

# ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR *MINIPILE* PASCA KERUNTUHAN DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* *PLAXIS V8.6*

(Studi Kasus : Landasan Bandara Samarinda Baru, Kota Samarinda)

Nabilla Zahera<sup>1</sup>, Masayu Widiastuti<sup>2</sup>, Triana Sharly P. Arifin<sup>3</sup>

Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda

Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119. Telp:0541-736834, Fax:0541-749315

e-mail: [zaheranabilla@gmail.com](mailto:zaheranabilla@gmail.com)

## ABSTRAK

Bandara merupakan prasarana penting dalam kegiatan transportasi di Indonesia, yang merupakan negara kepulauan. Transportasi udara menjadi faktor pendukung bagi perkembangan dalam segi ekonomi, sosial, budaya maupun pariwisata. Hal ini menyebabkan perlunya pembangunan seiring pertumbuhan ekonomi Kota Samarinda. Bandar Udara APT Pranoto terletak di Kecamatan Sei Siring ( $\pm 15$  km dari pusat kota Samarinda). Berdasarkan informasi lapangan dan kondisi setempat, lahan tersebut dimanfaatkan dan dilakukan galian yang dalam hingga mencapai 25 m yang menyebabkan kondisi tanah dasar kurang stabil. Selama pekerjaan, kegagalan lereng terjadi di awal tahun 2015 yang menyebabkan setengah dari material di area runway longsor.

Untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi, perlunya peninjauan ulang yang berlangsung 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. Metode perbaikan tanah telah banyak dikembangkan sesuai dengan kondisinya. Salah satu perbaikannya dengan metode perkuatan tanah sebagai alternatif pemecahan masalah terhadap faktor aman yang rendah. Faktor aman yang rendah merupakan akibat yang ditimbulkan oleh tanah yang memiliki tahanan geser yang rendah. Metode perkuatan tanah bertujuan untuk menambah kekuatan tanah agar mampu mendukung beban yang bekerja di atasnya. Salah satu metode perkuatan tanah efektif untuk mengatasi kelongsoran adalah dengan menggunakan perkuatan tiang-tiang vertikal yang berperilaku seperti sistem cerucuk (*minipile*). *Minipile* memiliki kemampuan menghambat pergeseran tanah pada bidang longsonnya. Metode yang digunakan untuk menganalisa adalah dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan komputer menggunakan *Plaxis*. Pada *Plaxis*, kedalaman *minipile* diberi variasi kedalaman dari 6 m hingga 12 m.

Berdasarkan hasil analisa SF pada program *Plaxis*, SF sama dengan 2 dimulai pada kedalaman 8 m dan kedalaman 9m pada tahun kesepuluh. Sedangkan pada tahun ketiga, kedalaman 10 m mendapatkan SF sebesar 2,01. Namun untuk tahun pertama setelah konstruksi, pada kedalaman *minipile* 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.

**Kata kunci:** Analisis Balik, Faktor keamanan, *Minipile*, *Plaxis*

## ABSTRACT

*The airport is an important infrastructure in transportation activities in Indonesia, which is an island country. Air transportation is to become a supporting factor for economic, social, cultural and tourism developments. This led to be need for development in line with the economic growth of Samarinda City. APT Pranoto Airport is located in Sei Siring District ( $\pm 15$  km from downtown Samarinda). Based on field information and local conditions, the land was exploited and deep excavation was carried out up to 25 m which caused subgrade conditions to be less stable. During work, slope failure occurred in early 2015 which caused half of the material in the runway area become landslide.*

To correct the failures need a review that took place in the field. Safety factor analysis before the landslide occurs best results meanwhile in the field experiencing landslides. Finally need to do a flashback by doing a back analysis. Land improvement methods have been developed in accordance with their conditions. One of them is with the soil strengthening method as an alternative problem solving for low safety factors. A low safety factor is a result caused by soil which has a low shear resistance. The ground reinforcement method aims to increase the strength of the soil to be able to support the load acting on it. One of the effective methods of soil reinforcement to overcome landslides is to use vertical mast reinforcement that behaves like a minipile system. Minipile has the ability to inhibit land shifts in its landslide field. The method used to analyze is to use the finite element method with the help of a computer using Plaxis. In Plaxis, the depth of the minipile is given a variation of depth from 6 m to 12 m.

Based on the results of the SF analysis on the Plaxis program, SF is equal to 2 starting at a depth of 8 m and a depth of 9 m in the tenth year. Whereas in the third year, a depth of 10 m obtained SF as much as 2.01. However, for the first year after construction, the minipile 11 m depth has reached 2.03. So, the recommendation results of the geometry if the SF equals 2 allowed by the company which is the effective depth at 11 m.

**Keywords:** Back Analysis, Safety Factor, Minipiles, Plaxis

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Samarinda merupakan ibukota provinsi Kalimantan Timur yang memiliki perkembangan kota yang sangat pesat. Hal ini dapat dilihat dengan banyaknya fasilitas. Salah satu fasilitas umum yang sedang dalam proses pengerjaan di Samarinda adalah bandar udara

Pada awal 1990-an, pemerintah Kalimantan Timur mencari lokasi alternatif. Lokasi yang dituju terletak di daerah Sei Siring Samarinda. Berdasarkan informasi lapangan dan kondisi lapangan setempat, diduga bahwa lahan tersebut pernah dimanfaatkan dan dilakukan galian yang cukup dalam. Pada tahapan pekerjaan sebelumnya, perbaikan tanah dilakukan dengan menggunakan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) dan *preloading* sebagai desain awal. Selama pekerjaan, kegagalan terjadi pada awal tahun 2015 yang menyebabkan setengah dari material di area *runway* longsor.

