, 2008). Menurut Redana (2010) terdapat 2 cara dalam menentukan kedalaman turap yaitu, metode konvensional dan metode simplified.

### Pembebanan Kereta api

Perhitungan pembebanan kereta api mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No: PM 60 tahun 2012.

Beban gandar maksimum yang dapat dipikul untuk lebar jalan rel 1067 mm sebesar 18 ton.

## METODE PENELITIAN

### Gambaran Umum

Lokasi penelitian berada di lintasan kereta api Besitang- Langsa sta 424+200. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis lereng eksisting dengan perkuatan DPT dan analisis lereng dengan perkuatan turap baja. Metode yang digunakan adalah analisis manual dan metode elemen hingga dengan menggunakan bantuan *Plaxis V.20*. Tahapan penelitian dapat dilihat di bawah ini :

1. Mempelajari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.
2. Melakukan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari PT.Karya Putra Yasa dan PT. Pelita Nusa Karya, KSO selaku kontraktor pelaksanaan proyek lintasan rel kereta api Besitang-Langsa.
3. Menganalisis stabilitas lereng eksisting menggunakan analisis manual yaitu stabilitas eksternal dan internal dengan beban normal. Stabilitas eksternal menghasilkan nilai keamanan (SF) geser, guling dan kapasitas dukung, sedangkan stabilitas internal menghasilkan tegangan desak, tarik dan geser pada potongan yang ditinjau.
4. Lereng eksisting kemudian di analisis menggunakan metode elemen hingga dengan beban normal dan dengan beban gempa. Hasil dari analisis ini adalah besar pergerakan tanah dan SF pada beban normal dan besar pergerakan tanah pada beban gempa.
5. Lereng dianalisis menggunakan perkuatan turap. analisis metode manual untuk dilakukan untuk mengetahui kedalaman pemancangan turap dan profil turap yang akan digunakan
6. Analisis lereng perkuatan turap metode elemen hingga menggunakan beban normal dan beban gempa dengan hasil besar pergerakan tanah dan nilai SF. Jika perkuatan tidak aman perlu kembali ke tahap 5 dengan memperdalam atau mengganti profil turap yang digunakan.

## Data

### 1. Data tanah

Data ini diperoleh dari PT.Karya Putra Yasa dan PT. Pelita Nusa Karya, KSO selaku pelaksana proyek pembangunan Jalan Kereta Api Besitang–Langsa. Data tanah dasar diambil pada kedalaman -2,5 m. Data tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Tanah

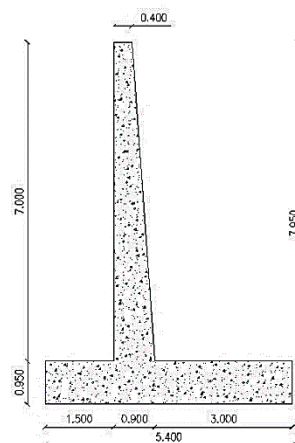
Parameter	Satuan	Tanah Dasar	Timbunan	Subbalas	Balas
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	15,8	17,266	20,5	26,2
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	19	22,412	22	26,4
E	kN/m <sup>2</sup>	4000	4000	1,40E+05	1,65E+05
$\phi$	°	30	25	40	41
c	kN/m <sup>2</sup>	9,81	9,81	0	0
v		0,3	0,3	0,2	0,2
k <sub>xx</sub> -k <sub>yy</sub>	m/hari	8,64E-07	1,98E-05	0	0
$\psi$	°	0	0	10	10
a	m	22,8	23,2	7,98	5,268
b	m	23,2	8,867	5,928	3
h	m	2,5	3,105	0,3	0,35

### 2. Data Teknis DPT

Data teknis DPT sebagai berikut.

