

ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI MUKA AIR TANAH TERHADAP STABILITAS LERENG TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK PADA BANDARA APT. PRANOTO, KOTA SAMARINDA

Donni Damara ¹⁾, Tamrin Rahman ²⁾, Heri Sutanto ³⁾

¹Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda
Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

e-mail: Donni.damara98@gmail.com

²Pengajar Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda

e-mail: Fts_tamrin@yahoo.com

³Pengajar Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda

e-mail: Hery_soetanto@yahoo.com

Abstrak

Pada pembangunan Bandara APT. Pranoto di tahun 2015 terjadi kegagalan timbunan lereng yang menyebabkan setengah dari material di area *runway* hilang. Penelitian yang dilakukan (Zahera, 2019) menganalisis kestabilan lereng setelah terjadi longsor pada tahap pembangunan. Hasil penelitian tersebut menyatakan perlu dilakukan penguatan terhadap kondisi lereng timbunan sehingga digunakan alternatif pemasangan cerucuk pada lapisan timbunan. Pada tahun 2019 ditemukan kasus adanya muka air di dalam lapisan tanah timbunan yang mengakibatkan operasional bandara berhenti untuk sementara waktu. Memperhatikan kondisi curah hujan di Samarinda yang cukup tinggi dibutuhkan simulasi kondisi muka air di setiap kedalaman lapisan tanah untuk mendapatkan nilai faktor aman serta alternatif dari permasalahan kestabilan lereng timbunan *runway* Bandara APT. Pranoto.

Penelitian ini dimulai dari STA 0+000 sampai dengan 0+025 dengan menggunakan metode *Bishop*, *Fellenius*, *Janbu* yang disederhanakan serta program *Slope/W* 2012 untuk mendapatkan alternatif dari permasalahan kondisi terkritik lereng timbunan akibat pengaruh muka air tanah. Pemodelan dilakukan pada lima kondisi, yaitu tanpa muka air tanah, muka air di 0 meter lereng timbunan, muka air di kedalaman -1 meter, -2 meter dan -3 meter.

Dari hasil analisis diperoleh kondisi paling kritis terjadi pada saat muka air tanah berada di permukaan lereng timbunan. dalam hal ini, semakin dekat jarak muka air tanah terhadap permukaan lereng semakin kecil nilai faktor aman yang dihasilkan. Nilai faktor aman alternatif dinding penahan kantilever yang didapat dengan menggunakan program komputer *Slope/W* 2012 adalah sebesar 2,84, dan pengurangan kemiringan lereng timbunan sebesar 1,03. Dapat disimpulkan alternatif dinding penahan kantilever dapat digunakan karena memenuhi persyaratan keamanan.

Kata Kunci: Faktor aman, Muka Air Tanah, Dinding Penahan Kantilever, *Slope/W* 2012.

Abstract

In 2015, there was a slope embankment failure in the construction of APT Pranoto airport which caused half of the material on the runway area was lost. The research conducted (Zahera, 2019) analyzed the stability of the slope after a landslide occurred at the construction stage. The results of the study stated that it was necessary to strengthen the condition of the embankment slopes as that an alternative installation of a cone on the embankment layer was used. In 2019, a case of water level was found in the embankment layer which caused airport operations temporarily suspended. Taking into account the high rainfall conditions in Samarinda, it is necessary to simulate the water level conditions at each depth of the soil layer to obtain a safe factor value and an alternative to the problem of slope stability embankment of APT Airport Pranoto runway.

This study started from STA 0+000 to 0+025 using the simplified Bishop, Fellenius, Janbu method and the Slope/W 2012 program to obtain an alternative to the problem of the critical condition of the embankment slope due to the effect of the groundwater level. The modeling was carried out under five conditions, namely without groundwater level, water level at 0 meter embankment slope, water level at a depth of -1 meter, -2 meters and -3 meters.

