

ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN PERKUATAN MINI PILE MENGGUNAKAN SOFWARE PLAXIS V 8.2 PEMBANGUNAN JALAN TOL BALIKPAPAN SAMARINDA

Juandra Hartono

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Pekerjaan Umum

Jl. Prof. Soedharto, SH-Tembalang 50275, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

e_mail : docyjuandra@gmail.com

Abstrak — Kondisi geologi Jalan Tol Balikpapan-Samarinda berupa daerah perbukitan dan cekungan, batuan dasar berupa batu lempung, serpih dan lignit yang berpotensi menjadi bidang perlemahan. Permasalahan geoteknik terkait identifikasi longsor di lokasi Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Sta. 2+850 – Sta. 3+125 adalah terjadinya kelongsoran. Pekerjaan tanah timbunan sudah pernah dilakukan namun hasilnya kurang begitu sempurna sehingga saat ini muncul kerusakan pada daerah tersebut. Untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi perlunya peninjauan ulang dilapangan. Analisis faktor aman sebelum terjadi kelongsoran didapatkan hasil yang aman sedangkan secara aktual di lapangan mengalami kelongsoran sehingga perlu dilakukan kilas balik dengan melakukan analisa balik. Untuk memperbaiki serta untuk menjamin stabilitas struktur di masa datang perlu dilakukan rekayasa geoteknik berupa teknologi perkuatan lereng. Salah satu metode yang dipakai untuk perkuatan yaitu (mini pile). Mini pile memiliki kemampuan menghambat pergeseran tanah pada bidang longsornya. Mini pile yang digunakan sebagai alternatif penanganan berupa beton bertulang dengan panjang 6 m dan 9 m dengan jarak antar mini piles adalah 1 meter. Metode yang digunakan untuk menganalisa dengan menggunakan program Plaxis versi 8.20. Berdasarkan hasil analisa Program Plaxis didapatkan $SF = 1,139$ s/d $1,832$ sedangkan untuk aman dilapangan digunakan $SF > 1,30$. Hasil perhitungan penanganan longsor sebelum dilakukan penanganan didapatkan total displacement sebesar $0,109$ m dan $SF = 1,139$, hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan timbunan dilapangan masih cukup kritis dari sisi desain. Bila dilakukan perkuatan dengan model 1 (perkuatan dengan mini pile) ataupun dengan model 2 (perkuatan dengan mini pile & geotextile) didapatkan angka aman masing-masing sebesar $SF=1,821$ dan $SF=1,832$, hal ini menunjukkan bahwa tipe perkuatan antara kedua model tersebut perbedaannya tidak terlalu signifikan terbukti dengan selisih displacement antara kedua tipe tersebut sebesar $= 0,002$ m. Perkuatan sangat efektif bila diletakan pada lapisan tanah keras atau melewati tanah lunak pada kedalaman 7 m dari muka tanah, hal ini dikarenakan adanya beban timbunan dengan tinggi 5-9 m dari tanah asli di lokasi tersebut. Berdasarkan angka aman yang didapat dan sesuai kondisi lapangan maka perkuatan yang dipilih menggunakan model 2 yaitu perkuatan dengan mini pile dengan penambahan geotekstil.

Kata Kunci: lempung, tanah longsor, perkuatan, mini pile, geotekstil

Abstrak — The geological condition of the Balikpapan - Samarinda Toll Road is in the form of hills and basins, bedrock in the form of clay, shale and lignite which has the potential to become a weakening field. Geotechnical problems related to the identification of landslides at the Balikpapan - Samarinda Toll Road Sta. 2 + 850 - Sta. 3 + 125 is the occurrence of landslides. Heap works have been done but the results are less perfect so that there is currently damage to the area. To correct the failures that occur the need for field reviews. Analysis of safe factors before the landslide results obtained safe while actually in the field experienced landslides so it is necessary to do a flashback by conducting a back analysis. To improve and to guarantee the stability of the structure in the future, it is necessary to do geotechnical engineering in the form of slope strengthening technology. One method used for reinforcement is (mini pile). Mini pile has the ability to inhibit soil shifts in the field of landslides. Mini pile used as an alternative treatment in the form of reinforced concrete with a length of 6 m and 9 m with a distance between mini piles is 1 meter. The method used to analyze using Plaxis program version 8.20. Based on the analysis of the Plaxis Program it is found that $SF = 1,139$ to $1,832$ while $SF > 1.30$ is used to be safe in the field. The result of the calculation of landslide handling before handling is obtained a total displacement of 0.109 m and $SF = 1.139$, this shows that the pile

work in the field is still quite critical in terms of design. If the reinforcement is done with model 1 (reinforcement with mini pile) or with model 2 (reinforcement with mini pile & geotextile) the safe numbers are obtained for each $SF = 1,821$ and $SF = 1,832$, this shows that the type of reinforcement between the two models is not too significant difference as evidenced by the difference in displacement between the two types of $= 0.002$ m. Reinforcement is very effective when placed on hard soil or through soft soil at a depth of 7 m from the ground, this is due to a heap load of 5-9 m high from the original soil at that location. Based on the safe figures obtained and according to field conditions, the reinforcement selected using model 2 is reinforcement with a mini pile with the addition of geotextiles.

Keywords: Clay, landslide, reinforcement, mini piles, geotextile

I. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, maupun campuran keduanya, menuruni atau keluar dari lereng akibat terganggunya stabilitas tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Faktor kegiatan manusia dalam pembangunan juga dapat menjadi faktor yang mempercepat terjadinya bencana longsor

Morfologi jalan Tol Balikpapan – Samarinda awalnya merupakan daerah lembah sinklinal, lembah tersebut terbentuk akibat proses tektonik dan terletak sebelah barat dari hulu sungai - sungai Manggar Besar yang terhubung dengan sungai utama Manggar Besar yang bermuara di laut Selat Makassar, untuk kepentingan pembangunan jalan Tol yang menghubungkan kota Balikpapan dan Samarinda dilakukan penimbunan lembah sinklinal.

Permasalahan geoteknik terkait identifikasi longsor di lokasi Jalan Tol Balikpapan-Samarinda, Sta. 2+850 – Sta. 3+125 adalah terjadinya kelongsoran. Pekerjaan timbunan tanah sudah dilakukan namun hasilnya kurang begitu sempurna sehingga saat ini muncul kerusakan pada daerah tersebut. Kerusakan yang terjadi berupa tanah ambles, tanah retak serta longsor pada lapisan tanah asli/dasar yang cukup dalam sehingga mengakibatkan struktur *box culvert* yang berdiri di atasnya mengalami kerusakan (*box culvert* patah dan menggeser). Untuk memperbaiki serta untuk menjamin stabilitas struktur di masa datang (*box culvert* dan timbunan tanah tinggi) maka perlu dilakukan rekayasa geoteknik berupa teknologi perkuatan lereng dengan menggunakan bahan perkuatan (*mini pile*) yang ditancapkan kedalam tanah sampai melewati bidang gelincir.