- a. DPT berbahan beton dengan dinding kantilever.
- b. Mutu beton yang digunakan yaitu  $f_c = 25$  mpa.
- c. Tinggi dinding penahan tanah = 7,95 m dengan lebar = 5,45 m.
- d. Berat volume beton,  $\gamma_{beton} = 24$  kN/m<sup>3</sup>

Gambar dimensi DPT disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Dimensi DPT

3. Data Beban Kereta Api  
 Beban kereta api yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PT.Karya Putra Yasa dan PT. Pelita Nusa Karya, KSO (2018) dengan berdasarkan pada PM.60 Tahun 2012 tentang persyaratan teknik jalur kereta api. Data kereta api dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Data Kereta Api

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Kelas jalan	1	
2	lebar jalan	1067	mm
3	tipe rel	R54	
4	Vmaks	120	km/jam
5	Vr	150	km/jam

4. Data Gempa  
 Beban gempa adalah beban gempa dinamik dengan waktu interval diperoleh berdasarkan data USGS (U.S. Geological Survey). Metode yang digunakan adalah repon spektrum. Menurut SNI 2833:2016 Besitang-Langsa termasuk ke zona dengan percepatan puncak gempa (PGA) 0,3-0,4. PGA yang digunakan sebesar 0,3031 g dengan percepatan tertinggi terjadi pada 3 detik.

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Beban Normal

Beban yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban Normal

Beban	Q stabilitas manual (kN/m <sup>2</sup> )	Q Plaxis
Kereta	6,08	6,08
Rel	0,64	0,64
Bantalan	1,96	1,96
Balas	1,060	1,060
Subbalas	1,439	1,439
Timbunan	37,05	-
Total	48,23	11,18

### Analisis DPT

Analisis DPT secara manual terbagi menjadi analisis eksternal dan internal. perhitungan dapat dilihat berikut ini.

1. Tekanan Lateral  
 Diagram tekanan lateral dapat dilihat pada Gambar 2.

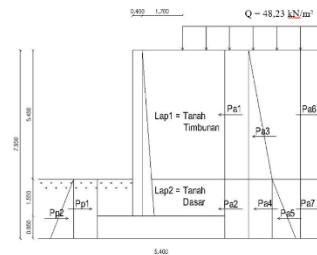
$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right)^2}$$

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

$$K_{a1} = 0,418$$

$$K_{a2} = 0,327$$

$$K_{p1} = 6,105$$



Gambar 2 Diagram Tekanan Lateral

2. Stabilitas eksternal DPT
  - a. Stabilitas terhadap penggeseran

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h + \sum P_p}{\sum P_a} = \frac{467,297 + 422,629}{252,385} = 3,526 \geq 2$$

- b. Stabilitas terhadap penggulingan

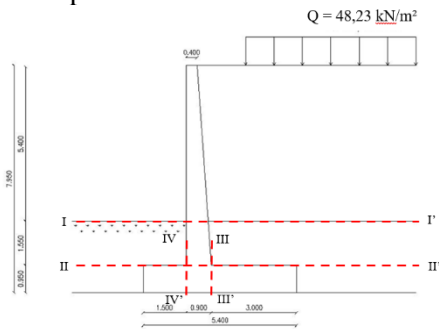
$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} = \frac{2482,123}{799,424} = 3,105 \geq 2$$

- c. Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

$$F = \frac{q_u}{q'} = \frac{644,417}{153,025} = 4,211 \geq 3$$

3. Stabilitas internal DPT  
 Perhitungan stabilitas internal didasarkan persamaan 9-12. Untuk menghitung stabilitas internal DPT

dipotong menjadi 4 tinjauan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tinjauan Stabilitas Internal  
Contoh perhitungan pada potongan I-I

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{desak beton}} &= 0,45 \times f'c \\ &= 0,45 \times (25/1000) \\ &= 11250 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{\text{desak}} &= \frac{\sum V}{B \times l} + \left( \frac{\sum MPa - \sum MV}{\frac{1}{6} \times B^2 \times l} \right) \\ &= \frac{77,761}{0,789 \times 1} + \frac{305,756 - 27,238}{\frac{1}{6} \times 0,789^2 \times 1} \\ &= 2782,982 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{beton}} \\ &\text{(aman)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{tarik beton}} &= 0,15 \times \sqrt{f'c} \\ &= 0,15 \times \sqrt{25} \\ &= 0,75 \text{ mpa} = 750 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{\text{tarik}} &= \frac{\sum V}{B \times l} - \left( \frac{\sum MPa - \sum MV}{\frac{1}{6} \times B^2 \times l} \right) \\ &= \frac{77,761}{0,789 \times 1} - \frac{305,756 - 27,238}{\frac{1}{6} \times 0,789^2 \times 1} \\ &= -2585,870 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{beton}} \\ &\text{(aman)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{geser beton}} &= \sqrt{f'c} \\ &= \sqrt{25} \\ &= 5 \text{ mpa} = 5000 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{geser}} &= \frac{2}{3} - \frac{\sum Pa}{B \times h} \\ &= \frac{2}{3} - \frac{147,931}{0,789 \times 1}\end{aligned}$$

$$= 124,995 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{beton}} \text{ (aman)}$$

