

ANALISIS NUMERIK STABILITAS LERENG DENGAN SISTEM *GROUND ANCHOR* PADA TANAH LEMPUNG DAN BATUAN SLATE DENGAN PENDEKATAN *SOIL MODEL MOHR-COULOMB*

BINTANG PAHLA GUNAWAN¹, YUKI ACHMAD YAKIN²,

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

Email : bintangfahlag@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan di wilayah dengan topografi ekstrem, seperti Jalan Trans Papua ruas Jayapura–Wamena, menghadapi tantangan besar terkait stabilitas lereng akibat kondisi tanah lempung dan batuan slate. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng dengan dan tanpa sistem perkuatan ground anchor, serta mengevaluasi pengaruh variasi perkuatan terhadap nilai faktor keamanan lereng. Analisis dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D dengan pendekatan soil model tanah Mohr-Coulomb. Variasi yang diteliti meliputi spasi ground anchor (1,5 m dan 2 m), sudut pemasangan (30° dan 45°), serta panjang fix length (5 m dan 13 m). Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan ground anchor secara signifikan meningkatkan faktor keamanan lereng dibandingkan kondisi tanpa perkuatan. Model Hardening Soil memberikan nilai faktor keamanan yang umumnya lebih tinggi dibandingkan model Mohr-Coulomb. Kombinasi parameter paling efektif diperoleh pada konfigurasi spasi 1,5 m, sudut 45°, dan panjang fix length 13 m. Penelitian ini memberikan rekomendasi teknis dalam desain perkuatan lereng di daerah dengan kondisi geoteknik serupa.

Kata Kunci : *stabilitas lereng, ground anchor, Mohr-Coulomb, Hardening Soil, Plaxis 2D, faktor keamanan.*

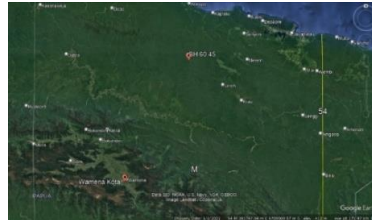
1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan aspek penting dalam meningkatkan konektivitas antar wilayah, khususnya di daerah terpencil dan berkontur kompleks seperti wilayah Papua. Proyek ini yang bertujuan untuk meningkatkan konektivitas, aksesibilitas, serta pemerataan pembangunan di wilayah timur Indonesia. Untuk memperbaiki atau menstabilkan lereng pada suatu daerah yang terjadi kelongsoran dapat dilakukan dengan memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak dan memperbesar gaya melawan. Dalam memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak dapat dilakukan dengan membuat lereng lebih datar, mengurangi sudut kemiringan, dan memperkecil ketinggian lereng. Sedangkan dalam memperbesar gaya melawan dapat dilakukan dengan membangun atau membuat perkuatan pada lereng yang terjadi kelongsoran tersebut.

Salah satu metode penanganan yang dilakukan adalah penggunaan *ground anchor*. karena topografi ekstrem dan lereng sangat curam Jalan Trans Papua Ruas Jayapura – Wamena melewati daerah pegunungan dengan kemiringan lereng yang tajam dan tinggi yang mencapai ketinggian lereng 64 meter. Metode penanganan yang dilakukan adalah penggunaan *ground anchor* atau angkur tanah yang divariasikan spasi, sudut kemiringan dan panjang *fix length* pemasangan *ground anchor* terhadap perkuatan lereng dengan menggunakan pendekatan *soil model Mohr-Coulomb*. *Ground anchor* bekerja dengan cara menyalurkan gaya tarik dari permukaan lereng ke dalam lapisan tanah atau batuan yang stabil di kedalaman tertentu, sehingga memperkuat kestabilan lereng secara keseluruhan.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di kawasan lereng galian Jalan Trans Papua Ruas Jayapura – Wamena yang terdapat pada bagian STA 24+800. Pada lereng galian tersebut akan diberi perkuatan menggunakan *ground anchor*. Titik lokasi penelitian seperti yang terlihat pada **Gambar 1**. Di bawah ini:



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth, 2025)

Metode penelitian yang dilakukan dalam studi ini berfokus pada analisis stabilitas lereng dengan menggunakan perkuatan *ground anchor* dengan divariasikan spasi, sudut kemiringan dan panjang *fix length* dengan menggunakan pendekatan *soil model Mohr-Coulomb* pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