Untuk dapat memperbaiki kegagalan yang terjadi, sifat fisik dan mekanik perlu dilihat kembali. Untuk menganalisis, di perlukan analisa balik hingga diperoleh keadaan dimana terjadi kegagalan.

Salah satu perkuatan tanah timbunan yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan pada tanah lunak adalah dengan menggunakan cerucuk. Pada kondisi perkuatan di lapangan, diberi pula *geotextile* sebagai penambah perkuatan pada longsor.

Ada berbagai metode analisis yang dapat digunakan dalam menganalisa kestabilan tanah, salah satunya adalah dengan menggunakan. Metode elemen hingga atau *finite elemen method (FEM)*.

Untuk menyederhanakan perhitungan, dapat menggunakan bantuan komputer. Salah satu program yang tersedia adalah *Plaxis*. Dengan penggunaan program ini, diharapkan proses analisis yang telah dimodelkan mendapatkan data yang diperlukan dengan lebih cepat dan akurat.

### 1.2. Tujuan Perencanaan

1. Menentukan material *properties* sifat fisik material untuk area penelitian dengan metode analisa balik dengan *safety factor* = 1.
2. Mendapatkan hasil *safety factor* pada saat selesai konstruksi pada kedalaman *minipile* 6m, 7m, 8m, 9m, 10, 11m dan 12m.
3. Mendapatkan hasil rekomendasi geometri konstruksi jika *safety factor* = 2

### 1.3. Ruang Lingkup Dan Batasan Masalah

1. Dalam studi ini hanya menggunakan parameter-parameter data sekunder yang dibutuhkan *Plaxis* V8.6. Data sekunder diperoleh dari pengumpulan data-data yang berasal dari PT Yodya Karya selaku konsultan dan Dinas Perhubungan Provinsi Kalimantan Timur
2. Peninjauan data hanya pada landasan utama Bandara Samarinda Baru pada STA 2+100 yang merupakan lokasi longsor
3. Tidak membahas kualitas tiang dan penulangan tiang serta hal-hal lain yang menyangkut masalah produk tiang
4. Permodelan rencana pembebanan mengacu berdasarkan data yang dimiliki pihak Bandara Samarinda Baru
5. Gaya gempa diabaikan karena lokasi pembangunan bandara termasuk daerah tak rawan gempa

6. Tidak membahas perhitungan rencana anggaran biaya
7. Hanya menghitung pada kedalaman 6m, 7m, 8m, 9m, 10, 11m dan 12m menggunakan *Plaxis* v8.6.
8. Tidak memperhitungkan penurunan yang terjadi akibat adanya perkuatan

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan analisis stabilitas pada ilmu rekayasa geoteknik terus mengalami perkembangan seiring berkembangnya ilmu teknik sipil. Perkembangan ini didasari oleh timbulnya masalah-masalah yang terjadi pada saat pelaksanaan konstruksi. Pada geoteknik, masalah yang sering ditemui adalah masalah stabilitas dan penurunan timbunan pada tanah lunak. Pada konstruksi dibidang geoteknik, lapisan tanah lunak banyak mengalami kendala, misalnya pada proses pelaksanaan konstruksi timbunan yang berada dibawahnya.

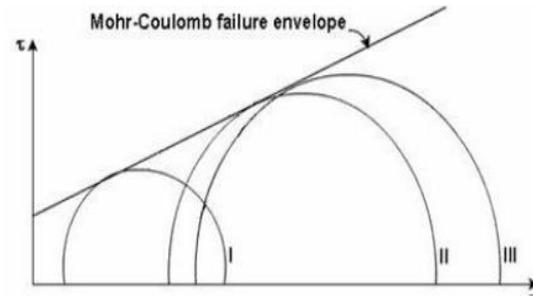
### 2.1. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Kemantapan suatu tanah tergantung pada sifat-sifat pada batuan penyusunnya yang terdiri atas sifat fisik dan mekanik. Berikut penjelasan sifat fisik dan mekanik,

1. Bobot isi merupakan perbandingan antara berat material dengan volume material yang dinyatakan dalam satuan berat per volume.
2. Porositas merupakan perbandingan antara volume pori dengan volume butiran-butiran sendirinya.
3. Derajat kejenuhan merupakan perbandingan antara volume air pori dengan volume isi pori seluruhnya
4. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang terbentuk jika suatu batuan ditemukan tegangan yang melebihi tegangan gesernya
5. Kohesi adalah kekuatan tarik menarik antara butir batuan yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas.

### 2.2. Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Ketika sampel tanah runtuh, maka tegangan geser pada bidang keruntuhan akan menentukan kekuatan geser tanah. Jika data dari beberapa pengujian yang dilakukan pada sampel yang berbeda sampai terjadi kegagalan, maka dapat digambarkan serangkaian lingkaran *Mohr*. Penggambarannya lebih mudah bila hanya menampilkan bagian atas dari lingkaran *Mohr*. Selanjutnya garis tangensial dari sejumlah lingkaran *Mohr* bisa digambar, yang disebut juga selimut keruntuhan (*failure envelope*) *Mohr-Coulomb*.