From the analysis results, the most critical condition occurs when the groundwater level at 0 meter of the embankment slope. In this case, the closer groundwater table to the slope surface, thus the safety factor value is smaller. The value of the alternative safety factor for the cantilever retaining wall obtained using the Slope/W 2012 computer program is 2,84, and the slope reduction of the embankment slope is 1,03. It can be concluded that alternative cantilever retaining walls can be used because it it reached security requirements.

Keywords: Safety factor, Ground Water, Cantilever retaining wall, Slope/W 2012.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk meningkatkan pelayanan masyarakat di Provinsi Kalimantan Timur khususnya Kota Samarinda, maka Pemerintah Daerah Kalimantan Timur merencanakan pembangunan Bandara APT. Pranoto.

Berdasarkan informasi dan kondisi lapangan setempat, diduga bahwa lahan tersebut pernah dimanfaatkan dan dilakukan galian yang cukup dalam hingga mencapai 25 m. Menurut Zahera (2019), selama tahap pembangunan bandara di awal tahun 2015 terjadi kegagalan timbunan lereng yang menyebabkan setengah dari material di area *runway* hilang. Selain itu, tahun 2019 ditemukan kasus adanya muka air di dalam lapisan tanah timbunan yang mengakibatkan operasional bandara berhenti untuk sementara waktu.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka akan dilakukan analisis kestabilan untuk mendapatkan nilai faktor aman serta alternatif dari permasalahan kestabilan lereng timbunan *runway* Bandara APT. Pranoto akibat pengaruh muka air tanah secara manual serta dengan bantuan program *Slope/W 2012*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai faktor aman lereng timbunan pada kondisi asli (tanpa muka air tanah)?
2. Berapa nilai faktor aman pada kondisi paling kritis dari lereng timbunan?

3. Bagaimana pengaruh muka air terhadap kestabilan lereng timbunan dari kondisi yang disimulasikan?
4. Berapa nilai stabilitas alternatif dinding penahan kantilever yang digunakan?
5. Berapa nilai faktor aman lereng timbunan yang ditinjau ulang dari alternatif yang digunakan?

1.3 Tujuan Penelitian

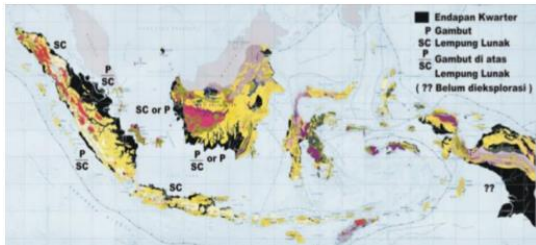
1. Memperoleh nilai faktor aman lereng timbunan pada kondisi asli (tanpa muka air tanah).
2. Memperoleh nilai faktor aman pada kondisi paling kritis dari lereng timbunan.
3. Mengetahui pengaruh muka air terhadap kestabilan lereng timbunan dari kondisi yang disimulasikan.
4. Memperoleh nilai stabilitas alternatif dinding penahan kantilever yang digunakan.
5. Memperoleh nilai faktor aman lereng timbunan yang ditinjau ulang dari alternatif yang digunakan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kondisi Tanah Lunak di Indonesia

Tanah lunak merupakan tanah yang dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir. tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa tanah lunak adalah tanah yang biasanya memiliki karakteristik yang tidak baik sehingga berdampak pada daya dukung tanah dalam menerima beban di atasnya pun akan rendah.