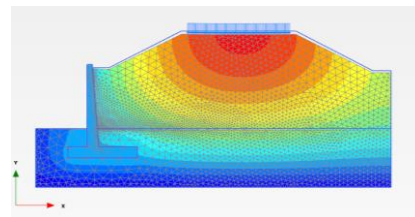
Rekapitulasi hasil analisis stabilitas internal dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Stabilitas Internal

$\sigma$ (kN/m)	POT I-I'	POT II-II'	POT III-III'	POT IV-IV'
desak	2782,98 Aman	2083,07 Aman	2154,22 Aman	1143,04 Aman
tarik	-2585,87 Aman	-1840,40 Aman	61,34 Aman	155,76 Aman
geser	124,99 Aman	164,56 Aman	-	-

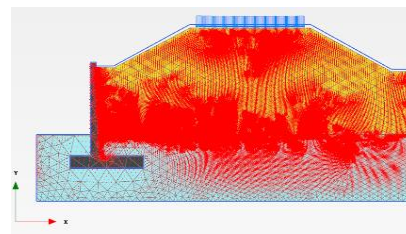
#### 4. Analisis DPT dengan Plaxis V.20

- a. Pergerakan tanah beban normal  
Nilai Pergerakan tanah *global* = 0,2858 m. Pergerakan Tanah yang terjadi pada masing-masing potongan sebesar A-A= 0,2847 m, B-B 0,0749 m dan C-C= 0,1881 m. Bidang Longsor dapat dilihat pada Gambar 4.

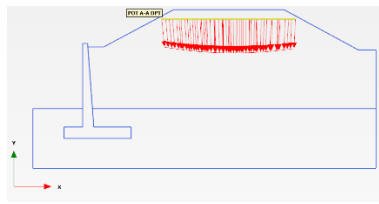


Gambar 4 Bidang Longsor DPT beban Normal

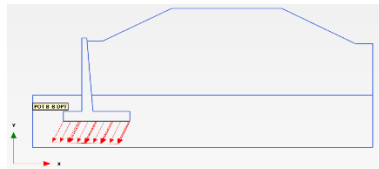
- b. Arah gerak tanah beban normal  
Arah gerakan tanah secara global dapat dilihat pada Gambar 5. Untuk lebih jelas melihat arah gerakan tanah, maka tanah dipotong pada beberapa titik yang dapat dilihat pada Gambar 6-8.



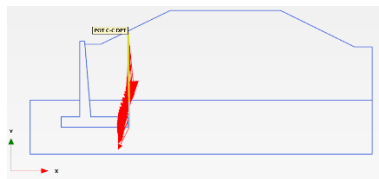
Gambar 5 Arah Gerakan Tanah DPT beban Normal



Gambar 6 Potongan A-A DPT beban Normal

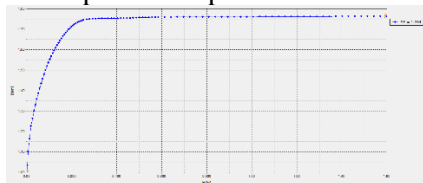


Gambar 7 Potongan B-B DPT beban Normal



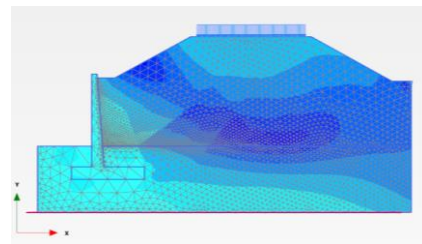
Gambar 8 Potongan C-C DPT beban Normal

- c. Angka keamanan beban normal  
 Nilai faktor keamanan pada DPT beban normal = 1,726. Grafik hubungan Pergerakan tanah dengan SF dapat dilihat pada Gambar 9.