Untuk dapat memperbaiki kegagalan yang terjadi, sifat fisik dan mekanik perlu dilihat kembali salah satunya dengan melakukan analisa balik terhadap permasalahan yang terjadi hingga

diperoleh keadaan dimana terjadi kegagalan. Analisa stabilitas lereng harus bisa memodelkan sesuai dengan kondisi asli dilapangan agar terjadi kondisi pendekatan dalam hasil analisis dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya, salah satunya menggunakan program *Plaxis*.

Pada penelitian ini bertujuan untuk Mendapatkan hasil rekomendasi teknik penanganan longsor di Sta. 2+850 – Sta. 3+125 selanjutnya Menentukan hasil *safety factor* pada saat selesai konstruksi pada kedalaman *mini pile* 6 m dan 9 m,

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Nabilla Zahera dkk, yang dimuat pada Jurnal Teknologi Sipil, Vol.3, No.1, Mei 2019: 1-11, dengan judul “Analisis Kekuatan Struktur *Minipile* Pasca Keruntuhan dengan Menggunakan Software *Plaxis* V8.6 (Studi Kasus : Landasan Bandara Samarinda Baru, Kota Samarinda). Tujuan penelitian ini adalah menentukan material properties sifat fisik material untuk area penelitian dengan metode analisa balik dengan *safety factor* = 1, mendapatkan hasil *safety factor* pada saat selesai konstruksi pada kedalaman *mini pile* 6m, 7m, 8m, 9m, 10, 11m dan 12m serta merekomendasi geometri konstruksi jika *safety factor* = 2. Berdasarkan hasil analisa SF pada program *Plaxis*, SF sama dengan 2 dimulai pada kedalaman 8m dan kedalaman 9m pada tahun kesepuluh. Sedangkan pada tahun ketiga, kedalaman 10 m mendapatkan SF sebsar 2,01. Namun untuk tahun pertama setelah konstruksi, pada kedalaman *mini pile* 11 m telah mencapai angka 2,03 sehingga hasil rekomendasi geometri jika SF yang diijinkan perusahaan sama dengan 2 yang efektif adalah pada kedalaman 11 m.

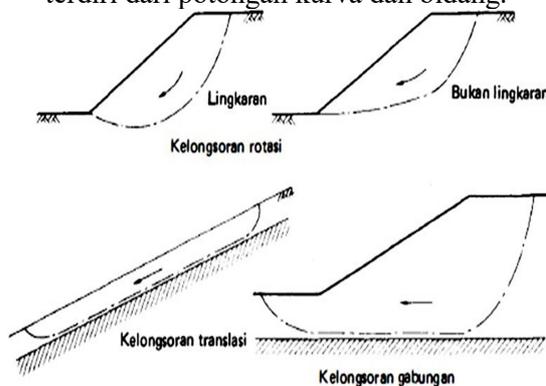
A. Tanah Longsor

Menurut Suryolelono (2002), Tanah longsor merupakan fenomena alam yang berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar yang menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan tanah. Secara umum, tanah longsor disebabkan karena pengurangan parameter kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan tanah. Pengurangan parameter kuat geser tanah disebabkan karena bertambahnya kadar air tanah dan menurunnya ikatan antar butiran tanah.

Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. Menurut Craig (1989), gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami (*natural slope*), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (*earth dams*).

Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah seperti pada gambar 2.1, yaitu sebagai berikut :

1. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), yaitu kelongsoran yang bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.
2. Kelongsoran translasi (*translational slips*), cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan lereng.
3. Kelongsoran gabungan (*compound slips*), terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena runtuhnya terdiri dari potongan kurva dan bidang.



Gambar 2.1. Tipe-tipe keruntuhan lereng (Craig, 1989)

B. Perkuatan Tanah dengan *Mini Pile*

Salah satu metode perkuatan tanah yang efektif mengatasi kelongsoran jalan dan stabilitas lereng adalah dengan menggunakan perkuatan tiang - tiang vertikal yang berperilaku seperti sistem cerucuk. Tiang cerucuk dapat diganti dengan tiang pancang mini (*mini pile*) dari beton maupun pipa baja panjang yang dapat disambung, karena panjang cerucuk harus melebihi bidang kelongsoran yang ter dalam. Di sini cerucuk merupakan tiang pondasi yang berfungsi sebagai perkuatan stabilitas lereng (Rusdianyah, 2016).

Pondasi *mini pile* dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara tiang meneruskan beban dan cara pemasangannya, antara lain:

1. Pondasi Mini Pile Menurut Pemakaian Bahan dan Karakteristik Strukturnya

Mini pile dapat dibagi kedalam beberapa kategori (Bowles, 1991) antara lain:

- a. Mini Pile Kayu
- b. Mini Pile Beton
- c. Mini Pile Baja
- d. Mini Pile Komposit

2. Pondasi *mini pile* menurut pemasangannya

Pondasi *mini pile* menurut cara pemasangannya dibagi dua bagian besar, yaitu:

- a. *Mini pile* pracetak
Mini pile pracetak adalah *mini pile* yang dicetak dan dicor didalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancang. *Mini pile* pracetak ini menurut cara pemasangannya terdiri dari:

- 1) Cara penumbukan
- 2) Cara penggetaran
- 3) Cara penanaman

- b. Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*)

Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*) ini menurut teknik penggaliannya terdiri dari beberapa macam cara yaitu :

- 1) Cara penetrasi alas
- 2) Cara penggalian

C. Geotekstil

Geotekstil merupakan material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam

(*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah atau material lain dalam aplikasi teknik sipil. Fungsi perkuatan pada geotekstil dapat diterjemahkan sebagai fungsi tulangan, seperti istilah pada beton bertulang. Dalam pengertian yang identik, tanah hanya mempunyai kekuatan untuk menahan tekan, tapi tidak dapat menahan tarik. Kelemahan terhadap tarik ini dipenuhi oleh geotekstil. Material ini dapat diletakkan di bawah timbunan yang dibangun di atas tanah lunak, dapat digunakan untuk membangun penahan tanah, dan dapat pula digunakan untuk perkuatan bahan perkerasan jalan (Hardiyatmo, 2007).

