

## **PENANGGULANGAN LONGSORAN MENGGUNAKAN *SPUN PILE* PADA SALURAN INDUK IRIGASI LEMATANG, PAGAR ALAM, SUMATRA SELATAN**

**YONI RIO NUGRAHA, SRI HETTY SUSANTIN, IR., M.ENG.**

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional, Bandung  
*Email: yonierio4@gmail.com*

### **ABSTRAK**

*Ada beberapa penyebab terjadinya longsor pada suatu lereng, yaitu dapat disebabkan oleh ulah manusia atau disebabkan dari alam. Longsor dapat terjadi akibat dari kondisi kemiringan lereng yang curam, kondisi tanah yang kurang baik, dan kondisi muka air tanah yang tinggi. Analisis stabilitas dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai faktor keamanan pada lereng dengan kondisi awal, dan pada kondisi setelah penanggulangan menggunakan software Plaxis 2D berbasis metode elemen hingga. Penanggulangan longsor dilakukan dengan 2 cara, yaitu penggalian lereng dan menurunkan muka air tanah dengan membuat saluran drainase, penggalian lereng dan perkuatan tiang pancang (*spun pile*). Terjadi peningkatan faktor keamanan pada kondisi lereng yang telah digali dan diturunkan muka air tanahnya dengan membuat saluran drainase, tetapi peningkatan faktor keamanan lebih signifikan pada kondisi lereng yang telah digali dan diberi perkuatan tiang pancang (*spun pile*).*

***Kata kunci:*** longsor; muka air tanah; stabilitas; tiang pancang; faktor keamanan.

## **1 PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Kota Pagar Alam adalah salah satu kota di provinsi Sumatera Selatan yang dibentuk berdasarkan Undang–Undang Nomor 8 Tahun 2001 (Lembaran Negara RI Tahun 2001 Nomor 88, Tambahan Lembaran Negara RI Nomor 4115), sebelumnya kota Pagar Alam termasuk kota administratif dalam lingkungan Kabupaten Lahat. Secara geografis Kota Pagar Alam berada pada posisi 4° Lintang Selatan (LS) dan 103,15° Bujur Timur (BT).

Kondisi tanah yang berasal dari latosol dan andosol dengan bentuk permukaan bergelombang sampai berbukit, dan intensitas hujan yang tinggi, membuat beberapa wilayah di Kota Pagar Alam berpotensi mengalami kelongsoran. Berdasarkan kondisi geologi di Lematang kota Pagar Alam, lereng yang berpotensi/rawan terhadap longsor, dapat dibagi menjadi:

1. Potensi rawan sangat rendah
2. Potensi rawan rendah
3. Potensi rawan sedang
4. Potensi Rawan Tinggi
5. Potensi Rawan Sedang
6. Potensi rawan sangat tinggi

Longsor sendiri dapat terjadi karena adanya pergerakan masa batuan atau tanah. Faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor di daerah ini yaitu lereng yang sangat curam dan curah hujan yang berkepanjangan, sehingga memerlukan penanggulangan khusus terhadap kelongsoran di daerah ini. Tugas akhir ini menganalisis stabilitas lereng pada saluran induk irigasi yang memiliki kemiringan tanah curam dan memiliki muka air tanah yang tinggi dengan melandaikan lereng, menurunkan muka air tanah normal dan memberi perkuatan dengan menggunakan tiang pancang (*Spun pile*), menggunakan metode elemen hingga dimodelkan secara 2D menggunakan software Plaxis 2D.

## **KAJIAN PUSTAKA**

### **Klasifikasi Tanah Longsor**

Gerakan tanah (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Longsoran merupakan bagian dari gerakan tanah. Tanah longsor yang disesuaikan dengan dasar klasifikasi yang dipergunakan masing-masing ahli, berikut ini dijelaskan nama-nama kelas gerakan tanah yang umum dipakai (Ritter, 1986).

1. Tanah longsor tipe jatuhan (*falls*)

2. Tanah longsor tipe robohan (*toples*)
3. Tanah longsor tipe gelincir (*slides*)
4. Tanah longsor tipe aliran (*flows*)
5. Tanah longsor tipe rayapan (*creep*)

### **Analisis Stabilitas Lereng**

Pada umumnya suatu lereng dapat dikatakan stabil apabila faktor keamanannya lebih besar dari pada satu. Kestabilan lereng tergantung dari kekuatan geser tanahnya. Pergeseran tanahnya terjadi karena adanya gerakan relatif antara butir-butir tanah. Oleh karena itu, kuat geser tanah tergantung pada gaya yang bekerja antara butir-butirnya. Tanah yang padat dengan susunan butir seperti pembagian ukuran butir *interlocking* dan besarnya kontak antara butir, lebih besar kekuatan gesernya dari tanah yang lepas (Braja M. Das.,1993).

Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu (Bowles, 1984). Menurut SNI 8460 (2017), lereng terbagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah:

1. Lereng alam

Lereng alam terbentuk akibat kegiatan alam (erosi, gerakan tektonik, dan sebagainya).

2. Lereng galian

Lereng galian terbentuk akibat kegiatan penggalian atau pemotongan pada tanah asli.

3. Lereng timbunan (*embankment*)

Lereng timbunan umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah.

Nilai-nilai faktor keamanan (FK) atau *safety factor* (SF) untuk menilai kestabilan suatu lereng menurut Joseph E. Bowles (1984) sebagai berikut:

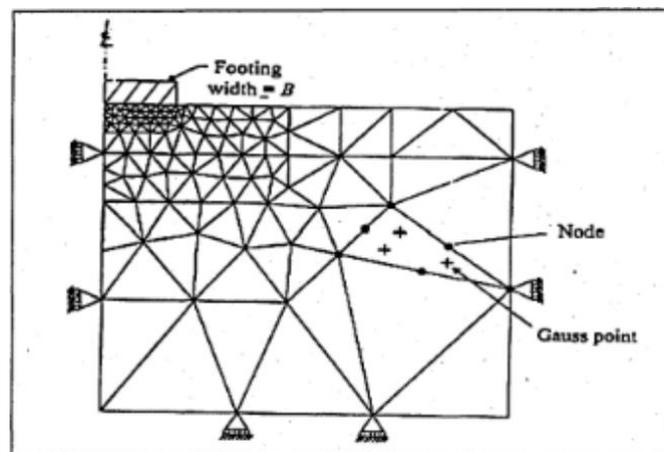
- |                    |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|
| $SF < 1,07$        | : Keruntuhan biasa terjadi (labil)   |
| $1,07 < SF < 1,25$ | : Keruntuhan pernah terjadi (kritis) |
| $SF \geq 1,25$     | : Keruntuhan jarang terjadi (stabil) |

### Tiang pancang (*Spun pile*)

Tiang pancang (*spun pile*) adalah salah satu jenis podasi yang terbuat dari beton dan tulangan baja. Fungsi tiang pancang (*spun pile*) adalah untuk mentransfer beban-beban dari atas ke lapisan tanah juga gaya lateral. Pemasangan tiang pancang (*Spun pile*) adalah dengan cara ditumbuk dan ditancapkan kedalam tanah.

### Aplikasi Plaxis 2D

Plaxis adalah program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan (*plane strain*) bidang maupun secara axi-simetri. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan pemodelan menggunakan model regangan bidang (*plane strain*) atau axi-simetri sesuai kasus yang akan dianalisis seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

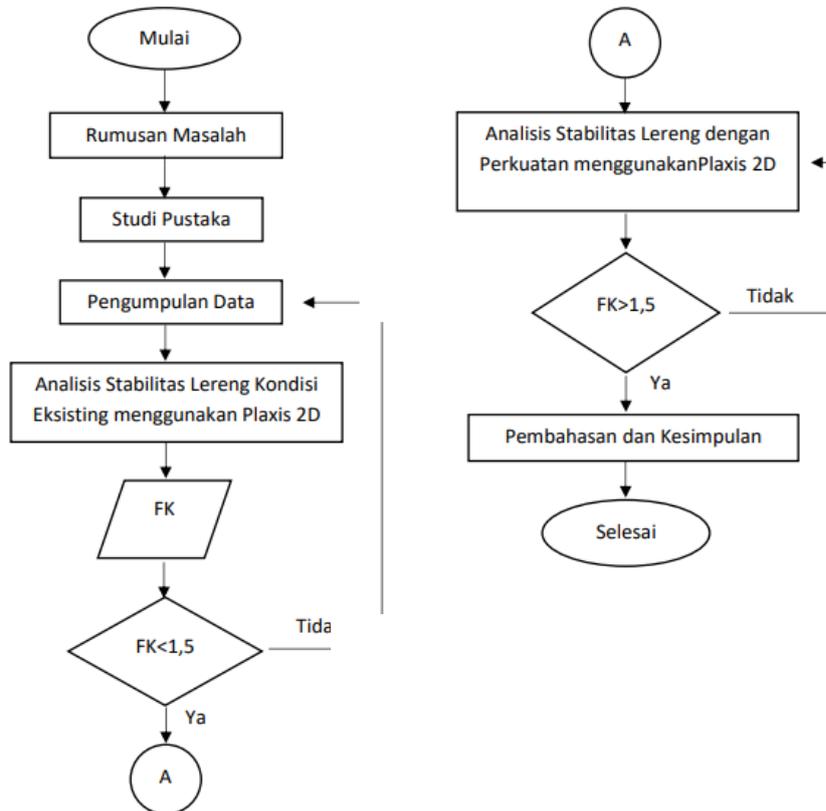


Gambar 1. Contoh Jaringan - jaringan dari Elemen Hingga  
(Sulistianingsih, 2018)