Gambar 1. 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 :  $\tau$  = Tegangan geser  
 $c$  = Kohesi  
 $\sigma$  = Tegangan normal  
 $\phi$  = Sudut geser dalam

### 2.3. 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 daripada 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*)

### 2.3. Perkuatan Tanah dengan Cerucuk

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 (*minipiles*) dari beton maupun pipa baja panjang yang dapat disambung, karena panjang cerucuk harus melebihi bidang kelongsoran yang terdalam. Di sini cerucuk merupakan tiang pondasi yang berfungsi sebagai perkuatan stabilitas lereng (Rusdianyah, 2016).

### 2.4. Faktor Aman

Menurut Bishop, faktor keamanan adalah perbandingan antara kekuatan geser maksimum (peak) dan kekuatan geser yang diperlukan untuk menahan kemantapan, yaitu kekuatan pada keadaan keseimbangan batas (limit equilibrium). (Wesley, 2012).

Dalam analisis kuat dukung tanah diperlukan besarnya angka aman yang digunakan untuk menentukan besarnya kuat dukung tanah ijin ( $q_{ijin}$ ) dalam perencanaan. Besarnya angka aman (SF) diambil sebesar 2 -3 sudah cukup memuaskan, namun pada kondisi-kondisi khusus digunakan angka (SF) sebesar 3-4. Persamaan angka aman adalah sebagai berikut, (Basah, 2004)

$$SF = \frac{q_{ijin}}{q_{ultimit}} \dots\dots\dots (1.2)$$

Dimana,  
SF = Faktor aman  
 $q_{ijin}$  = Kuat dukng tanah ijin  
 $q_{ultimit}$  = Kuat dukung ultimit

### 2.5. Metode Elemen Hingga (FEM)

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa (*Ordinary Differential Equation*) maupun persamaan differensial seringkali digunakan sebagai model permasalahan *engineering*.

Proses inti Metode Elemen Hingga adalah membagi problem yang kompleks menjadi bagian-bagian kecil atau elemen-elemen dari mana solusi yang lebih sederhana dapat dengan mudah diperoleh. Solusi dari setiap elemen jika digabungkan akan menjadi solusi problem secara keseluruhan (Isworo, 2018).

### 2.6. Program Plaxis

*Plaxis* (V.8) 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).

### 2.7. Parameter Mohr-Coloumb dalam Plaxis

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

1. *Modulus Young (E)*, menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan.
2. *Poisson Ratio (v)*, 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. Nilai-nilai untuk bahan-bahan *elastic* lainnya pada umumnya diperoleh oleh profesi kerekayasaan dan seperti yang ditemukan pada sejumlah sumber rujukan.
3. Berat volume tanah ( $\gamma$ ), Apabila contoh tanah adalah jenuh air (*saturated*), yaitu ruang pori terisi penuh oleh air maka dinyatakan sebagai berat volume tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ). Apabila contoh tanah adalah tak jenuh air (*unsaturated*) maka dinyatakan sebagai berat volume tanah tak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ).

Persamaan perhitungan untuk mencari nilai  $\gamma$  adalah sebagai berikut,

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

dengan,  
W = berat total tanah (kN)  
V = volume tanah (m<sup>3</sup>)

4. Kohesi (c), adalah nilai yang timbul akibat adanya ikatan antara butiran tanah. Persamaan perhitungan untuk mencari nilai kohesi adalah sebagai berikut,

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

dengan,

$c_u$  = kohesi (dalam keadaan *undrained*)

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

5. Sudut geser ( $\phi$ )

Sudut geser adalah sudut yang terbentuk saat pergeseran dua atau lebih partikel tanah. Nilai korelasi sudut geser dalam hasil uji triaksial.

6. Sudut dilatasi ( $\psi$ )

Pada tanah lempung, nilai  $\psi = 0^\circ$ , sudut dilatasi untuk tanah pasir tergantung pada kerapatan dan sudut gesernya, pada umumnya  $30^\circ$ . Pada sebagian besar kasus nilai  $\psi = 0^\circ$ , untuk nilai sudut geser kurang dari  $30^\circ$ .

7. Permeabilitas ( $k$ )

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

Koefisien permeabilitas ( $k$ ) mempunyai satuan yang sama dengan satuan kecepatan cm/det atau mm/det, yaitu menunjukkan ukuran tahanan tanah terhadap aliran air.

## 2.7. Studi Penelitian

### 2.7.1 Kronologi Permasalahan

Pada saat dilakukannya penimbunan kurang lebih 2 m di sisi kiri *As Runway*, terjadi retakan yang membentuk *crown*. Setelah itu pekerjaan penimbunan di area 2+100 dihentikan.

### 2.7.2 Evaluasi Hasil Penyelidikan Tanah

Melalui hasil uji kondisi tanah dapat ditampilkan berdasarkan konsistensi tahanan ujung, gesekan selimut dan tekanan pori tanah akibat penusukan konus di sepanjang kedalaman uji. Umumnya untuk tanah-tanah yang digolongkan sebagai tanah *normally consolidated*, memiliki nilai  $B_q = 0.7$  dan nilai rasio kuat geser terhadap tegangan efektif tanah  $S_u/\sigma_v = 0.22$ .

Apabila tanah memiliki rentang di atas nilai tersebut digolongkan tanah *over consolidated*, sedangkan apabila memiliki rentang di bawah nilai tersebut diklasifikasikan sebagai tanah *under consolidated* yang umumnya memiliki konsistensi lunak hingga sangat lunak.