D. Analisis Balik

Analisa balik dilakukan guna memperoleh nilai parameter geoteknik batuan atau sifat mekanik batuan pada saat longsor, sementara data yang diperlukan untuk analisis adalah sifat mekanik desain. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk analisis balik, yaitu :

1. Melakukan *trial and error* secara manual untuk mencocokkan data masukan dengan perilaku yang diamati.
2. Analisis sensitivitas untuk variabel individu.
3. Analisis probabilitas untuk 2 variabel yang berkorelasi.
4. Metode probabilitas lanjut untuk analisis multi parameter secara simultan.

Analisis balik dapat digunakan untuk menentukan kekuatan geser dengan faktor keamanan sebesar 1,0 untuk kondisi pada saat kegagalan. Model analitis seperti itu, berdasarkan pengalaman yang diperoleh melalui kegagalan, lebih dapat diandalkan dari pada model analitik berdasarkan hasil tes laboratorium dan perkiraan ideal kondisi air tanah. Analisis balik dapat dilakukan menggunakan *trial-error* pada parameter-parameter tanah yang tersedia. (Duncan, 2014)

E. Program Plaxis

Plaxis (V.8.2) merupakan paket program elemen hingga untuk digunakan dalam analisis deformasi dan stabilitas dua dimensi dalam rekayasa geoteknik. Selain itu, karena tanah merupakan *multi-fase*, maka diperlukan prosedur-prosedur khusus untuk melakukan analisis terhadap tekanan hidrostatik dan tekanan *non-hidrostatik* dalam tanah. Meskipun

pemodelan dari material tanah sendiri merupakan hal yang penting, namun banyak juga pekerjaan yang juga mengikut sertakan pemodelan struktur dan interaksi antara struktur dan tanah. (Brinkgreve, eds. et al., 1998).

F. Parameter *Mohr-Coloumb* dalam Plaxis

Parameter yang digunakan pada model *Mohr Columb* adalah sebagai berikut :

1. *Poisson Ratio* (ν), didefinisikan sebagai rasio regangan aksial terhadap regangan lateral. Menurut Bowles, berdasarkan ulasan-ulasan perlu diperhatikan bahwa nilai *Poisson Ratio* sangat sulit untuk membuat penentuan secara langsung.
2. *Modulus Young* (E), menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan.
3. Berat volume tanah (γ), apabila contoh tanah jenuh air (*saturated*), yaitu ruang pori terisi penuh oleh air maka dinyatakan sebagai berat volume tanah jenuh (γ_{sat}). Apabila contoh tanah adalah tak jenuh air (*unsaturated*) maka dinyatakan sebagai berat volume tanah tak jenuh (γ_{unsat}).
4. Kohesi (c), adalah nilai yang timbul akibat adanya ikatan antara butiran tanah. Persamaan perhitungan untuk mencari nilai kohesi adalah sebagai berikut :

$$c_u = \frac{1}{2} q_u$$

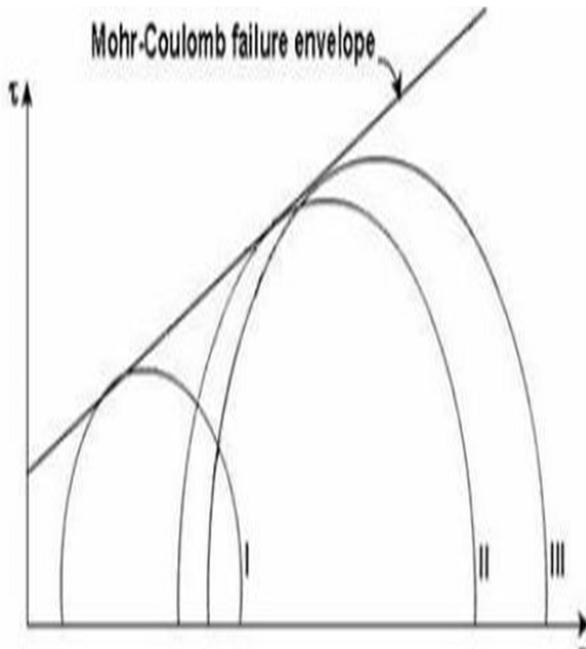
dengan,

c_u = kohesi (dalam keadaan *undrained*)

q_u = kekuatan kompresif bebas (*unconfined compressive strength*)

5. Sudut geser (ϕ)
Sudut geser adalah sudut yang terbentuk saat pergeseran dua atau lebih partikel tanah. Nilai korelasi sudut geser dalam hasil uji triaksial.
6. Sudut dilatasi (ψ)
Pada tanah lempung, nilai $\psi = 0$, sudut dilatasi untuk tanah pasir tergantung pada kerapatan dan sudut gesernya, pada umumnya 30 . Pada sebagian besar kasus nilai $\psi = 0$, untuk nilai sudut geser kurang dari 30 .

7. Permeabilitas (k)
 Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori.



Gambar 2.2 Keruntuhan Mohr Coloumb

Kriteria keruntuhan dari Mohr-Coulomb, dapat ditulis sebagai persamaan untuk garis yang mewakili garis lurus (*failure anvelope*), dengan persamaan umum adalah :

$$\tau = c' + \sigma \tan \phi' \dots\dots\dots(1)$$

- dengan τ = Tegangan geser
- c = Kohesi
- σ = Tegangan normal
- ϕ = Sudut geser dalam

G. Evaluasi Penyelidikan Tanah

Berdasarkan hasil sondir di lokasi Sta. 2 + 850 - Sta. 3 + 125 menunjukkan bahwa tanah dasar merupakan jenis tanah lempung lunak dengan ketebalan 3 m sampai 5 m dari muka tanah dasar.

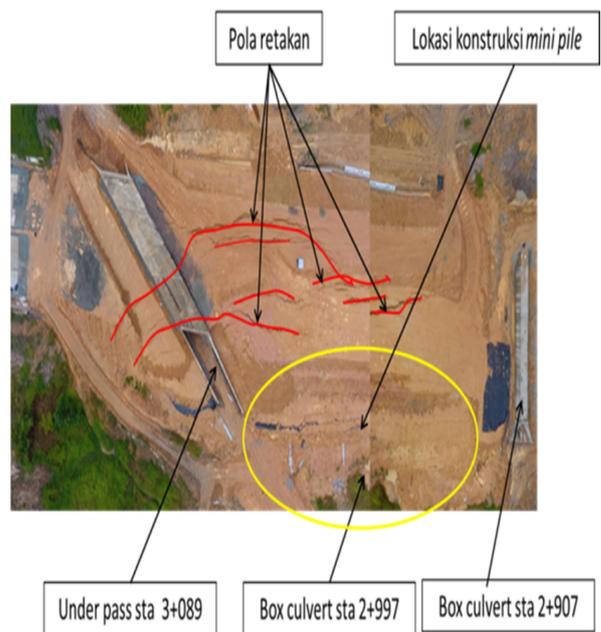
Permasalahan yang muncul di lapangan adalah terjadinya longsoran timbunan saat timbunan tanah untuk badan jalan dilakukan hingga mendekati *finish grade*.