### METODE PENELITIAN

Tugas akhir ini membahas mengenai desain dan analisis stabilitas lereng untuk menanggulangi longsoran yang terjadi di kota pagar Alam, Sumatra Selatan. Secara

umum prosedur perancangan dan analisis secara sederhana ditunjukkan dengan bagan alir seperti pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Bagan Alir Penelitian**

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Umum

Lokasi terjadinya longsor berada pada lereng saluran induk irigasi Lematang Kota pagar Alam. Pada lokasi tersebut banyak memiliki lereng dengan kondisi fisik yang cukup curam, kondisi tanah yang kurang baik, dan muka air tanah yang sangat tinggi sehingga sangat rawan dengan bencana longsor. Studi kasus ini menjelaskan tentang analisis stabilitas lereng di Lematang kota Pagar Alam pada profil penampang lereng Potensi rawan sangat tinggi (P.102) Profil lereng diatas dipilih karena dapat mewakili kondisi lereng-lereng lain yang berpotensi rawan longsor sangat tinggi, berpotensi rawan longsor tinggi maupun potensi yang lebih rendah.

### Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan pada tugas akhir ini berasal dari data bor log dan korelasi data N-SPT dengan data kohesi tanah dapat dilihat pada **Tabel 1**, data hasil pengeboran BH P.102 A dan B dapat dilihat pada Lampiran 1, **Tabel 2 (a) (b)** terdapat urutan jenis lapisan tanah, kedalaman dan nilai N-SPT masing-masing lapisan tanah, data kohesi tanah dapat dilihat pada **Tabel 3**, dan pada **Tabel 4** data modulus elastisitas tanah dan data *poisson ratio* tanah dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 1. Parameter tanah P.102**

Profil 102 Potensi Sangat tinggi	Parameter Tanah						
	Tipe	$\gamma$ unsat	$\gamma$ sat	v	E	c	$\phi$
Lapisan 1 (Lempung)	Undrained (A)	17	18	0,35	15000	50	15
Lapisan 2 (Tufa Pasir)	Undrained (A)	17	18	0,3	10000	100	30
Lapisan 3 (Batu Pasir)	Drained	21	22	0,3	20000	200	50

**Tabel 2 (a). Hasil Pengeboran BH P.102 Atas**

Kedalaman (m)	N-SPT	Deskripsi
1	9	Lempung lanau tufaan, coklat kemerahan
4	16	
6	23	
8	24	Tufa pasiran, coklat kuning kelabu putih
10	>60	
12	>60	Batupasir Tufa
14		
16		
18		
20		

**Tabel 2 (b). Hasil Pengeboran BH P.102 Bawah**

Kedalaman (m)	N-SPT	Deskripsi
2	9	Lempung lanau tuffaan, coklat kemerahan
4	>60	Batupasir Tufa Gravelan
6		
8		
10	44	Napal (Batulempung Pasiran), Kelabu gelap
12	>60	
14	48	

**Tabel 3. Nilai Kohesi Tanah**

N - SPT	kriteria	Su = Cu (Kpa)
0-2	Very soft	0 – 12,5
2-4	Soft	12,5 – 25
4-8	Medium	25 – 50
8-15	Silt	50 – 100
15-30	Very dense	100 – 200
>30	hard	>200

**Tabel 4. Nilai Rentang Modulus Elastisitas (Bowles, 1997)**

<i>Type of Soil</i>	<i>Modulus Elastisitas (MPa)</i>
<i>Clay</i>	
<i>Very Soft</i>	2 – 15
<i>Soft</i>	5 – 25
<i>Medium</i>	15 – 50
<i>Hard</i>	50 – 100
<i>Sandy</i>	25 – 250
<i>Galcial till</i>	
<i>Loose</i>	10 – 150
<i>Dense</i>	150 – 720
<i>Very dense</i>	500 – 1440
<i>Loose</i>	15 – 60
<i>Sand</i>	
<i>Silty</i>	5 – 20

<i>Loose</i>	10 – 25
<i>Dense</i>	50 – 81
<i>Sand and Gravel</i>	
<i>Loose</i>	50 – 150
<i>Dense</i>	100 – 200
<i>Shale</i>	150 – 5000
<i>Silt</i>	2 - 20

**Tabel 5.** Nilai *Poisson Ratio* Tanah

Soil Stiffness Parameters

Poisson's Ratio Based on Soil Type

<u>Values or value ranges for Poisson's ratio <math>\mu</math></u>	
Type of soil	$\mu$
Clay, saturated	0.4-0.5
Clay, unsaturated	0.1-0.3
Sandy clay	0.2-0.3
Silt	0.3-0.35
Sand, gravelly sand commonly used	0.1-1.00 0.3-0.4
Rock	0.1-0.4 (depends somewhat on type of rock)
Loess	0.1-0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15
Steel	0.33

Figure 39 Typical Values for Poisson's Ratio for Soil and Other Materials (Bowles, 1996)

$\mu$	Soil type
0.4-0.5	Most clay soils
0.45-0.50	Saturated clay soils
0.3-0.4	Cohesionless—medium and dense
0.2-0.35	Cohesionless—loose to medium

Figure 40 Typical Values for Poisson's Ratio for Soil (Bowles, 1996)

### Parameter Tiang Pancang (*Spun Pile*)

Tiang pancang yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah tiang pancang beton berbentuk lingkaran atau *Concrete Spun Pile* (CSP) dengan diameter 0,80 m, jarak antar tiang 1,00 m, tebal beton 0,08 m dan mutu beton K-500.