### 2.7.3 Konsep Perkuatan

Konsep perkuatan area *runway* pada STA. 2+100 khususnya pada area yang sebelumnya terjadi longsor adalah dengan menggunakan cerucuk beton. Cerucuk yang dimaksudkan adalah tiang pancang mini sq. 20x20 cm<sup>2</sup> dengan panjang minimum 10 m (sesuai hasil CPTu terdapat lensa pasir).

### 2.7.4 Pembebanan

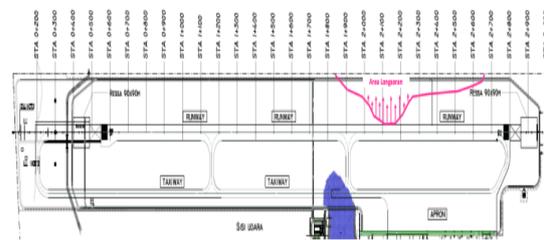
Permodelan pembebanan didapatkan dari “*Laporan Akhir Kajian Teknis Konstruksi dan Perkerasan Sisi Udara Bandara Samarinda Baru*”. Beban operasional yang harus diperhitungkan adalah :

1. Beban perkerasan, yaitu beban yang ditimbulkan akibat adanya perkerasan lentur setebal 0,69m untuk area *Runaway*. Sehingga besar beban perkerasan untuk area *Runway* adalah  $0,69m \times 24 \text{ kN/m}^3 = 16,56 \text{ kN/m}^2$
2. Beban pesawat, sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$   
Sehingga beban total yang diperoleh adalah  $= 16,56 + 15 = 31,56 \text{ kN/m}^2$

## 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandara Samarinda Baru bertaraf internasional (Bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto) yang terletak di Kecamatan Sei Siring. Lokasi yang menjadi titik penelitian dilapangan yaitu pada STA2+100 yang mengalami kelongsoran dapat di lihat pada **Gambar 3.1** bawah ini,



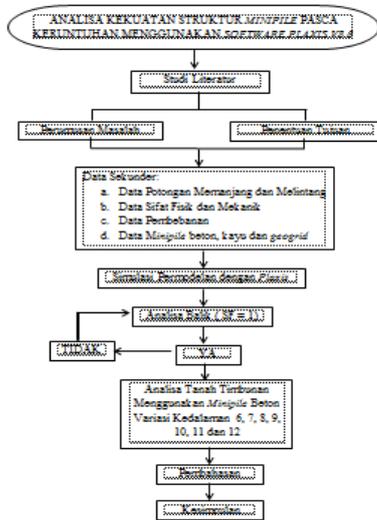
**Gambar 2.** Lokasi Penelitian yang Menjadi Titik Acuan (STA 2+100)

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari instansi terkait seperti kontraktor, konsultan pengawas/perencana ain. Adapun data-data yang dimaksud berupa data sifat fisik dan material tanah, data pembebanan, data minipile beton dan kayu, data geogrid dan data potongan melintang dan memanjang.

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Sebelum melakukan penelitian maka dibuat langkah-langkah pelaksanaan alur kegiatan.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

## 4 Analisis dan Pembahasan

### 4.1 Sifat Fisik dan Mekanik

*Material properties* dari uji sifat mekanik berupa nilai kohesi ( $kN/m^2$ ) dan sudut geser dalam ( $^\circ$ ) yang diperoleh dari uji kuat geser langsung (*direct shear test*), sedangkan dari uji sifat fisik berupa bobot isi ( $\gamma$ ) ( $kN/m^3$ ). *Material properties* setiap material diperoleh dari data hasil uji laboratorium geoteknik. *Material properties* yang digunakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini,

Tabel 1 Material Awal

Kedalaman (m)	Material	Data Awal	
		C ( $kN/m^2$ )	$\Phi$ ( $^\circ$ )
0 – 2	Fill Material	50	8
2-3	Sand Blanket	50	8
3-10	Very Soft Clay	0,2	18
10-16	Soft Clay	0,2	18
16-19	MediumStiff Clay	8	25
19 -25	Very Stiff Clay	30	25

Sumber : GEC

### 4.2 Pengamatan Muka Airtanah

Untuk mengetahui keberadaan muka air tanah pada lokasi penelitian, maka dilakukan pemantauan air tanah. Pengamatan muka air tanah ini bertujuan untuk mengetahui elevasi muka air tanah. Pada penelitian ini digunakan data aktual dengan rata-rata muka air tanah -1 hingga 2 m.

### 4.3 Analisis Balik (Back Analysis)

Nilai faktor keamanan yang sebelumnya didapatkan nilai FK yang aman sedangkan secara aktual di lapangan lereng mengalami longsor, Sehingga perlu dilakukan *back analysis* dengan mengubah nilai sifat mekanik yaitu kohesi pada aplikasi yang digunakan dalam analisis kestabilan sampai diperoleh nilai faktor keamanan sama dengan 1. Jadi nilai sifat fisik dan mekanik batuan yang memperoleh nilai FK sama dengan 1 inilah yang digunakan untuk nilai parameter sifat fisik dan mekanik untuk analisis kestabilan selanjutnya. Analisis yang digunakan merupakan analisis *trial and error* hingga didapatkan FK sama dengan 1. Berikut ini merupakan hasil *back analysis* pada masukan *Plaxis*,