Tinggi timbunan kurang lebih 5 s/d 10 meter serta kondisi tanah asli yang merupakan tanah lempung lunak dan terletak pada lereng dengan kemiringan yang cukup curam serta adanya aliran air yang berasal dari mata air (sumber air) atau daerah sekitar yang menyebabkan tanah menjadi lunak/basah sehingga menyebabkan parameter geser tanah turun yang berakibat pada instabilitas tanah timbunan.

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

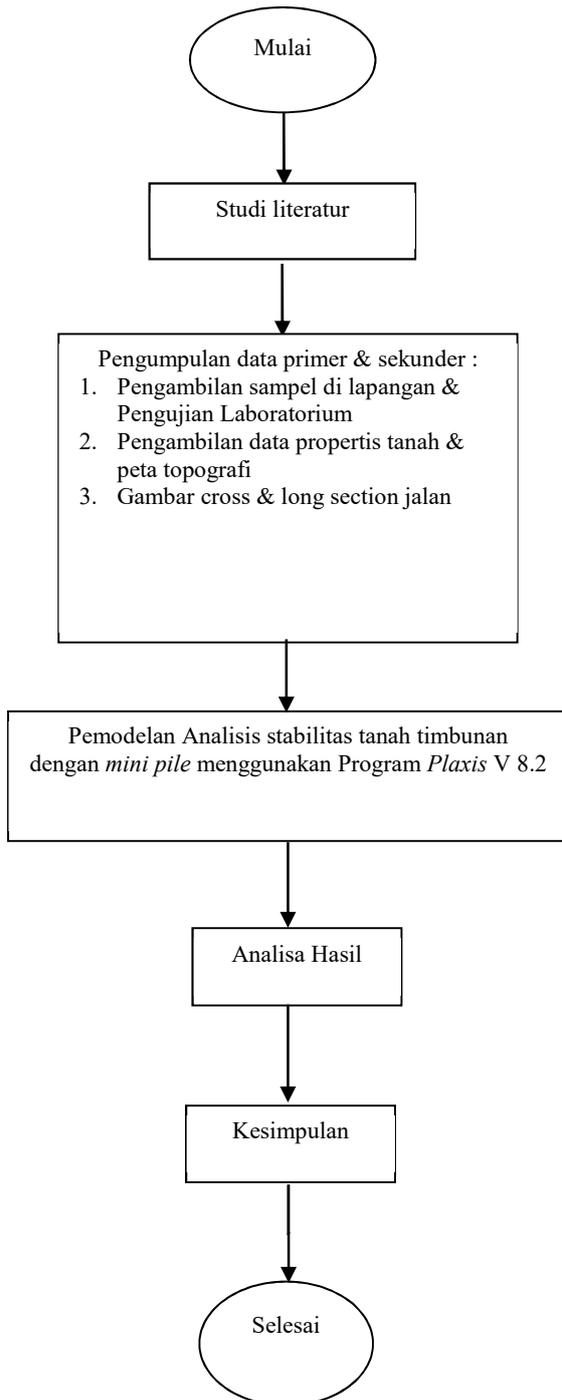
Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda, Seksi V, lokasi yang menjadi titik penelitian berada di STA 2+850 - 3+050, seperti yang terlihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian STA. 2+850 - 3+050

B. Bagan Alir Penelitian

Secara umum tahapan penelitian pada kajian teknis longsoran pembangunan Jalan Tol Balikpapan - Samarinda Sta. 2 + 850 - Sta. 3 + 125 dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

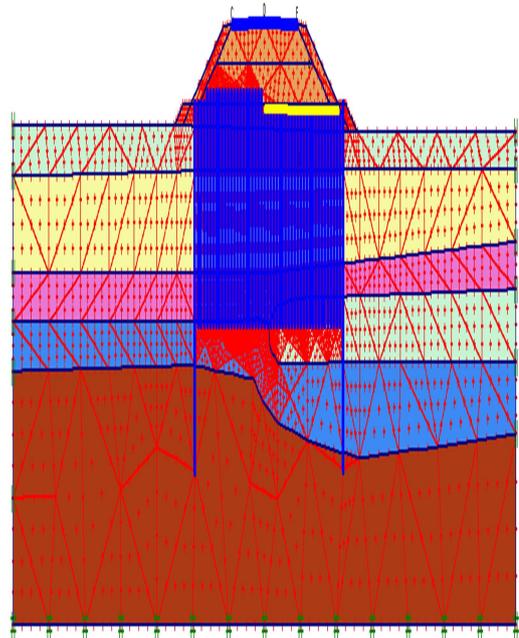
C. Permodelan Stabilitas Tanah Timbunan dengan Program Plaxis versi 8.2

Untuk penanganan longsor di Sta. 2+850 s/d Sta. 3+050 dilakukan kajian teknis menggunakan parameter tanah yang ada serta dilakukan pemodelan dengan menggunakan program *plaxis* versi 8.2 agar didapat

kesimpulan dan rekomendasi terkait permasalahan tersebut.