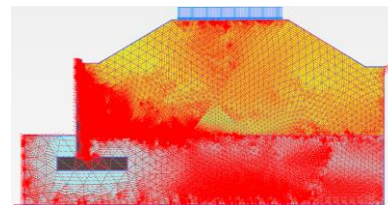
Gambar 9 Grafik hubungan Pergerakan Tanah dengan SF

- d. Pergerakan tanah beban gempa  
 Besarnya Pergerakan tanah global DPT = 0,0843 m, sedangkan pada potongan A-A= 0,0232 m, B-B 0,0308 m dan C-C= 0,0309 m. Bidang longsor DPT dengan beban gempa disajikan pada Gambar 10.

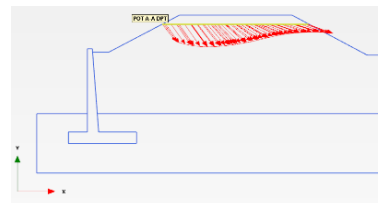


Gambar 10 Bidang Longsor DPT Beban Gempa

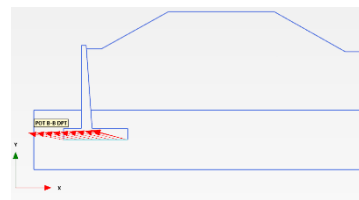
- e. Arah gerak tanah beban gempa  
 Arah gerakan tanah secara global dapat dilihat pada Gambar 11. Untuk lebih jelas melihat arah gerakan tanah, maka tanah dipotong pada beberapa titik yang dapat dilihat pada Gambar 12-14.



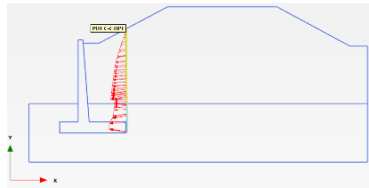
Gambar 11 Arah Gerakan Tanah DPT Beban Gempa



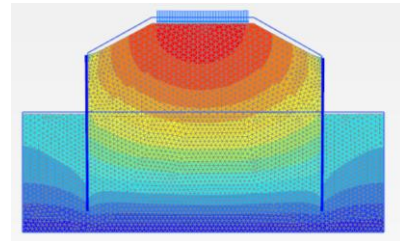
Gambar 12 Potongan A-A DPT Beban Gempa



Gambar 13 Potongan B-B DPT Beban Gempa



Gambar 14 Potongan C-C DPT Beban Gempa



Gambar 17 Bidang Longsor Turap beban Normal

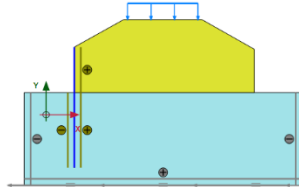
### Analisis Turap

Analisis turap menggunakan metode *simplified*. Kedalaman pemancangan turap sebesar 7 m dengan  $W_{ijin} = 10172,377 \text{ cm}^3$ . Profil turap yang digunakan adalah Hat+H NS-SP-10 H.

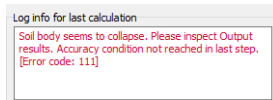
1. Analis Turap dengan Metode Elemen Hingga.

a. Turap 1 sisi

Turap di pasang 1 sisi tanah mengalami *collapse*, sehingga dipasang turap pada kedua sisi. Turap 1 sisi dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Turap 1 sisi

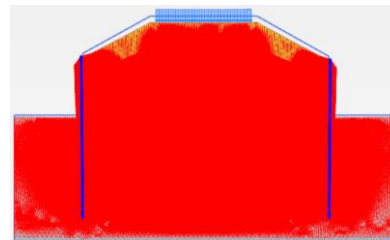


Gambar 16 Keterangan Tanah Collapse

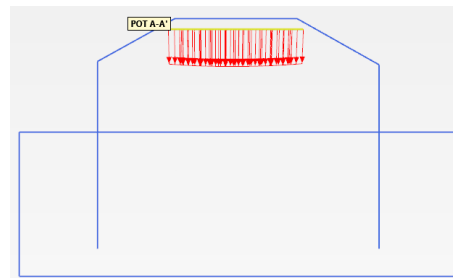
b. Turap 2 sisi

1) Pergerakan tanah beban normal  
 Nilai Pergerakan tanah *global* = 0,544 m. Pergerakan Tanah yang terjadi pada masing-masing potongan sebesar A-A= 0,2847 m, B-B 0,2943 m dan C-C= 0,4530 m. Bidang Longsor dapat dilihat pada Gambar 17.