Tabel 2 Material Back Analysis

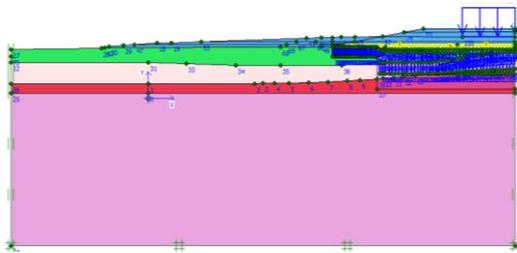
Kedalaman (m)	Material	Data Awal	
		C ( $kN/m^2$ )	$\Phi$ ( $^\circ$ )
0 – 2	Fill Material	15	8
2-3	Sand Blanket	15	8
3-10	Very Soft Clay	0,2	18
10-16	Soft Clay	0,2	18
16-19	MediumStiff Clay	4	25
19 -25	Very Stiff Clay	15	25

### 4.4 Analisis Pada Program Plaxis

Sebelum melakukan analisis perhitungan, diperlukan kelengkapan data yang sesuai serta persamaan yang mendukung untuk dapat melakukan perhitungan dan mendapatkan hasil yang sesuai.

#### 4.4.1 Permodelan Geometri

Berikut ini merupakan permodelan geometri yang akan dianalisis,



Gambar 4. Permodelan Plaxis

#### 4.4.2 Permodelan Material

Perilaku mekanis dari tanah dapat dimodelkan pada berbagai tingkat akurasi. Untuk penggunaan model material pada penulisan ini digunakan model material yang sangat umum untuk digunakan, yaitu *Model Mohr-Coloumb*.

##### 4.4.2.1 Permodelan Material Minipile

*Minipile* pada kasus ini menggunakan dua parameter yang berbeda yaitu beton dan kayu. Permodelan material *minipile* pada *Plaxis* menggunakan pelat sehingga membutuhkan konversi yang dibutuhkan pada pelat dalam *Plaxis*.

Tabel 3. Material *Minipile*

No	Nama parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Normal Stiffnes	EA	3,138	kN/m
2	Flexural rigidty	EI	0,0004	kNm <sup>2</sup> /m
3	Ketebalan ekivalen	D	0,04	m
4	Berat	W	0,032	kNm/m
5	poisson	V	0,2	-

Tabel 4. Material Kayu

No	Nama parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Normal Stiffnes	EA	$4 \times 10^6$	kN/m
2	Flexural rigidty	EI	13340	kNm <sup>2</sup> /m
3	Ketebalan ekivalen	D	0,20	m
4	Berat	W	4,3 4	kNm/m
5	poisson	V	0,15	-

##### 4.4.2.2 Permodelan Material Geogrid

Permodelan material *geogrid* yang digunakan adalah *geogrid woven* dengan spesifikasi kuat tarik sebesar 50 kN/m. Berikut ini merupakan masukan

material *geogrid* yang dibutuhkan pada program *Plaxis*

Tabel 4 Material Geogrid

Parameter	EA (kN/m)	Np (kN/m)
<i>Woven</i>	520	20

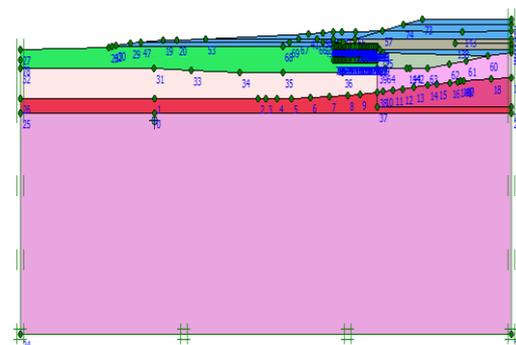
#### 4.4.3 Permodelan Pembeban

Permodelan pembebanan didapatkan dari “*Laporan Akhir Kajian Teknis Konstruksi dan Perkerasan Sisi Udara Bandara Samarinda Baru*”. Beban operasional yang harus diperhitungkan adalah :

1. Beban perkerasan, yaitu beban yang ditimbulkan akibat adanya perkerasan lentur setebal 0,69m untuk area *runway*. Sehingga besar beban perkerasan untuk area *runway* adalah  $0,69m \times 24 \text{ kN/m}^3 = 16,56 \text{ kN/m}^2$
2. Beban pesawat, sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$

#### 4.5 Permodelan Plaxis Analisis Balik

##### 4.5.1 Geometri



Gambar 5. Permodelan Back Analysis

##### 4.5.2 Perhitungan

Setelah penyusunan model elemen hingga, perhitungan elemen hingga sesungguhnya dapat dilakukan. Karena itu perlu untuk mendefinisikan jenis perhitungan yang akan dilakukan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi apa yang diaktifkan dalam perhitungan.

Tahapan-tahapan perhitungan dalam analisis balik adalah sebagai berikut :

1. Tahap awal  
Merupakan tahapan situasi awal dari proyek didefinisikan dalam modus penentuan kondisi awal dari program masukan.