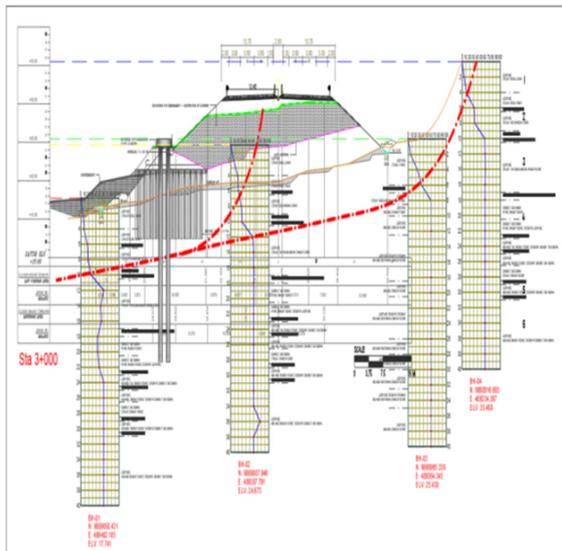
Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, maka tahapan dan pemodelan dalam melakukan analisa dibatasi pada beberapa kondisi seperti di bawah ini :

- Melakukan analisa balik untuk mendapatkan parameter sesuai dengan kondisi pada saat terjadi kelongsoran.
- Perkuatan dengan menggunakan *mini pile* panjang 6 m (8 buah) dan panjang 9 m (10 buah) dengan jarak antar *mini piles* 1 meter.
- Analisis dilakukan dalam 3 tahap yaitu tanpa perkuatan, perkuatan dengan *mini pile*, perkuatan dengan *mini pile* dan geotekstil

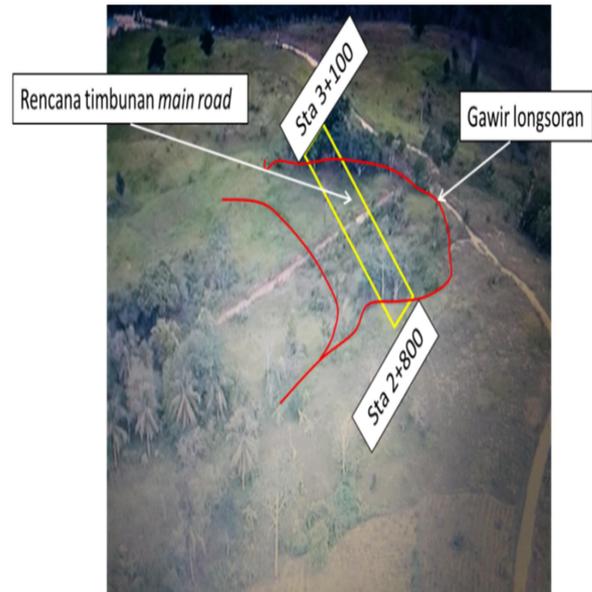
Gambar 3.3. Permodelan *Plaxis* Versi 8.2

D. Analisis Balik (*Back Analysis*)

Dalam menentukan penanganan kelongsoran, sudah dilakukan pengujian tanah pada lokasi kelongsoran dengan uji boring sebanyak 4 titik yang ditunjukkan pada gambar *cross section* di bawah, tetapi yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan analisa balik adalah 3 titik, karena kelongsoran sudah terjadi maka dilakukan analisa balik untuk mendapatkan parameter tanah yang digunakan saat terjadi kelongsoran. Dari hasil analisa balik tersebut maka didapatkan parameter tanah pada saat terjadi kelongsoran seperti ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4. Titik Penyelidikan Tanah



Gambar 4.1 Gawir longsor lama sta 2+800 s.d sta 3+100

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Kajian Kondisi Longsor

Penanganan longsor dilakukan dengan beberapa cara diantaranya melakukan kajian teknis terkait kondisi geologi setempat dan hasil survei lapangan didapat penyebab terjadinya longsor di lokasi jalan Tol Balikpapan - Samarinda Sta. 2+850 – Sta. 3+125 sebagai berikut:

1. Kondisi geologi berupa daerah cekungan, batuan dasar berupa batu lempung, serpih dan lignit yang berpotensi menjadi bidang perlemahan dengan kemiringan 10° (Luthfi, Mustafa dkk) seperti pada Gambar 4.1;
2. Lapisan tanah penutup berupa endapan vulkanik yang mempunyai karakteristik yang buruk, yaitu mudah lapuk, porous dan mudah hancur;
3. Material debris bekas longsor lama tidak terkupas seluruhnya;
4. Air bawah permukaan dan air permukaan, serta alur alam tidak ditangani dan diantisipasi dengan baik;
5. Pada sisi kaki timbunan sisi kiri (sisi kiri lebih rendah dari sisi kanan) terdapat rawa dan tanah lunak;
6. Adanya beban timbunan dengan tinggi 5-9 m dari tanah asli.

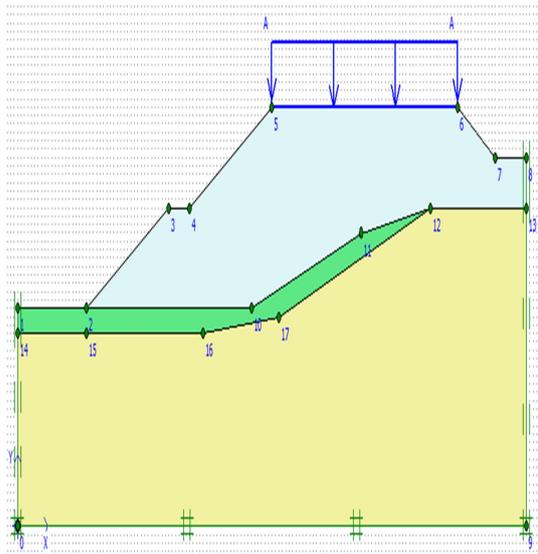
B. Analisis Timbunan Tanah Asli

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dilapangan dan dilakukan kajian teknis dengan pemodelan menggunakan Program *Plaxis* versi 8.2 didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Data Parameter Tanah

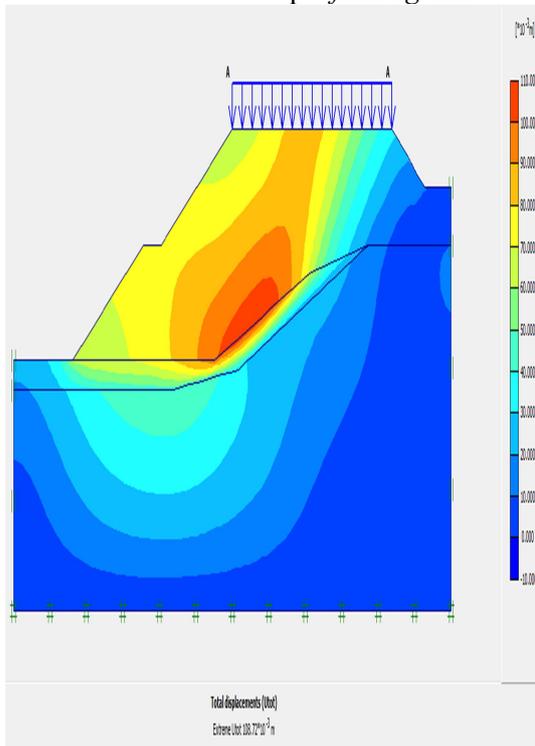
Parameter	Nam e	Lay er 1 Emb .	Lay er 2 Soft Clay	Layer 3 Subgra de	Units
<i>Model</i>	<i>Mod el</i>	MC	MC	MC	-
<i>Type of Behavior</i>	<i>Type</i>	UD	UD	UD	-
<i>Soil Weight Unsaturat ed</i>	γ_{unsat}	18	16	17	kN/ m ³
<i>Soil Weight Saturat ed</i>	γ_{sat}	19.5	17	18.5	kN/ m ³
<i>Young's Modulus</i>	E_{ref}	15000	2000	15000	kN/ m ²
<i>Cohessio n</i>	<i>c</i>	40	20	50	kN/ m ²
<i>Friction Angle</i>	φ	20	1	25	°
<i>Poisson Ratio</i>	<i>v</i>	0.3	0.3	0.3	-