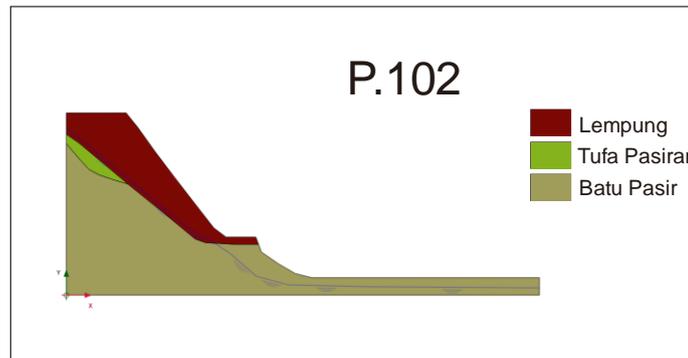
### Analisis Stabilitas Lereng

Tiang pancang yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah tiang pancang beton berbentuk Analisis stabilitas lereng pada nomor profil P.102 ini dilakukan dengan metode numerik menggunakan Plaxis 2D berbasis metode elemen hingga.

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan *spun pile*, pengaruh elevasi muka air tanah dan efektivitas dari galian yang dapat mengurangi potensi longsor dan meningkatkan stabilitas pada lereng yang ditinjau.

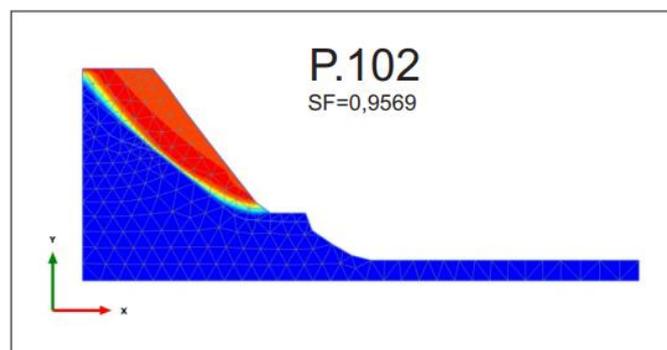
### Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting

Pemodelan lereng dilakukan sesuai dengan profil lereng dari studi kasus Pembangunan Saluran Induk Irigasi, Lematang, Pagar Alam, Sumatra Selatan P.102. Profil lereng ini dipilih untuk mewakili lereng-lereng lainnya yang berpotensi rawan sangat tinggi maupun lereng dengan potensi yang lebih rendah. Berikut bentuk model analisis dengan menggunakan Plaxis 2D dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 3. Simulasi model lereng P.102 kondisi eksisting**

Pada kondisi eksisting lereng potensi rawan sangat tinggi (P.102) yang dimodelkan menggunakan *software* Plaxis 2D menghasilkan nilai faktor keamanan (FK) 0,9569 dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 4. Hasil Analisis model lereng P.102 kondisi eksisting**

### **Analisis Stabilitas Lereng Setelah Penanggulangan Menggunakan Plaxis 2D**

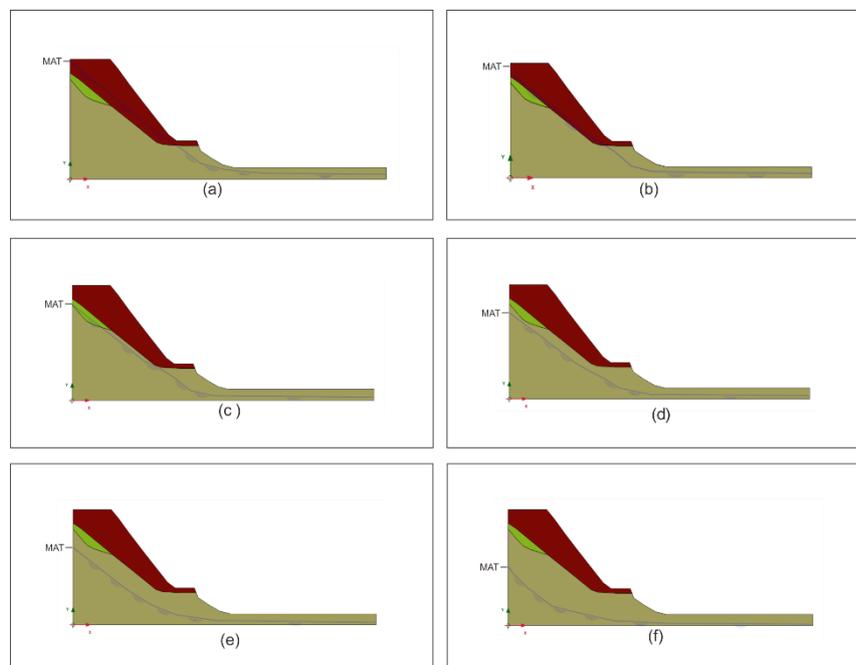
Dari hasil analisis model stabilitas lereng kondisi eksisting didapat nilai faktor keamanan (FK) kurang dari 1,5 sehingga perlu adanya penanggulangan pada profil lereng tersebut, dengan cara mereduksi elemen-elemen yang menambah potensi longsor atau dengan cara perkuatan pada lereng.