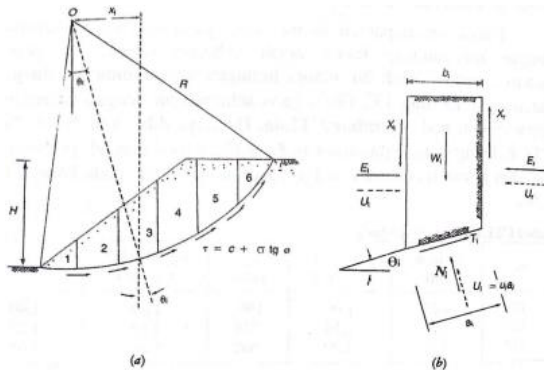
Tanah lempung merupakan tanah kohesif dengan nilai kohesi atau daya ikat besar dan kuat geser kecil. Tanah lempung apabila memiliki nilai activity yang tinggi dan memiliki kandungan *montmorillonite* maka akan sangat berpotensi menjadi tanah ekspansif. Tanah ekspansif ini perlu diwaspadai karena kondisi tanahnya yang berubah-ubah, yaitu pada saat musim hujan atau terkena air akan mengembang tetapi pada saat kemarau atau kering dapat menyusut karena kehilangan air (Sari dan Rahman, 2019).



Gambar 1. Peta Lokasi Tanah Lunak di Indonesia (Sari dan Rahman, 2019)

2.2 Stabilitas Lereng Metode Irisan

Bila tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah tidak menentu, cara yang lebih cocok adalah dengan metode irisan (method of slice). Dalam metode irisan, massa tanah dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal.



Gambar 2. Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan (Hardiyatmo, 2010)

Menurut Hardiyatmo (2010), analisis stabilitas lereng cara Fellenius menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sebarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Sehingga faktor aman menjadi:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c\alpha_i + (W_i \cos\theta_i - u_i\alpha_i)tg\phi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin\theta_i}$$

metode *Bishop* disederhanakan menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan faktor aman, adalah:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (W_i - u_i b_i) tg\phi'] \left(\frac{1}{\cos\theta_i (1 + tg\theta_i tg\phi'/F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin\theta_i}$$

Metode *Janbu* memiliki asumsi sama dengan metode *Bishop* yang mengasumsikan bahwa gaya normal antar irisan diperhitungkan tetapi gaya geser antar irisan diabaikan atau bernilai nol ($X_L - X_R = 0$). Perbedaan antara metode *Bishop* sederhana dan metode *Janbu* sederhana terletak pada penurunan angka faktor keamanan. *Bishop* menurunkan angka faktor keamanan dari kesetimbangan vertikal sedangkan *Janbu* menurunkan angka faktor keamanan dari kesetimbangan horizontal (Arief, 2018).

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c'\beta + (N - u\beta) \tan\phi') \cos\theta}{\sum_{i=1}^n N \sin\theta}$$

Dengan:

$$m_i = \cos\theta \alpha + \frac{\sin\theta \tan\phi}{F_{lama}}$$

$$N = \frac{1}{m_i} \left(W - \frac{c'\beta \sin\theta - u\beta \sin\theta \tan\phi'}{F_{lama}} \right)$$

2.3 Tekanan Tanah Lateral Rankine

Menurut Hardiyatmo (2020), untuk merancang dinding penahan tanah diperlukan pengetahuan mengenai tekanan tanah lateral. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding.

Tekanan tanah aktif terjadi apabila dinding penahan tanah bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan-lahan yang memiliki persamaan seperti berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times H^2$$

Dengan Harga K_a untuk tekanan tanah aktif kondisi tanah miring ialah sebagai berikut:

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}}{\cos \beta + \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}}$$

Tekanan tanah pasif terjadi karena perlawanan terhadap gaya dari tekanan tanah aktif yang mendorong dinding perlahan-lahan ke arah massa tanah.

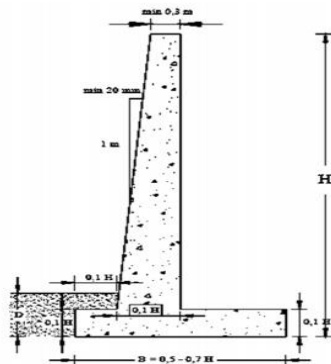
$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma \times H^2$$

Dengan Harga K_p untuk tekanan tanah aktif ialah sebagai berikut:

$$K_p = tg^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$$

2.4 Dinding Kantilever

Menurut Hardiyatmo (2020), dinding penahan kantilever di buat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*).