Sumber : *Plaxis*, 2012

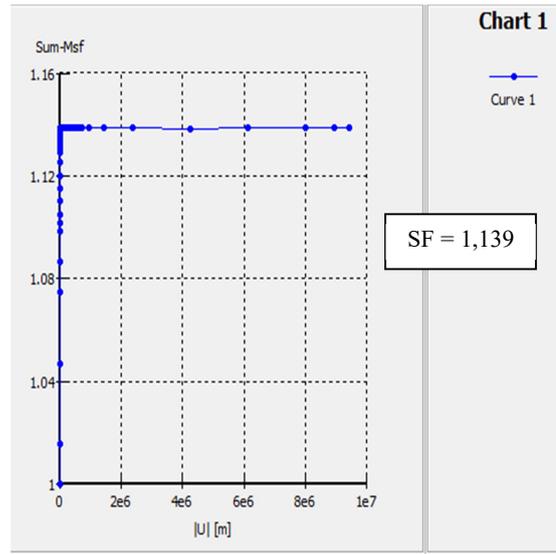


Gambar 4.2 Permodelan *Plaxis* Tanpa Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis tanpa perkuatan (Gambar 4.2) menggunakan *software plaxis* pada saat kondisi kelongsoran dimana belum dilakukan perkuatan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan parameter tanah dengan analisa balik, pada gambar tersebut terlihat bentuk kelongsoran sesuai dengan kondisi di lapangan dimana longsor terjadi pada saat proses penimbunan sudah mencapai *finish grade*.



Gambar 4.3 Total displacement = 0,109 m



Gambar 4.4 Kurva *Safety Factor*

Berdasarkan hasil analisis didapatkan total *displacement* = 0,109 m (Gambar 4.3) dan *Safety Factor* = 1,139 (Gambar 4.4), ini berarti pekerjaan timbunan di lapangan cukup kritis dari sisi desain. Permasalahan yang ada di lapangan terjadi kelongsoran sehingga perlu dikaji penyebabnya. Berdasarkan pengamatan di lapangan kemungkinan terjadinya kelongsoran dikarenakan: kadar air tanah timbunan yang kurang terkontrol saat dilakukan penimbunan dan pemadatan, pemadatan kurang sempurna di lapangan, pengaruh air hujan serta pengaruh adanya air dari sumber air. Setelah tanah timbunan dipadatkan tidak dilakukan perlindungan terhadap sinar matahari dan air hujan.

C. Perkuatan Dengan *Mini pile*

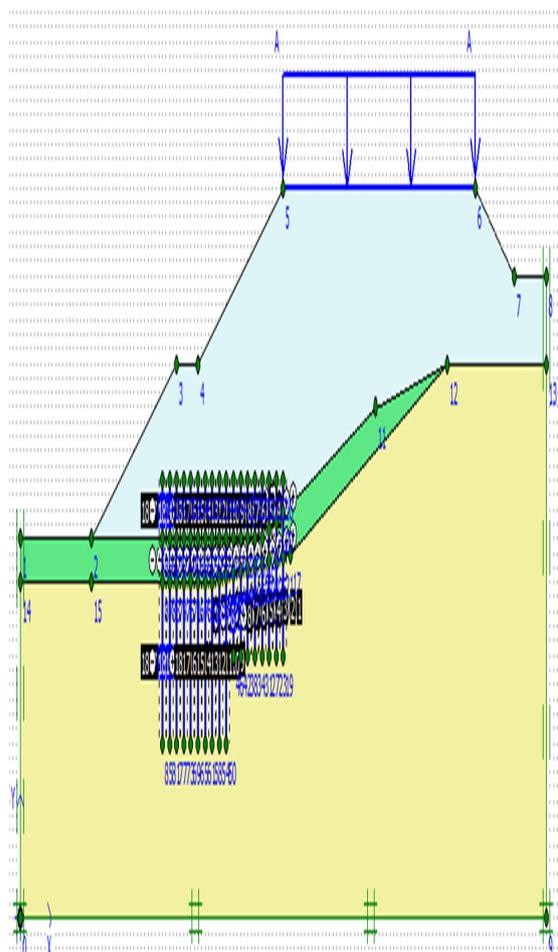
Mini pile yang digunakan sebagai alternatif penanganan longsor berupa beton bertulang dengan panjang 6 m dan 9 m dengan jarak antar minipiles adalah 1 meter dengan karakteristik *mini pile* seperti pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data Parameter Tanah

<i>Parameters</i>	<i>Name</i>	<i>Layer 1</i>	<i>Units</i>
<i>Type of Behavior</i>	<i>Type</i>	<i>Elastoplastic</i>	-
<i>Normal Stiffness</i>	<i>EA</i>	9.82×10^6	kN/m
<i>Flexural Rigidity</i>	<i>EI</i>	3.83×10^4	kNm ² /m

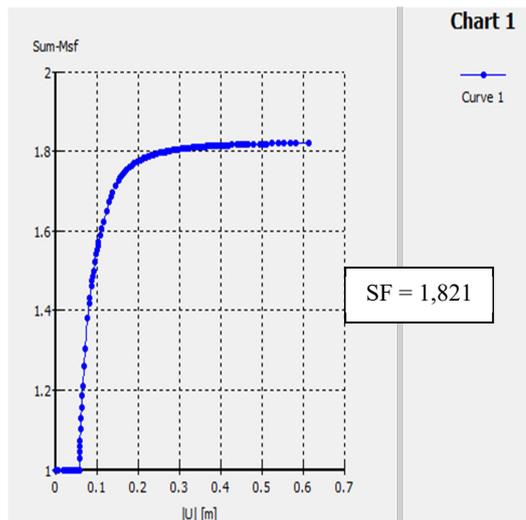
Parameters	Name	Layer 1	Units
Equivalent Thickness	d	0.25	m
Poisson Ratio	ν	0.2	-
Momen Crack	M_p	18.32	kNm/m
Allowable Axial Load	N_p	560	kN/m
Weight	w	1.24	kN