Penanggulangan akan dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

- Penggalian dan saluran drainase pada lereng
- Penggalian dan *Spun pile* pada lereng

### **Analisis Pengaruh Muka Air Tanah Pada Stabilitas Lereng**

Pemodelan lereng diperlakukan seperti pemodelan lereng pada kondisi eksisting. Simulasi model ini dilakukan dengan cara menurunkan muka air tanah menggunakan saluran drainase dengan beberapa variasi kedalaman untuk melihat pengaruh elevasi dari muka air tanah terhadap nilai faktor keamanan pada lereng tersebut. Pada profil lereng P.102 dimodelkan dengan parameter tanah yang terdapat pada **Tabel 6**. Penurunan elevasi muka air tanah dilakukan pada elevasi +56,3m; +51,3m; +46,3m; +41,3m; +36,3m; +31,3m. Bentuk model analisis dengan menggunakan Plaxis 2D dapat dilihat pada **Gambar 5**.

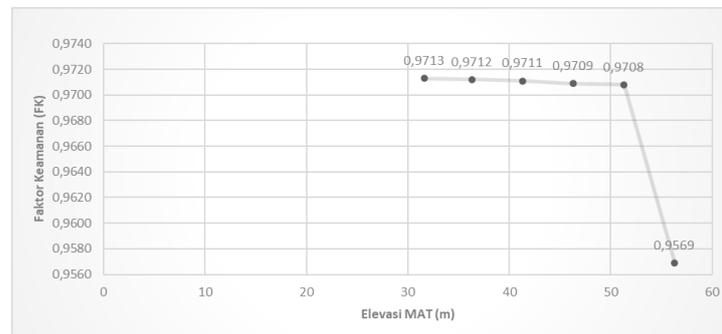


**Gambar 5. Simulasi Muka Air Tanah: (a) Elevasi +56,3m; (b) Elevasi +51,3m; (c) Elevasi +46,3m; (d) Elevasi +41,3m; (e) Elevasi +36,3m**

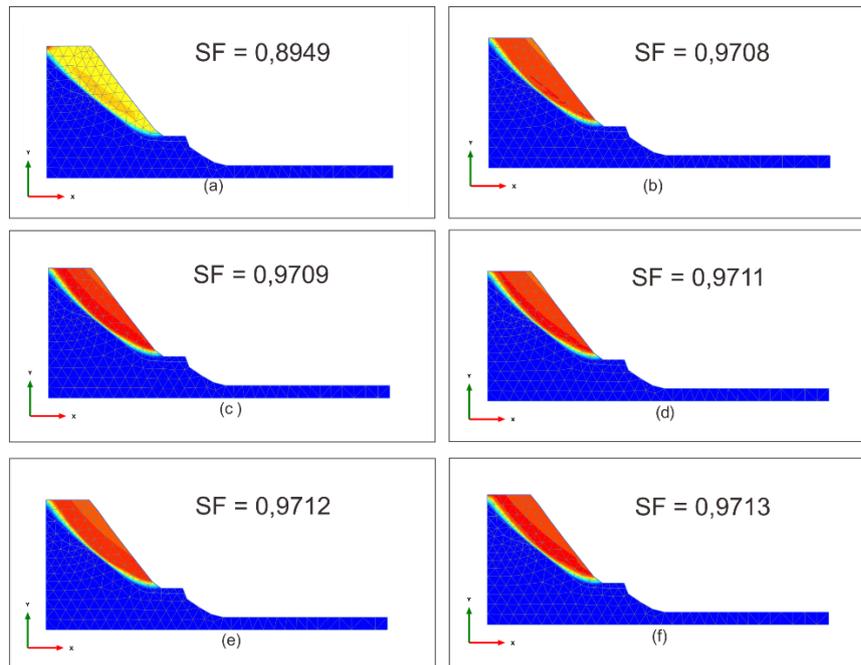
Dari hasil simulasi model penurunan muka air tanah menggunakan Plaxis 2D diperoleh kenaikan nilai faktor keamanan yang tidak begitu besar. Berikut hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Grafik Pengaruh Muka Air Tanah terhadap nilai Faktor Keamanan**.