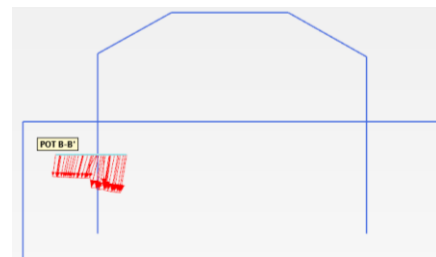
2) Arah gerak tanah beban normal  
 Arah gerakan tanah secara global dapat dilihat pada Gambar 18, sedangkan arah gerakan tanah pada potongan dapat dilihat pada Gambar 19-21.



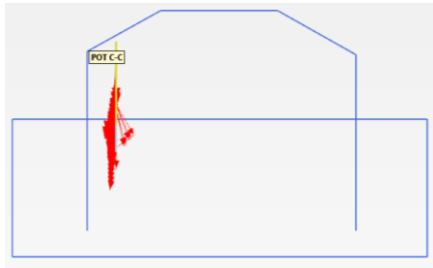
Gambar 18 Arah Gerakan Tanah Turap beban Normal



Gambar 19 Potongan A-A Turap beban Normal

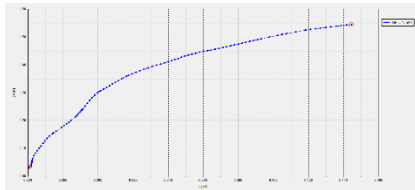


Gambar 20 Potongan B-B Turap beban Normal



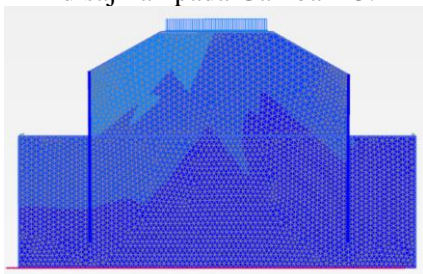
Gambar 21 Potongan C-C Turap beban Normal

- 3) Angka keamanan beban normal Nilai SF turap dengan beban normal = 1,544. Grafik hubungan Pergerakan tanah dengan SF dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22 Grafik hubungan Pergerakan Tanah dengan SF

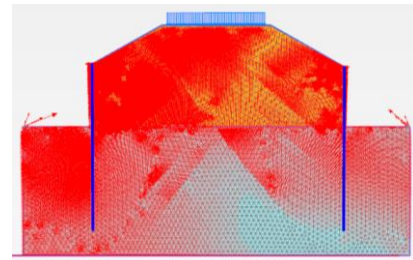
- 4) Pergerakan tanah beban gempa Pergerakan tanah global = 0,5108 m, sedangkan pada potongan A-A= 0,1023 m, B-B 0,0628 m dan C-C= 0,0998 m. Bidang longsor turap dengan beban gempa disajikan pada Gambar 23.



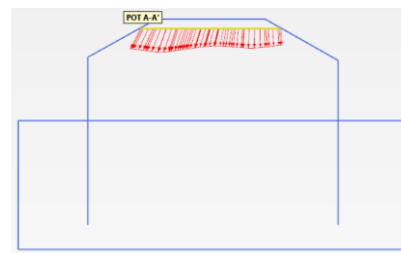
Gambar 23 Bidang Longsor Turap Beban Gempa

- 5) Arah gerak tanah beban gempa Arah gerakan tanah secara global dapat dilihat pada Gambar 24,

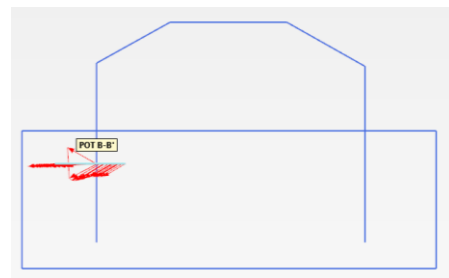
sedangkan arah gerakan tanah pada potongan dapat dilihat pada Gambar 25-27.