Gambar 3. Estimasi Awal Dimensi Dinding Penahan Kantilever (Hardiyatmo, 2020)

Dalam melakukan perencanaan dengan dinding penahan tanah jenis kantilever ini perlu dilakukan beberapa kontrol perhitungan, diantaranya:

- a) Melakukan kontrol terhadap pergeseran dinding penahan tanah.

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

- b) Melakukan kontrol terhadap penggulingan dinding penahan tanah.

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

- c) Melakukan kontrol terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

$$q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma$$

Sehingga,

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

Dengan q adalah tekanan akibat beban struktur. Umumnya, faktor aman (F) terhadap keruntuhan tanah dasar minimum diambil sama dengan 3.

2.5 Daya Dukung Tiang

Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika dalam kapasitas dukung fondasi dangkal satuannya adalah satuan tekanan (kPa) maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah satuan gaya (kN). Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity* (Hardiyatmo, 2020).

$$Q_b = A_b (38 \bar{N})(L_b/d) \leq 380 \bar{N}(A_b)$$

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, Salah satu dari persamaan-persamaan efisiensi tiang tersebut, yang disarankan oleh *Converse-Labarre formula* sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90 m n'}$$

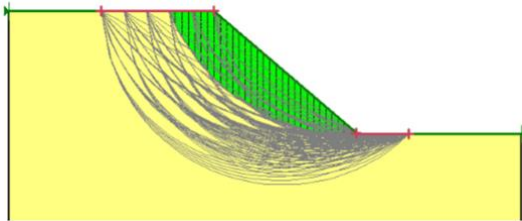
Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_g = E_g n Q_u$$

2.6 Program Slope/W

Slope/W adalah salah satu komponen dalam rangkaian lengkap produk geoteknik yang disebut *GeoStudio*. Salah satu fitur dari pendekatan terintegrasi ini adalah memunculkan segala kemungkinan untuk setiap jenis analisis yang lebih luas dan spektrum masalah yang lebih kompleks, termasuk penggunaan air pori yang dihitung

dengan elemen hingga dan tegangan dalam analisis stabilitas. Opsi yang disediakan *Slope/W* sangat banyak dan dapat membingungkan terutama apabila baru pertama kali menggunakan program tersebut (*Geo-Slope International, 2018*).



Gambar 4. Bidang Potensial Gelincir *Slope/W* 2012

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada kawasan Bandara APT. Pranoto, Kelurahan Sungai Siring, Kecamatan Samarinda Utara, Provinsi Kalimantan Timur di titik penyelidikan tanah di lapangan yaitu pada *Bore Hole* (BH-07) koordinat X = 0527008; Y = 9957812 STA 0 + 000 – STA 0 + 025.

Dalam menunjang pelaksanaan penelitian ini, pengumpulan data atau informasi terkait analisis fluktuasi muka air terhadap kestabilan pada timbunan tanah lunak sangatlah diperlukan yang meliputi:

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh berdasarkan hasil survei atau observasi langsung ke lapangan terkait pekerjaan fisik yang dilakukan.

Tabel 1. Data Pengujian Material Tanah (Inovasi Consultant, 2019)

Properties	Simbol	BH-07 2 m	BH-07 8 m	BH-07 16 m	Unit
Thickness	-	2	2	2	m
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	-
Dry weight	γ_{unsat}	17,74	17,51	17,61	kN/m ³
Saturated weight	γ_{sat}	18,13	18,87	18,77	kN/m ³
Cohesion	C_u	13,23	14,12	8,53	Kpa
Friction Angle	ϕ	12,02°	12,03°	28,36°	°

2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait seperti pemilik proyek (*owner*),

kontraktor, konsultan pengawasan atau perencana dan lain-lain. Adapun data-data yang dimaksud berupa data-data *N-SPT*, dokumentasi lokasi, *layout*, dan data meterial tanah timbunan rencana.