**Tabel 6. Hasil Analisis Penurunan Muka Air Tanah**

No.	Eleavasi MAT (m)	Faktor Keamanan (FK)
Eksisting	± 56,3	0,9569
1	± 51,3	0,9708
2	± 46,3	0,9709
3	± 41,3	0,9711
4	± 36,3	0,9712
5	± 31,6	0,9713



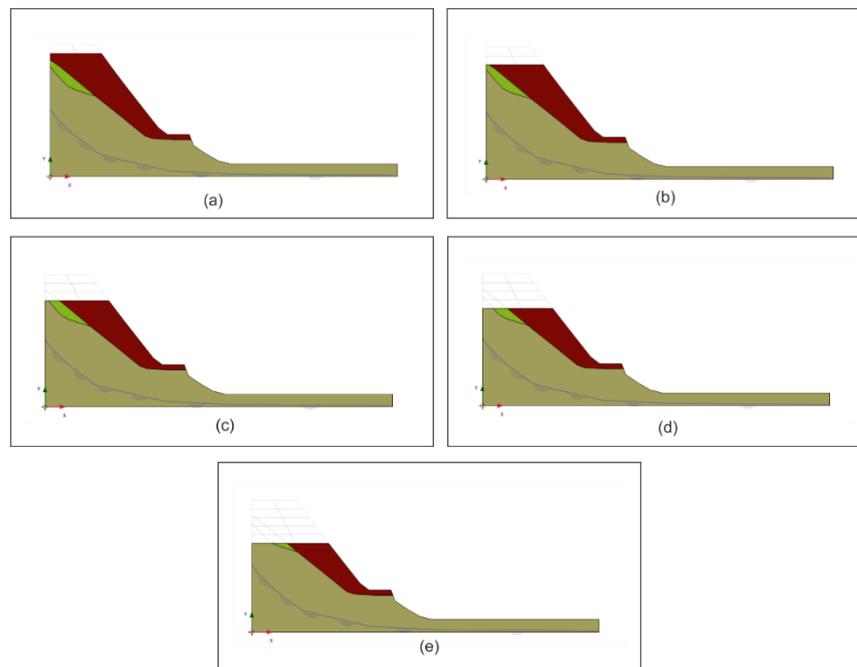
**Gambar 6. Grafik Pengaruh Elevasi Muka Air Tanah (MAT) Terhadap nilai Faktor Keamanan (FK)**



**Gambar 7. Hasil Analisis Penurunan Muka Air Tanah: (a) Elevasi +56,3m; (b) Elevasi +51,3m;(c) Elevasi +46,3m; (d) Elevasi +41,3m; (e) Elevasi +36,3m**

### **Analisis Galian Pada stabilitas Lereng**

Pemodelan galian diperlakukan seperti pemodelan lereng pada kondisi eksiting dengan muka air tanah yang telah diturunkan pada elevasi +36,3m. Simulasi galian dilakukan dengan beberapa variasi kedalaman, yaitu pada kedalaman 4m, 8m, 12m, 16m dan 20m. Bentuk model analisis dengan menggunakan Plaxis 2D dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.