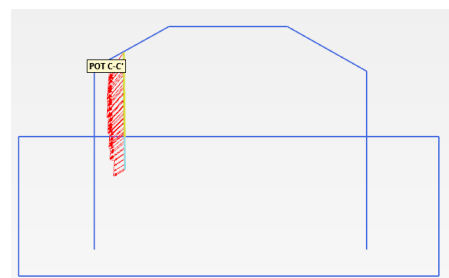
Gambar 24 Arah Gerakan Tanah Turap Beban Gempa



Gambar 25 Potongan A-A Turap Beban Gempa



Gambar 26 Potongan B-B Turap Beban Gempa



Gambar 27 Potongan C-C Turap Beban Gempa

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Hasil perhitungan manual stabilitas eksternal DPT diperoleh nilai  $SF_{geser} = 3,526$   $SF_{guling} = 3,105$  dan  $SF_{daya\ dukung} = 4,211$ . Stabilitas internal potongan I-I'  $\sigma_{desak} = 2782,98$  kN/m<sup>2</sup>  $\sigma_{tarik} = -2585,87$  kN/m<sup>2</sup>  $\sigma_{geser} = 124,99$  kN/m<sup>2</sup>. Potongan II-II'  $\sigma_{desak} = 2083,07$  kN/m<sup>2</sup>  $\sigma_{tarik} = -1840,40$  kN/m<sup>2</sup>  $\sigma_{geser} = 164,56$  kN/m<sup>2</sup>. Potongan III-III'  $\sigma_{desak} = 2154,22$  kN/m<sup>2</sup>  $\sigma_{tarik} = 61,34$  kN/m<sup>2</sup>. Potongan IV-IV'  $\sigma_{desak} = 1143,04$  kN/m<sup>2</sup>  $\sigma_{tarik} = 155,76$  kN/m<sup>2</sup>.
2. Nilai SF pada DPT berdasarkan metode elemen hingga dengan program *Plaxis* V.20 = 1,764.
3. Besar pergerakan tanah pada DPT dengan beban normal = 0,2858 m, sedangkan dengan beban gempa = 0,0843 m.
4. Nilai SF pada perkuatan turap berdasarkan metode elemen hingga dengan bantuan program *Plaxis* sebesar 1,544.
5. Pergerakan tanah yang terjadi pada turap dengan beban normal sebesar 0,544 m dan dengan beban gempa 0,5108m.
6. Perkuatan dengan DPT dinilai lebih efektif dikarenakan mempunyai nilai SF= 1,756 lebih besar dari SF turap = 1,544. Pergerakan tanah yang terjadi pada DPT juga lebih kecil dari pada dengan turap baik pada tinjauan global maupun pada potongan vertikal dan horizontal, sehingga DPT lebih cocok digunakan pada lokasi jalan rel Besitang-Langsa.