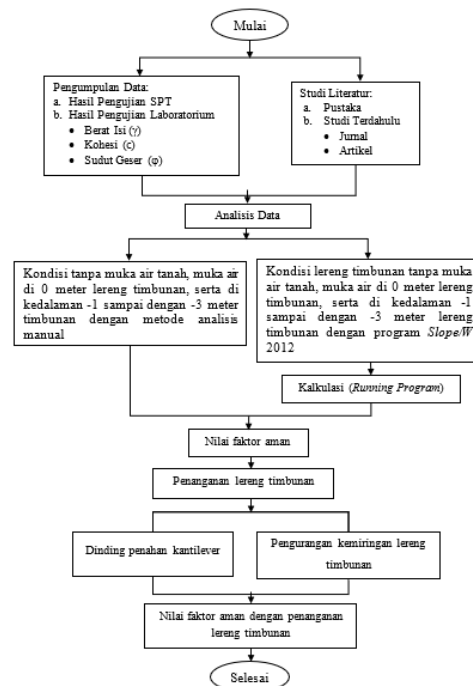
Tabel 2. Data Meterial Tanah Timbunan Rencana (Hakim, 2018)

Properties	Simbol	Tanah Timbunan	Unit
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	-
Dry weight	γ_{unsat}	16	kN/m ³
Saturated weight	γ_{sat}	20	kN/m ³
Cohesion	C_u	0	Kpa
Friction Angle	ϕ	30	°

3. Literatur, yaitu sumber yang digunakan dalam mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengelola data tertulis dari sistem kerja yang dapat digunakan. Data ini digunakan sebagai acuan dalam proses studi literatur yang diperoleh dari buku, jurnal penelitian, artikel penelitian.

3.1 Diagram Alir Penelitian

Agar dapat berjalan secara sistematis dan tepat sasaran untuk mencapai tujuan penelitian maka dibuat langkah-langkah pelaksanaan alur penelitian terlebih dahulu.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

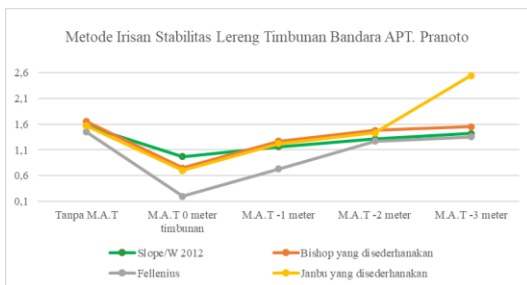
4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Nilai Faktor Aman Lereng Timbunan yang Disimulasikan

Dapat dilihat dari hasil perhitungan simulasi muka air tanah yang telah dilakukan disetiap kondisi, Diketahui kondisi paling kritis yaitu pada saat muka air tanah berada di 0 meter lereng timbunan yang menyebabkan tanah mengalami kondisi jenuh sehingga mengurangi kekuatan gesernya. Jika kondisi ini mewakili sewaktu turun hujan deras yang berakibat lereng timbunan tergenang air, berat volume tanah pada lereng timbunan akan bertambah sehingga naiknya kadar air tanah membuat tanah kehilangan beratnya.

Berdasarkan hasil perhitungan simulasi tersebut juga dapat diketahui bahwa jarak muka air tanah terhadap bidang longsor juga dapat mempengaruhi kestabilan lereng timbunan, dimana semakin jauh jarak muka air tanah terhadap bidang dasar gelincir dan semakin dekat jarak muka air tanah terhadap tanah permukaan lereng timbunan maka semakin kecil nilai faktor amannya.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Faktor Aman Metode Irisan yang Disimulasikan