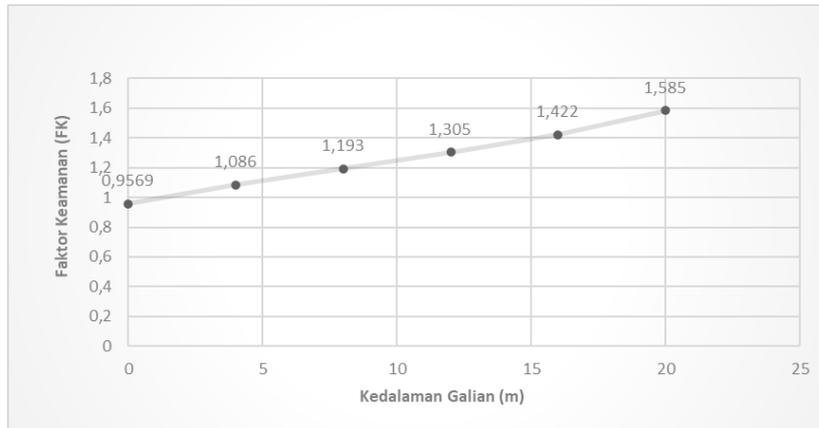


**Gambar 8. Simulasi Galian dengan kedalaman : (a) 4 meter; (b) 8 meter; c) 12 meter; (d) 16 meter; (e) 20 meter**

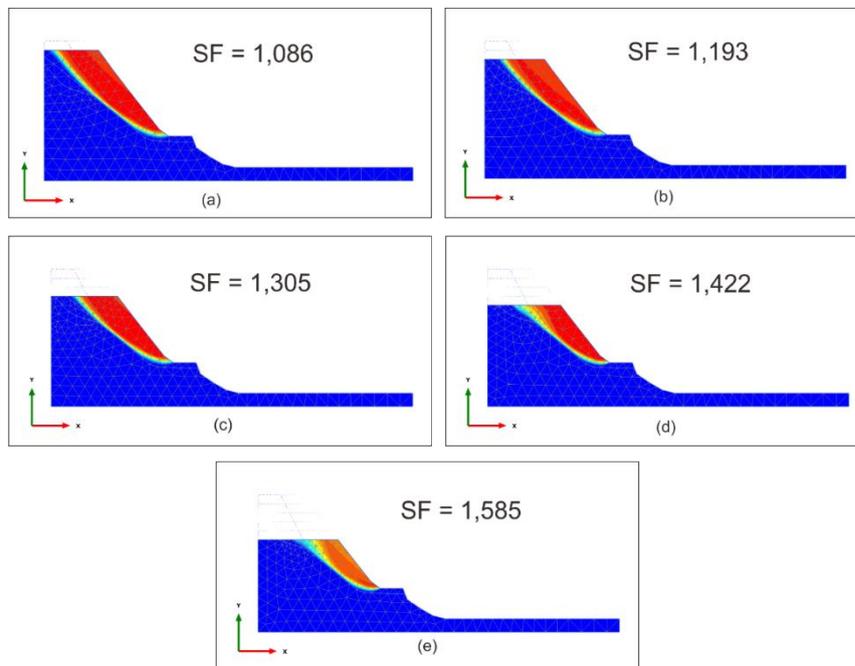
Dari hasil simulasi model galian menggunakan Plaxis 2D diperoleh kenaikan nilai faktor keamanan yang besar. Berikut hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 6.** dan **Grafik Kedalaman Galian terhadap nilai Faktor Keamanan.**

**Tabel 4.6 Hasil Analisis Galian**

No.	Kedalaman Galian (m)	Faktor Keamanan (FK)
Eksisting	0	0,9569
1	4	1,086
2	8	1,193
3	12	1,305
4	16	1,422
5	20	1,585



**Gambar 9. Grafik Kedalaman Galian Terhadap nilai Faktor Keamanan (FK)**

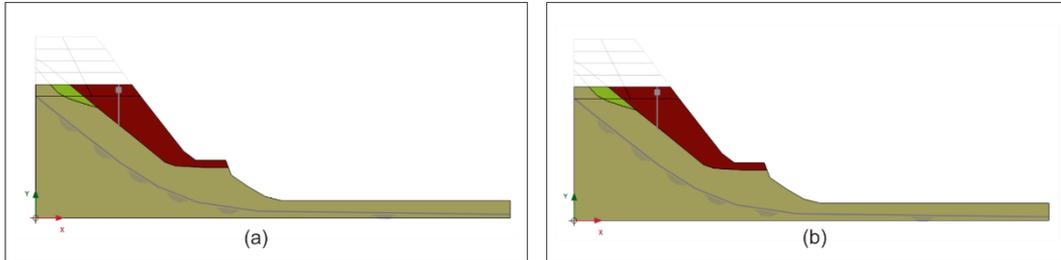


**Gambar 10 Hasil Analisis Galian kedalaman: : (a) 4 meter; (b) 8 meter; c) 12 meter; (d) 16 meter; (e) 20 meter**

### **Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan *Spun Pile***

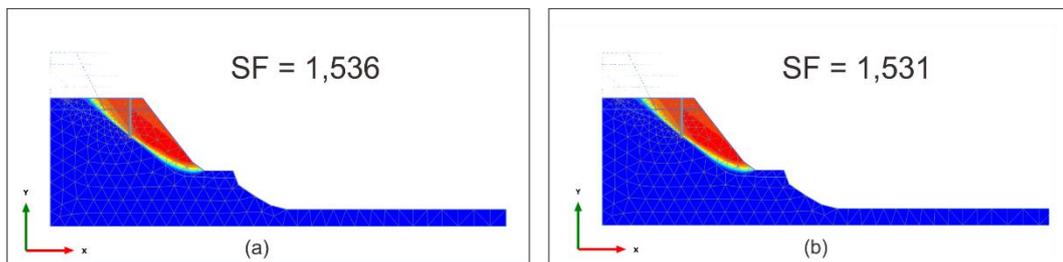
Pemodelan lereng diperlakukan seperti pada lereng dengan kondisi muka air tanah pada elevasi +36,3m dan galian tanah sedalam 16 meter. Simulasi model dilakukan dengan menambahkan *Spun pile* sedalam ±15 meter, menggunakan mutu beton K350 ( $f'_c = 29,05$  MPa) yang menghasilkan modulus elastisitas sebesar 25335,084 MPa, jarak antar tiang 1,5 m dengan diameter 0,80 m dan tebal beton 0,12 m. Simulasi model dilakukan dengan 2 (dua) model dengan jarak antar tiang masing

masing 1 m dan 1,5 m. Bentuk 2 (dua) model analisis dengan menggunakan Plaxis 2D dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