## 2. Analisis Plastis

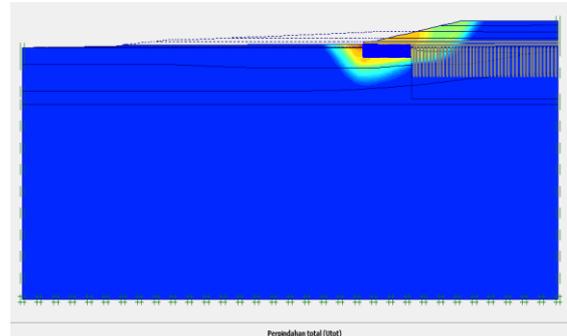
Suatu perhitungan plastis harus dipilih untuk melakukan analisis deformasi elastis-plastis dimana diperlukan untuk mengikutsertakan proses berkurangnya tekanan air pori berlebih terwaktu dalam waktu perhitungan. Pada perhitungan Plastis biasa dilakukan pada saat penambahan material ataupun struktur pada satu bagian atau keseluruhan. Dengan parameter masukan pembebanan diatur pada tahap konstruksi dan dilakukan pada interval waktu sesuai rencana pelaksanaan berlangsung. Jenis-jenis tahapan yang di analisis adalah sebagai berikut :

- *Gravity Loading*, yaitu tahapan perhitungan yang menerapkan perhitungan tegangan dengan menerapkan beban gravitasi (berat sendiri). Hal ini perlu dilakukan dengan jenis perhitungan Plastis, Pada parameter masukan pembebanan diatur pada faktor pengali total  $\sum Mweight$  menjadi 1.
  - *Stripping*, merupakan tahapan pengelupasan tanah sehingga tanah siap diberi perlakuan berikutnya. Pada tahap ini, *stripping* dilapangan dilakukan pada masa 14 hari.
  - Cerucuk kayu dan timbunan, merupakan tahapan pemberian struktural dan material baru. Sehingga diperlukan analisa plastis dalam perhitungannya. Cerucuk kayu dan timbunan dilakukan pada masa 30 hari sesuai urutan tahapannya.
3. Analisis konsolidasi, tahapan ini berguna untuk menganalisa perkembangan pori tanah akibat beban internal maupun eksternal berkaitan dengan waktu sampai dengan mencapai angka pori yang diijinkan. Adapun penggunaan jenis perhitungan analisis konsolidasi pada tahap diatas yaitu massa konsolidasi tanah timbunan yang pada proses pelaksanaannya diperlukan selama 30 hari di lapangan.
4. *Safety Factor*, yaitu tahapan perhitungan faktor keamanan yang dilakukan dengan jenis perhitungan *Reduksi Phi/c*. Dengan Masukan pembebanan otomatis diatur pada faktor pengali.

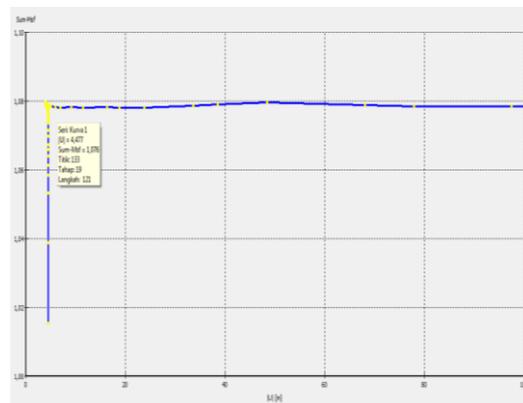
Setelah itu, rangkaian perhitungan dapat dilakukan dan dapat dilihat keluaran dari hasil perhitungan. Hasil dari perhitungan analisis balik didapat dilihat pada Gambar 6.

Warna merah pada gambar menunjukkan perpindahan maksimum yang terjadi. Perpindahan yang ditampilkan pada gambar merupakan perpindahan pada proses perhitungan di langkah terakhir, bukan pada saat faktor keamanan dari titik runtuh. Maka nilai perpindahan yang ditampilkan pada keluaran semakin tidak relevan. Meskipun nilai

perpindahan tidak relevan , meninjau bagian yang mengalami perpindahan maksimum juga cukup penting. Kurva untuk nilai keamanan pada analisa balik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Perpindahan Total Pada Analisis Balik



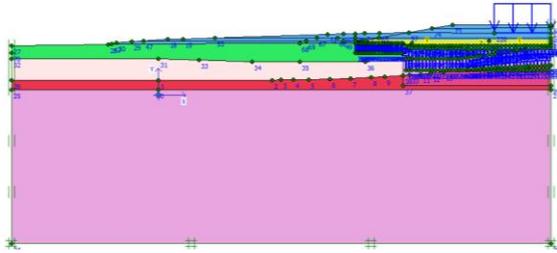
Gambar 7. Kurva Analisis Balik

Perbandingan antara faktor keamanan dan perpindahan adalah suatu hal yang tidak relevan, walaupun demikian perpindahan tetap mengindikasikan apakah suatu mekanisme keruntuhan telah terbentuk atau tidak. Dengan demikian nilai perpindahan sesaat sebelum keruntuhan dapat ditinjau dari nilai faktor keamanan.

## 4.6 Permodelan Plaxis Menggunakan Minipile

Perkuatan tanah yang dipilih yaitu dengan menambahkan minipile beton pada lokasi yang mengalami keruntuhan. Perkuatan tersebut dimodelkan dalam variasi dengan tingkat kedalaman minipile. Variasi tersebut yaitu pada kedalaman 6m, 7m, 8m, 9m, 10m, 11m dan 12m.