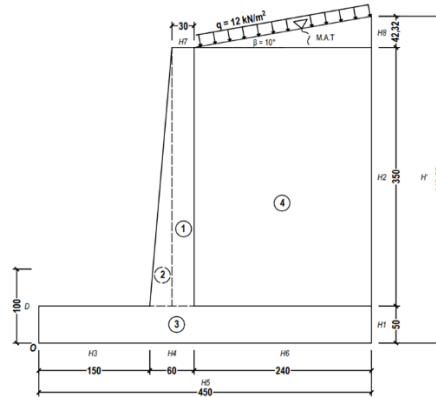
Gambar 6. Grafik Nilai Faktor Aman Metode Irisan yang Disimulasikan

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Faktor Aman yang Disimulasikan

Kondisi Muka Air Tanah	Nilai Faktor Aman			
	Bishop yang disederhanakan	Fellenius	Janbu yang disederhanakan	Slope/W 2012
Tanpa Muka Air Tanah	1,65	1,45	1,57	1,57
0 meter Lereng Timbunan	0,75	0,20	0,70	0,97
-1 meter dari Permukaan Puncak Lereng Timbunan	1,27	0,73	1,22	1,16
-2 meter dari Permukaan Puncak Lereng Timbunan	1,48	1,27	1,43	1,31
-3 meter dari Permukaan Puncak Lereng Timbunan	1,55	1,35	2,54	1,42

4.2 Perencanaan Dinding Penahan Kantilever

Dalam merencanakan dinding penahan kantilever, tahapan awal perhitungan adalah merencanakan *preliminary design* yang memiliki beberapa bagian yang dapat diuraikan seperti di bawah ini.

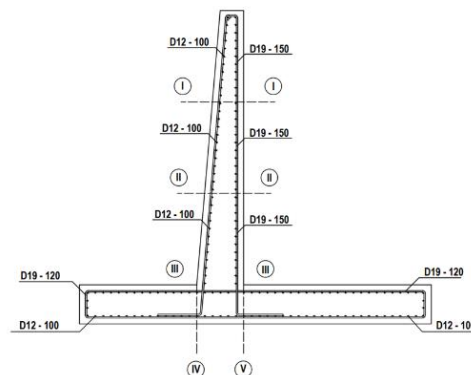


Gambar 7. Dimensi Rencana Dinding Penahan Kantilever (Autodesk, 2019)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan nilai stabilitas dalam perencanaan dinding penahan kantilever, yaitu stabilitas pergeseran (F_{gs}) sebesar 0,68, stabilitas terhadap penggulingan (F_{gl}) sebesar 2,78, dan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung (F) sebesar 0,60 sehingga dinding kantilever perlu menggunakan fondasi tiang.

4.3 Pembesian Dinding Penahan Kantilever

Dalam merencanakan penulangan, dinding kantilever dibagi menjadi 5 potongan dengan menggunakan tulangan utama D-19 dan tulangan bagi D-12 seperti gambar di bawah ini.



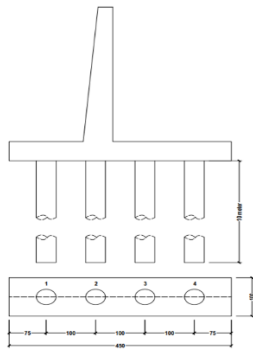
Gambar 8. Denah Penulangan Dinding Penahan Kantilever (Autodesk, 2019)

4.4 Tahanan Aksial Tiang pada Dinding Penahan Kantilever

Dari hasil analisis berdasarkan kekuatan bahan tiang dengan diameter (D)= 0,40 meter, panjang tiang (L) = 10 meter dan $f_c' = 20,75$ Mpa didapatkan kapasitas dukung nominal tiang (P_n) = 744,56 kN.

Selanjutnya dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang menggunakan metode *Meyerhof* dan didapatkan kapasitas daya dukung ultimit neto (Q_u) = 571,27 kN dengan kapasitas dukung ijin neto tiang tunggal (tekan) sebesar 228,51 kN dan kapasitas dukung ijin neto tiang tunggal (tarik) sebesar 190,42 kN.