Sumber : Plaxis, 2012

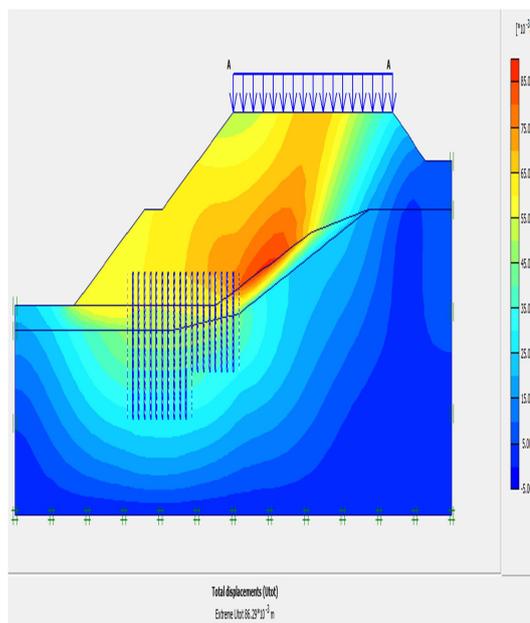


Gambar 4.5 Permodelan dengan perkuatan Mini pile

Gambar 4.5 menunjukkan permodelan plaxis yang sudah mengalami perkuatan dengan mini pile. Posisi pemasangan mini pile diletakkan dilapisan tanah keras atau melewati tanah lunak pada kedalaman 7 m dari muka tanah dengan jumlah dan panjang minipile 10 buah (9 m) untuk lapisan bawah dan 8 buah (6 m) untuk lapisan atas dengan jarak antar mini pile 1 meter.



Gambar 4.6 Total Displacements 0,086 m

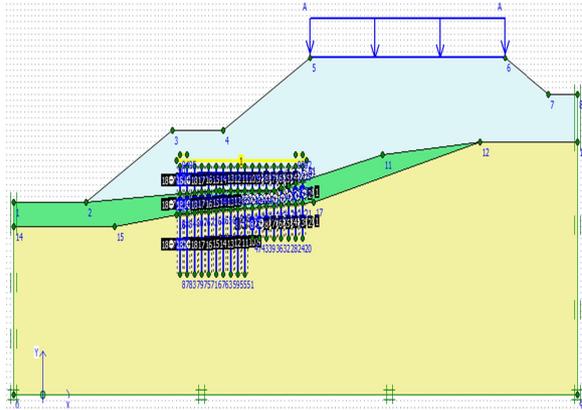


Gambar 4.7. Kurva Safety Factor perkuatan Mini pile

Berdasarkan hasil analisis dengan perkuatan mini pile didapatkan total displacement sebesar 0,086 m (Gambar 4.6) terdapat perubahan displacement sebesar 0,023 m jika dibandingkan tanpa perkuatan (Gambar 4.3) sedangkan Safety Factor untuk perkuatan dengan mini pile = 1,821 (Gambar 4.7) terjadi kenaikan sebesar 0,682 dibandingkan SF tanpa perkuatan (Gambar 4.4). Hal ini menunjukkan bahwa posisi pemasangan perkuatan sangat efektif bila menancap dilapisan tanah keras atau melewati tanah lunak pada kedalaman 7 m dari muka tanah, hal ini dikarenakan adanya beban

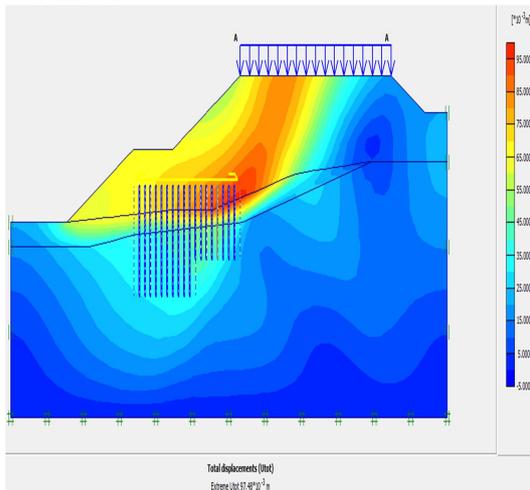
timbunan dengan tinggi 5-9 m dari tanah asli di lokasi tersebut sesuai analisa desain penanganan longsoran (SNI 8460 : 2017).

D. Perkuatan dengan *Mini pile* dan *Geotextile*

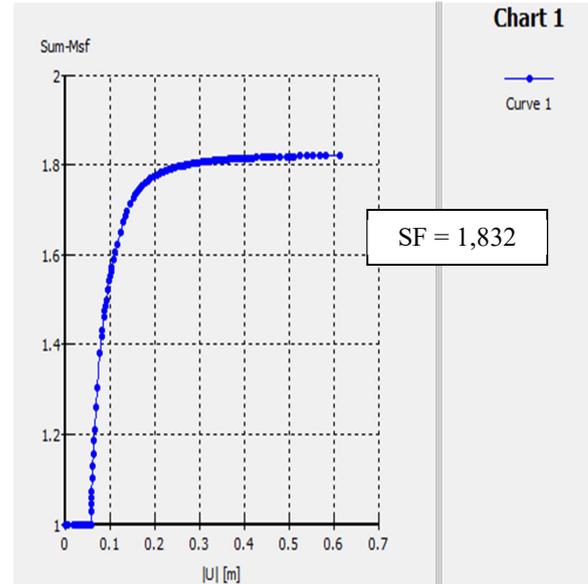


Gambar 4.8 Permodelan dengan Perkuatan *Mini pile* & *Geotextile*

Gambar 4.8 menunjukkan permodelan *plaxis* yang sudah mengalami perkuatan dengan *mini pile* dan ditambahkan dengan geotekstil. Posisi pemasangan *mini pile* diletakkan sebelah kiri tepatnya dilapisan tanah keras atau melewati tanah lunak pada kedalaman 7 m dari muka tanah dengan jumlah dan panjang *mini pile* 10 buah (9 m) untuk lapisan bawah dan 8 buah (6 m) untuk lapisan atas dengan jarak antar *mini pile* 1 meter.