### Saran

1. Mengitung dengan profil baja variasi lain dan perkuatan angkur.
2. Membandingkan dengan perkuatan lain seperti *bored pile*, *soil nailing* dan lain sebagainya.
3. Menghitung dengan aplikasi lain seperti Geo5, dll.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, P. 2018. Analisis Perilaku Gerakan Massa Tanah pada Dinding Penahan Tanah dan Sheet Pile dengan Angkur pada Lereng Sungai Gajah Putih. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Annisa, N, 2018. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil pada Bantaran Sungai Gajah Putih. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Chalid, F. 2018. Analisa Perancangan Dinding Turap (Sheet Pile) pada Proyek Pembangunan Dermaga di Belawan Internasional Container Terminal. *Tugas Akhir*. Universitas Medan Area.
- Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral Badan Geologi. 2015. *Gerekan Tanah*. Penerbit Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi. Sulawesi Selatan.
- Direktorat Jenderal Perkeretaapian. 2018. *Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Perkeretaapian Tahun 2018*. Penerbit Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Jakarta Pusat.
- EarthstarGeographics* (<https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=1c69cd25d00d4979bdec134d74449a5b>. Diakses 29 Juni 2021)
- Fatah, A. 2018. Studi Desain Geoteknik Pada Timbunan Jalan Rel Sistem Double Track Ruas Madiun-Nganjuk Di Sta 136+800–136+850 dan Sta 158+500 – 159+000. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hadihardaja. J. 1997. *Rekayasa Pondasi 1 Konstruksi Dinding Penahan Tanah*. Gunadarma. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Teknik Fondasi 2*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perencanaan Podasi 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hediyanto, H. 2018. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding Kantilever dan Sheet Pile pada Bantaran Sungai Code. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Hertiany, I. R. dan Asyifa, A. 2014. Perencanaan Konstruksi Sheet Pile Wall sebagai Alternatif Pengganti Gravity Wall. *Jurnal INERSIA*. Vol. X No.1. Yogyakarta.
- Kalalo, M., Ticoth, J. H., dan Mandagi, A. T. 2017. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus : Sekitar Areal PT.Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara). *Jurnal Sipil Statik*. Vol.5 No.5. Manado.
- Kereta Api Indonesia. 2019. Peningkatan Volume Penumpang Kereta Api Bukti Kepercayaan Masyarakat kepada KAI. ([https://kai.id/information/full\\_news/2650-peningkatan-volume-penumpang-kereta-api-bukti-kepercayaan-masyarakat-kepada-kai](https://kai.id/information/full_news/2650-peningkatan-volume-penumpang-kereta-api-bukti-kepercayaan-masyarakat-kepada-kai)). Dipublikasi 24 Juli 2019).
- Kurniawan, D. 2019. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Sheet Pile Baja pada Lereng Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Sta 2+850-3+050. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Mina, E., Fathonah W., dan Sari, F. D. C. 2019. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita – Kranggan. *Jurnal Fondasi*. Vol.8 No.1. Banten.
- Nurtanti, E. Z. 2019. Analisis Perkuatan Tanah dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang dan Dinding Turap Baja dengan Program *Plaxis* 8.6 pada Sungai Pabelan. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60/PM.60/2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- Purwanto, E. 2008. *Hand Out Mekanika Tanah 1*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Yogyakarta.
- PT.Karya Putra Yasa dan PT. Pelita Nusa Karya, KSO
- Redana, I. Wayan. 2010. Teknik Pondasi. Edisi Pertama. Udayana University Press. Denpasar, Bali
- Sahara, R. E. 2017. Perencanaan Perkuatan Timbunan dan Lereng Jalur Kereta Api Daerah Operasi IX Jember pada Sta. Sempolan KM. 12+600 – 12+700 & KM. 14+300 – 14+800, Sta. Kalibaru KM. 32+000 – 32+100, dan Sta. Garahan Km. 24+800 – 25+400 Provinsi Jawa Timur. *Tugas Akhir*. Institut teknologi Sepuluh Nopember.s
- Standar Nasional Indonesia nomor 2833 tahun 2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa.
- Suryolelono, K.B. 1993. *Teknik Fondasi Bagian 1*. Nafiri. Yogyakarta.
- Susanto. 2017. Analisa Stabilitas Kelongsoran pada Masa Konstruksi di Proyek Pembangunan Turap *Sheet Pile* dengan Metode Limit Equilibrium. *Jurnal Konstruksia*. Vol.9 No.1. Jakarta.
- Susanto, V. Y., dan Laoli, N. 2020. Pemerintah telah bangun 1.025 kilometer Jalur Kereta dalam Lima Tahun Terakhir. (<https://nasional.kontan.co.id/news/pemerintah-telah-bangun-1025-kilometer-jalur-kereta-dalam-lima-tahun-terakhir>). Dipublikasi 11 Agustus 2020).
- Tanjung, A dan Afrisa Y. 2016. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Penyanggah pada Tebing Lematang Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. *Tugas Akhir*. Politeknik Negri Sriwijaya.
- Thoengsal, J. 2016. Dinding Penahan (*Retaining Wall*). (<http://jamesthoeengsal.blogspot.com/p/dindingpenahan-retaining-wall-kamis.html>). Dipublikasi 10 November 2016).

- Warman, R.S. 2019. *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Pondasi*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Wesley,L.D. 2017. *Mekanika Tanah*, Edisi Baru. Andi Offset. Yogyakarta.
- 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