Untuk itu, direncanakan kelompok tiang dengan jarak $2,5d = 1,00$ meter jarak antar tiang. Sehingga didapatkan kapasitas dukung kelompok tiang ijin (Q_{ag}) menggunakan metode *Converse-Labarre* sebesar 623,32 kN.

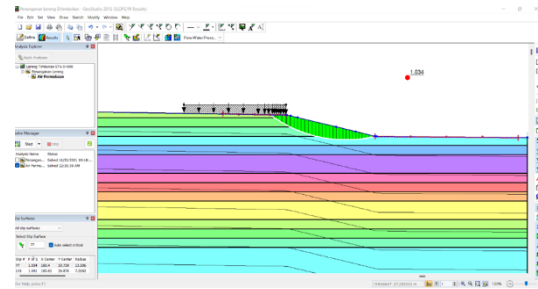


Gambar 9. Kelompok Tiang pada Dinding Penahan Kantilever (Autodesk, 2019)

4.5 Tinjauan Ulang Faktor Aman dengan *Slope/W 2012*

Penanganan kelongsoran pada Bandara APT. Pranoto, yaitu menambah tanah timbunan yang berguna mengurangi kemiringan lereng timbunan.

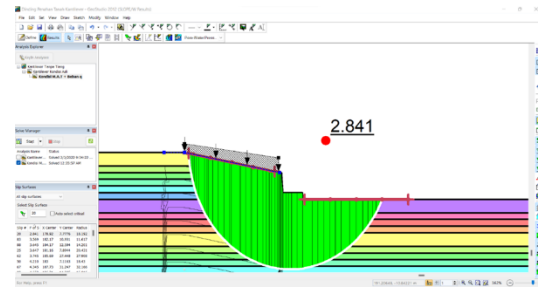
Dari hasil yang diperoleh didapatkan nilai faktor aman pada kondisi tersebut sebesar 1,03 yang berarti pengaruh air serta beban yang diberikan masih membuat kondisi lereng tersebut labil dan tidak memenuhi angka keamanan yang diharapkan sebesar $F = 1,5$.



Gambar 10. Nilai Faktor Aman Pengurangan Kemiringan Lereng Timbunan (*GeoStudio*, 2012)

Berdasarkan hasil perhitungan komponen stabilitas dalam perencanaan dinding penahan kantilever yang didukung dengan fondasi tiang dalam memperkuat terhadap tekanan lateral tanah yang ditahan.

Dari hasil yang diperoleh didapatkan nilai faktor aman kondisi paling kritis lereng timbunan yang diperkuat dengan dinding kantilever sebesar $F = 2,84$ yang berarti memenuhi nilai faktor aman yang diharapkan sebesar $F = 1,5$.



Gambar 11. Nilai Faktor Aman Lereng Timbunan dengan Dinding Penahan Kantilever (*GeoStudio*, 2012)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan nilai faktor aman pada kondisi tanpa muka air tanah dengan metode *Bishop* yang disederhanakan sebesar 1,65, metode *Fellenius* sebesar 1,45, dan *Janbu* yang disederhanakan sebesar 1,57. Selanjutnya nilai faktor aman menggunakan program *Slope/W 2012* dengan metode *Bishop* sebesar 1,57.
2. Diketahui kondisi paling kritis lereng timbunan pada saat muka air tanah berada di 0 meter lereng timbunan dengan nilai faktor aman metode *Bishop* yang disederhanakan sebesar 0,75, metode *Fellenius* sebesar 0,20, dan metode *Janbu* yang disederhanakan sebesar