Gambar 4.9 Total displacement 0,084 m



Gambar 4.10 Kurva *Safety Factor* untuk perkuatan *Mini pile* & *Geotextile*

Berdasarkan Gambar 4.9 hasil analisis dengan perkuatan *minipile* & *geotekstile* didapatkan total *displacement* sebesar 0,084 m terdapat perubahan *displacement* sebesar 0,002 m jika dibandingkan dengan perkuatan *mini pile* (Gambar 4.6) sedangkan *Safety Factor* untuk perkuatan *mini pile* & *geotextile* = 1,832 (Gambar 4.10) terjadi kenaikan sebesar 0,011 dari perkuatan *minipile* (Gambar 4.7). Perbedaan angka aman dan besar *displacement* yang didapatkan dari analisa dapat dilihat pada tabel 3.

Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan yang dipasang baik perkuatan dengan *minipile* saja maupun perkuatan *mini pile* & geotekstil hasilnya tidak terlalu signifikan terbukti dengan selisih *displacement* antara kedua model perkuatan (*displacement* perkuatan *mini pile* = 0,086 dan *displacement* perkuatan *mini pile* & geotekstil = 0,084 m) tidak terlalu jauh, yaitu 0,002 m. Perkuatan sangat efektif atau bermanfaat bila diletakkan pada lapisan tanah keras atau melewati tanah lunak pada kedalaman 7 m dari muka tanah hal ini dikarenakan adanya beban timbunan dengan tinggi 5-9 m dari tanah asli di lokasi tersebut sesuai analisa desain penanganan longsoran (SNI 8460 : 2017).

Tabel 3. Rekapitulasi Angka Aman Hasil Analisis Dengan Beban 10 kN

Permodelan		Angka Aman	Displacement
Tanpa Perkuatan (Tanah Timbunan)		1,139	0,109 m
Perkuatan dengan <i>Mini Pile</i>	Model 1	1,821	0,086 m
Perkuatan dengan <i>Mini Pile</i> dan Geotekstil	Model 2	1,832	0,084 m

Tabel 4. Tipe Geotekstil Yang Digunakan

Tipe Geotekstil	Tensile strength kN/m	Elongation %
Geotekstil Woven	50	5

V. KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan diatas didapat kesimpulan bahwa Berdasarkan hasil analisis didapatkan SF = 1,139 s/d 1,832 sedangkan untuk aman dilapangan digunakan SF \geq 1,30;. Perkuatan dengan menggunakan *mini pile* panjang 6 m (8 buah) dan panjang 9 m (10 buah) dengan jarak antar *mini piles* 1 meter, pada model 1 didapat angka aman SF = 1,821 lebih besar dari SF dilapangan yang diijinkan;. Bila perkuatan dengan menggunakan mini pile panjang 6 m (8 buah) dan panjang 9 m (10 buah) dan dilengkapi dengan geotekstil (model 2) di atasnya di dapat SF = 1,832 dan displacement total 0,084 m. Panjang *mini piles* sebaiknya harus menancap pada lapisan tanah keras atau melewati tanah lunak pada kedalaman 7 m dari muka tanah. Untuk itu sebaiknya digunakan panjang *mini pile* 9 m dan 6 m;. Penanganan longsor yang dipakai adalah perkuatan dengan *mini pile* dan lapis geotekstil jenis *woven*. kelongsoran di lapangan disebabkan oleh faktor pelaksanaan yang kurang sempurna dan faktor cuaca serta air hujan dan air dari sumber air yang mengalir (terjebak) ke daerah timbunan.

Untuk mengatasi permasalahan longsor yang terjadi akan sempurna maka perlu dilakukan beberapa hal seperti Teknologi perkuatan tanah dasar menggunakan *mini piles* berdimensi 20 cm x 20 cm dari beton bertulang dengan jarak 1 meter antar *mini piles* 1 m dapat dipakai sebagai solusi untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi di lokasi. Pemasangan *mini piles* diusahakan ujung tiang menumpu pada lapisan tanah keras atau dengan kata lain tiang harus memenuhi *final set*. Pada bagian atas/ujung *mini pile* dihamparkan tanah pasir setebal kurang lebih 1 meter dan di atas lapisan pasir diletakan 1 lembar geotekstil yang fungsinya untuk menahan tanah timbunan tidak turun ke bawah.. Tanah timbunan dilakukan penghamparan lapis demi lapis serta dipadatkan dengan baik dan sempurna; kadar air material tanah timbunan harus dikendalikan pada saat penghamparan dan saat pemadatan dilakukan; Setelah tanah timbunan dibentuk maka perlu dilindungi terhadap air hujan dan panas matahari;. Air yang berasal dari sumber air harus dikendalikan dengan menyalurkan melalui *subdrain*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah). PT. Erlangga. Jakarta.
- Brinkgreve, R.B.J., Al-Khoury, R., Bakker, K.J., Bonnier, P.G., Brand, P.J.W., Broere, W., Burd, H.J., Chandra, Y.P., Gouw, T.L., Hutapea, B.M., Soltys, G., Varmeer, P.A., Handoko, S.G., 1998, Plaxis Versi 8, Manual Acuan, Plaxis, Belanda.
- Craig, Robert F., 1989, Mekanika Tanah, Edisi ke 4, Diterjemahkan oleh Budi Susilo S., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Duncan, J. Michael., Stephen G. Wright, Thomas L. Brandon, 2014, Soil Strength and Slope Stability, Canada.
- Hardiyatmo, H.C., 2007, Pemeliharaan Jalan Raya, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Luthfi, Mustafa, dkk yang dimuat pada Jurnal Teknologi , Vol.2, Edisi.14, Juni 2009: 9-28, dengan judul “Tinjauan Geologi terhadap Potensi Dan tingkat Kerawanan bahaya Longsor Dikota Balikpapan-Kalimantan Timur”.
- Plaxis, 2012, *Tutorial Manual*, A.A. Balkema : Rotterdam.
- Rusdiansyah, 2016, Asumsi Sistem Cerucuk Sebagai Alternatif Solusi Dalam Penanganan Kelongsoran Lereng Jalan Diatas Tanah Lunak, Prosiding Seminar Nasional Geoteknik, Banjarmasin.
- SNI 8460 : 2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
- Suryolelono K.B., (2002), Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar, Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.
- Zahera, Nabila, dkk yang dimuat pada Jurnal Teknologi Sipil, Vol.3, No.1, Mei 2019: 1-11, dengan judul “Analisis Kekuatan Struktur Minipile Pasca Keruntuhan dengan Menggunakan Software Plaxis V8.6 (Studi Kasus : Landasan Bandara Samarinda Baru, Kota Samarinda).