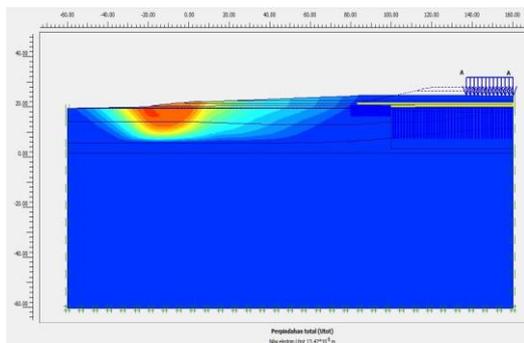
#### 4.6.1 Geometri



Gambar 8. Geometri

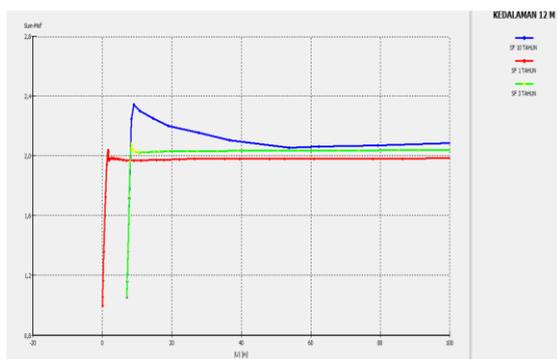
#### 4.6.2 Perhitungan

Setelah penyusunan model elemen hingga, perhitungan elemen hingga sesungguhnya dapat dilakukan. Berikut ini merupakan perpindahan maksimum yang terjadi pada kondisi 1 tahun, tampak bahwa perpindahan maksimum terjadi pada sisi terluar *runway*.



Gambar 9. Perpindahan Maksimum

Kurva untuk nilai keamanan pada kedalaman 12m dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 10. Kurva kedalaman 12 m

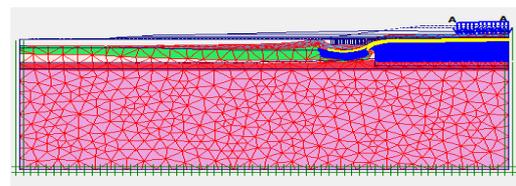
#### 4.7 Output Perkuatan Menggunakan Minipile

Keluaran utama dari suatu perhitungan elemen hingga adalah perpindahan titik nodal dan tegangan pada titik-titik tegangan. Keluaran memuat seluruh fasilitas untuk menampilkan hasil dari data masukan yang telah dibentuk serta hasil dari perhitungan elemen hingga.

Berikut ini merupakan keluaran yang tersedia pada kedalaman *minipile* 12 m.

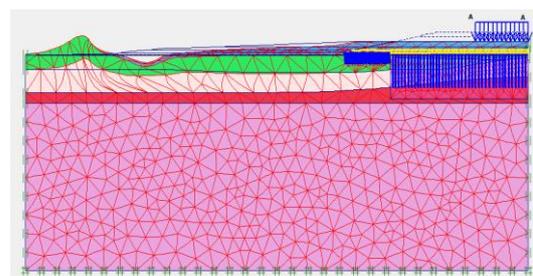
##### 1. Deformasi dan perpindahan

Deformasi memuat berbagai pilihan untuk menampilkan deformasi tegangan dan regangan secara visual dalam model elemen hingga.



Gambar 11. Perpindahan kedalaman 12 m

Perpindahan yang terjadi merupakan perpindahan sebenarnya dengan perpindahan total ekstrim sebesar 10,30m. Berikut merupakan deformasi yang terjadi setelah mengalami konsolidasi selama 1 tahun



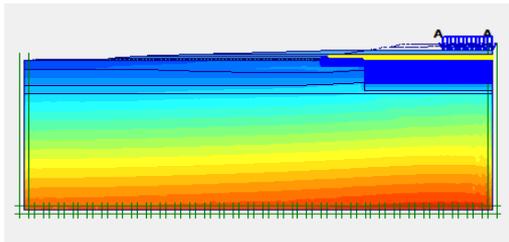
Gambar 21. Perpindahan selama 1 tahun

##### 1. Tekanan air pori aktif dan tekanan air pori berlebih

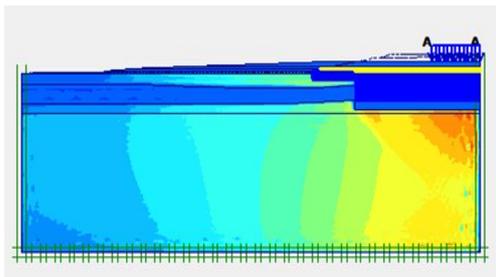
Tekanan air pori aktif adalah tekanan air total (yaitu tekanan air pori hidrostatik dan tekanan air pori berlebih) dalam geometri pada akhir perhitungan saat ini dan ditampilkan di atas geometri yang tidak terdeformasi. Berikut ini merupakan tekanan air pori aktif pada konsolidasi 1 tahun

Tekanan air pori berlebih adalah tekanan air akibat pembebanan pada klaster-klaster yang bersifat tak terdrainase pada akhir dari langkah perhitungan saat ini. dan ditampilkan di atas geometri yang tidak terdeformasi. B Berikut ini

merupakan tekanan air pori berlebih pada konsolidasi 1 tahun



**Gambar 13.** Tekanan Air pori aktif



**Gambar 14.** Tekanan air pori berlebih

Berikut ini merupakan resume hasil analisa perhitungan yang didapatkan dari variasi kedalaman,

**Tabel 4.** Resume

D	Safety Factor		
	1 Tahun	3 Tahun	10 Tahun
6 m	1,87	1,92	1,99
7 m	1,89	1,93	2
8 m	1,90	1,94	2,02
9 m	1,94	1,95	2,03
10 m	1,98	2,01	2,05
11 m	2,03	2,04	2,19
12 m	2,05	2,09	2,21