- 0,70. Selanjutnya nilai faktor aman menggunakan program *Slope/W* 2012 dengan metode *Bishop* sebesar 0,97.
3. Dari hasil simulasi didapatkan keberadaan muka air tanah mempengaruhi kestabilan lereng timbunan yang dapat menyebabkan tanah mengalami kondisi jenuh sehingga mengurangi kekuatan geser dengan bertambahnya kadar air tanah yang membuat tanah kehilangan beratnya yang dapat dilihat dari simulasinya, Semakin dekat jarak muka air tanah terhadap tanah permukaan lereng timbunan maka semakin kecil nilai faktor aman begitu juga sebaliknya.
 4. Didapatkan nilai stabilitas dalam perencanaan dinding penahan kantilever, yaitu stabilitas pergeseran (F_{gs}) sebesar 0,68, stabilitas terhadap penggulingan (F_{gl}) sebesar 2,78, dan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung (F) sebesar 0,60 sehingga dinding kantilever menggunakan fondasi tiang.
 5. Didapatkan nilai faktor aman menggunakan bantuan program *Slope/W* 2012 dari alternatif pengurangan kemiringan lereng timbunan sebesar 1,03 dan penguatan menggunakan dinding penahan kantilever sebesar 2,84, sehingga alternatif dengan dinding penahan kantilever dapat digunakan.
- DAFTAR PUSTAKA**
1. Anonim, *Laporan Akhir Kajian Teknis Konstruksi dan Perkerasan Sisi Udara BSB*, 2017, Samarinda.
 2. Arief, Saifuddin, 2008, *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan (online)*, (<https://www.scribd.com/doc/75742926>), diakses 20 Agustus 2021.
 3. Das, Braja M., 1995, (Mochtar, Noor Endah & Mochtar, Indrasurya B), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
 4. Das, Braja M., 1995, (Mochtar, Noor Endah & Mochtar, Indrasurya B), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
 5. Departemen Pekerjaan Umum., 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG 1987)*, Yayasan Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
 6. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah., 2004, *Perencanaan Konstruksi Timbunan Jalan di Atas Gambut dengan Metode Prapembebanan*, Pusat Litbang Prasarana Transportasi Pekerjaan Umum, Jakarta.
 7. Departemen Pekerjaan Umum., 2005, *Pedoman Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual dan Batuan*, Yayasan Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
 8. Direktorat Jenderal Bina Marga., 2008, *Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsoran*, Direktorat Bina Teknik.
 9. Direktorat Jenderal Bina Marga., 2019, *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi*, Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
 10. Geo-Slope., 2018, *Stability Modeling with GeoStudio*, GEO-SLOPE International Ltd, Canada.
 11. Hakim, Bukhori., 2018, *Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan pada Tanah Lunak dengan Menggunakan Metode Analitis dan Numerik*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
 12. Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 1*, Edisi Kelima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
 13. Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 2*, Edisi Kelima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
 14. Hardiyatmo, H.C., 2020, *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*, Edisi Keempat, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
 15. Hardiyatmo, H.C., 2020, *Analisis dan Perancangan Fondasi 2*, Edisi Kelima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
 16. Hidayah, S., dan Gratia, Y.R., 2007, *Laporan Tugas Akhir Program Analisis Stabilitas Lereng Slope Stability Analysis Program*, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
 17. Ikrimah, M.A., 2020, *Studi Penanganan Longsor Dengan Beberapa Alternatif Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Area Gedung Politeknik Balikpapan)*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
 18. Nandi., 2007, *Longsor*, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
 19. Prasetyo, A., 2020, *Penanganan Longsor pada Jalan Samarinda-Balikpapan KM.24 Dengan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Gravitasi*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
 20. Sari, U.C., dan Rahman, B., 2019, *Studi Literatur: Kajian Geoteknik Daerah Perbatasan Sebagai Salah Satu Faktor Dalam*

-
- Penguatan Infrastruktur Daerah Perbatasan di Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur.* Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
21. Sugesti, B.D., dan Abdurrozak, M.R., 2019, *Analisis Deformasi dan Stabilitas Lereng dengan Variasi Geometri dan Perkuatan Geotekstik Pada Proyek Gedung Fakultas Hukum UII*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
22. Zahera, N., 2019, *Analisis Kekuatan Struktur Minipile Pasca Keruntuhan Dengan Menggunakan Software Plaxis V8.6 (Studi Kasus Landasan Bandara Samarinda Baru, Kota Samarinda)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.