**Gambar 11 Simulasi perkuatan *Spun Pile* P.102 dengan jarak antar tiang (a) 1 meter; (b) 1,5 meter**

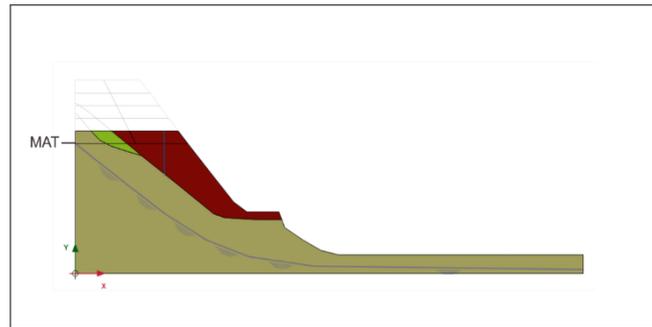
Dari hasil simulasi perkuatan *spun pile* menggunakan Plaxis 2D diperoleh nilai faktor keamanan mencapai 1,5. Ada perbedaan kenaikan nilai faktor keamanan pada masing masing model, model (a) dengan jarak antar tiang 1 meter menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model (b) dengan jarak antar tiang 1,5 meter. Berikut hasil analisis dapat dilihat pada **Gambar 4.**



**Gambar 12. Hasil Simulasi perkuatan *Spun Pile* P.102 dengan jarak antar tiang (a) 1 meter ( 1,536); (b) 1,5 meter (1,531)**

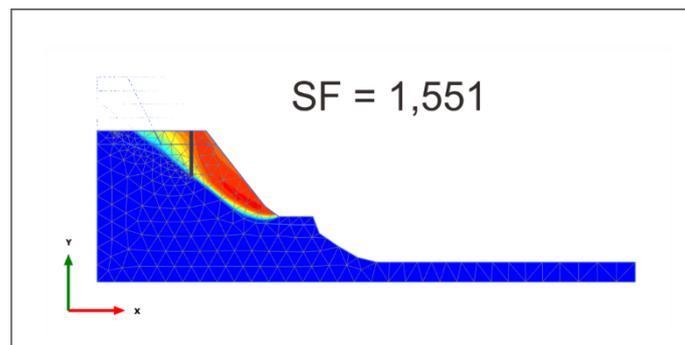
### **Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan *Spun Pile* diekivalen**

Pemodelan lereng diperlakukan seperti pada lereng dengan kondisi muka air tanah pada elevasi +36,3m dan galian tanah sedalam 16 meter. Simulasi model dilakukan dengan menambahkan *Spun pile* diekivalensikan sedalam ±15 meter dengan menggunakan parameter pada Tabel 4.8. Simulasi model ditunjukkan pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15 Simulai perkuatan *Spun pile* diekivalen**

Dari hasil simulasi perkuatan *Spun pile* diekivalen menggunakan Plaxis 2D diperoleh nilai faktor keamanan mencapai 1,551 dimana nilai yang didapat lebih tinggi dibandingkan dengan simulasi perkuatan *spun pile* tidak diekivalen 1,536. Hasil Simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.16.



**Gambar 4.16 Hasil Analisis perkuatan *Spun Pile* diekivalen**

### **Hasil Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan**

Pada analisis permodelan menggunakan *software* Plaxis 2D didapat hasil nilai faktor keamanan kondisi eksisting lereng kurang dari nilai faktor keamanan lebih dari 1,5. Setelah diberi penanggulangan galian dan menurunkan muka air tanah dengan merencanakan saluran drainase, terjadi kenaikan nilai faktor keamanan. Tetapi nilai faktor keamanan belum mencapai nilai 1,5. Sedangkan dengan diberi perkuatan *Spun pile* mampu menahan gerakan tanah yang terjadi sehingga meningkatkan nilai faktor keamanan yang mencapai lebih dari 1,5.

Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa dengan melakukan 2 cara penanggulangan tersebut mampu menahan dan mengurangi gerakan tanah yang terjadi pada lereng sehingga meningkatkan nilai faktor keamanan. Terutama pada penanggulangan

kombinasi penggalian dan perkuatan *Spun pile* nilai faktor keamanan meningkat mencapai 1,5.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1984). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. USA: Stamford, CT Cengage Learning.
- Plaxis. (2016). *Tutorial Manual 2016*. Netherland: Build 7515.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). *SNI-8640:2017. Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017). Jakarta: Dewan Standarisasi Indonesia.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Jalan Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrstruktur Wilayah. Indonesia, 2012. *Implementasi Penanganan Lereng Terhadap Bahaya Longsor*