Hasil *safety factor* pada saat selesai konstruksi pada kedalaman *minipile* 6m, 7m, 8m, 9m, 10,11m dan 12m adalah sebagai berikut dilihat pada tahun pertama, ketiga dan kesepuluh,

## 5. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Analisis balik dilakukan untuk mencari nilai parameter sifat fisik dan mekanik material terbaru pada tanah yang telah mengalami longsor (*Failure*). Pada analisis kestabilan sampai diperoleh nilai faktor keamanan sama

dengan 1. Analisis yang digunakan merupakan analisis *trial and error* hingga didapatkan FK sama dengan 1. Parameter kohesi yang didapatkan pada analisa balik adalah *fill material* (timbunan) sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$ , *soft clay* dan *very soft clay* sebesar  $0,2 \text{ kN/m}^2$ , *medium stiff clay* sebesar  $4 \text{ kN/m}^2$ , *very stiff clay* dan *sand blanket* sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$ .

2. Hasil *safety factor* pada saat selesai konstruksi pada kedalaman *minipile* 6m pada tahun pertama yaitu 1,87. Sedangkan untuk tahun ketiga dan kesepuluh *safety factor* yang diperoleh adalah 1,92 dan 1,99. Untuk kedalaman *minipile* pada kedalaman 7 m didapatkan *safety factor* pada tahun pertama, ketiga dan kesepuluh berurutan adalah 1,89, 1,93 dan 2. Sedangkan pada kedalaman 8m, *safety factor* mengalami kenaikan.

Di tahun pertama didapatkan 1,90 untuk tahun ketiga didapatkan *safety factor* sebesar 1,94, untuk tahun kesepuluh *safety factor* mencapai angka 2,02 Di kedalaman 9 m, *safety factor* pada tahun pertama, ketiga dan kesepuluh didapatkan 1,94, 1,95 dan 2,03. Kedalaman 10 m, *safety factor* yang didapatkan sebesar 1,98, 2,01 dan 2,05 ditahun pertama, ketiga dan kesepuluh. Di kedalaman 11 m inilah didapatkan *safety factor* ditahun pertama sebesar 2,03, dan untuk ditahun ketiga dan kesepuluh didapatkan *safety factor* sebesar 2,04 dan 2,19. Sedangkan untuk kedalaman 12 m, *safety factor* yang didapatkan sebesar 2,05 untuk tahun pertama, 2,09 untuk tahun ketiga dan untuk tahun kesepuluh didapatkan *safety factor* sebesar 2,21.

3. Berdasarkan hasil *safety factor* diatas, hasil rekomendasi geomteri jika *safety factor* yang diijinkan oleh perusahaan sama dengan 2. Sedangkan *safety factor* sama dengan 2 dimulai pada kedalaman 8 m dan kedalaman 9m namun pada tahun kesepuluh. Sedangkan pada tahun ketiga, kedalaman 10 m mendapatkan *safety factor* sebesar 2,01. Untuk tahun pertama setelah konstruksi, kedalaman *minipile* 11 m telah mencapai angka 2,03 dan kedalaman *minipile* 12 m didapatkan 2,21.. Karena bandara akan segera dioperasikan dan batas masa konsolidasi saat konstruksi adalah 1 tahun, maka rekomendasi perkuatan *minipile* menggunakan *minipile* pada kedalaman 11m.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis , beberapa saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, perlu diperhitungkan kembali perhitungan drainase agar perhitungan lebih lengkap
2. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, analisis dibuat dalam berbagai metode agar dapat dilakukan pembandingan selain kedalaman struktur *pile* .
3. Sebaiknya program *Plaxis* diberikan kepada mahasiswa pada saat pembelajaran matakuliah geoteknik maupun teknik pondasi untuk penunjang

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, *Laporan Akhir Kajian Teknis Konstruksi dan Perkerasan Sisi Udara BSB*, 2017, Samarinda.
2. 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.
3. Craig, Robert F., 1989, *Mekanika Tanah*, Edisi ke 4, Diterjemahkan oleh Budi Susilo S., Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Darwis, 2018, *Dasar- Dasar Mekanika Tanah*, Pena Indis, Yogyakarta
5. Das, Braja M., 1994, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1 Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indra Surya B. Muchtar, Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. Duncan, J. Michael., Stephen G. Wright, Thomas L. Brandon, 2014, *Soil Strength and Slope Stability*, Canada
7. Hardiyatmo, Hary Christady, 2010, *Mekanika Tanah II*, Edisi ke 5, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
8. Hardiyatmo, Hary Christady, 2012, *Mekanika Tanah I*, Edisi ke 6, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Isworo, Hajar., Pathur Razi Ansyah, *Metode Elemen Hingga*, Banjarmasin
10. Putri, Aguslimi Shafira., Amirudin, Syamsuddin, 2012, *Penentuan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Hasil Pengukuran CPT dan Uji Laboratorium*, Makassar
11. Rusdiansyah, 2016, *Asumsi Sistem Cerucuk Sebagai Alternatif Solusi Dalam Penanganan Kelongsoran Lereng Jalan Diatas Tanah Lunak*, Prosiding Seminar Nasional Geoteknik, Banjarmasin.
12. Saifuddin, Arif. 2008. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Irisan. Buku Kompilasi Tidak Diterbitkan.
13. Tim Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2002, *Panduan Geoteknik 4 (Desain dan Konstruksi)*, Bandung
14. Terzaghi, Karl, Ralph B.Peck, 1987, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Penerbit Erlangga, Jakarta.