Melakukan identifikasi masalah dan perumusan topik penelitian terkait Analisis kestabilan lereng *eksisting* dilakukan untuk mengetahui kondisi awal lereng sebelum dilakukan galian dan sebelum diberikan perkuatan. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memperoleh nilai faktor keamanan lereng *eksisting* serta mengidentifikasi bidang gelincir potensial pada kondisi alami tanpa perkuatan. Melakukan studi literatur yang relevan mengenai teori kestabilan lereng, sebelum diberikan perkuatan dan sesudah diberikan kekuatan, yang dimana menurut SNI 8460:2017 yang mensyaratkan nilai $FK \geq 1.5$, yang dijadikan dasar teori dan acuan metode penelitian. Mengumpulkan data sekunder berupa parameter yang digunakan dalam penelitian merupakan data studi pengujian dilapangan yaitu berupa data pengeboran tanah (NSPT), data topografi dan data rencana perkuatan *ground anchor*. Melakukan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D dengan *soil model Mohr-Coulomb*. Metode penanganan yang dilakukan adalah penggunaan *ground anchor* atau angkur tanah yang divariasikan spasi, sudut kemiringan dan panjang *fix length*. Setelah diberikan perkuatan *menghasilkan* $FK > 1,5$ yang mana nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 8460-2017

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Parameter Tanah

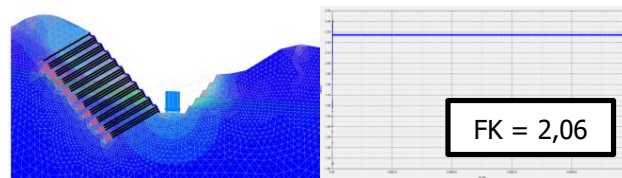
Berikut dapat dilihat pada **Tabel 1** parameter tanah yang akan digunakan untuk soil model Mohr Coulomb.

Tabel 1. Parameter Mohr Coulomb

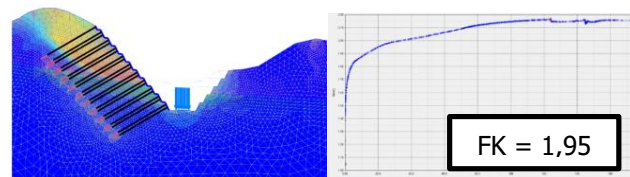
Soil Parameter	Parameter Tanah			Unit
	Lanau Lempung Pasir Sisipan Kerakal	Lanau Lempung Pasir Sisipan Kerakal	Batuan Lanau Lempung Pasir	
Soil Model	Mohr Coloumb	Mohr Coloumb	Mohr Coloumb	-
Drainage Type	Undrained B	Undrained B	Drained	-
Kedalaman	0 s.d. -5	-5 s.d. -10	-10 s.d. -15	m
Tebal Lapisan	5	5	5	m
N-SPT	22	38	60	-
γ_{unsat}	16	18	22	kN/m ³
γ_{sat}	17	19	23	kN/m ³
Su	121	210	330	kN/m ²
C	12	21	356	kN/m ²
ϕ'	30	35	13,10	°
Eu	30250	52594	82500	kN/m ²
E'	20167	235063	919240	kN/m ²

3.2 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Batuan Galian

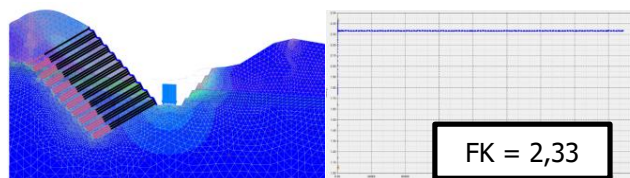
Berikut adalah hasil Analisis Stabilitas Lereng dengan perkuatan *ground anchor* dari pemodelan Plaxis 2D dengan menggunakan soil *model Mohr Coulomb* yang dinvariasikan . pada penelitian ini didapatkan berdasarkan hasil – hasil pemodelan Plaxis 2D dengan melihat nilai FK dapat dilihat pada **Gambar 2**.



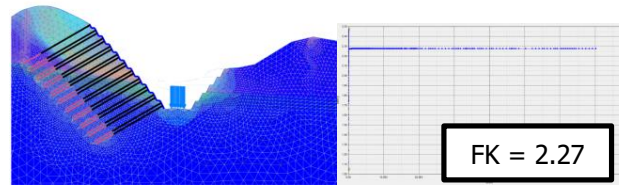
Variasi SK 30° - S1.5m - P5m



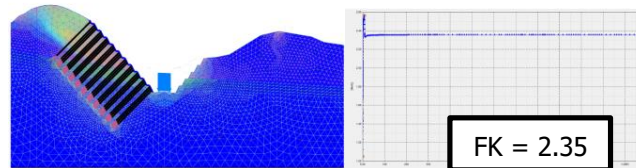
Variasi SK 30° - S2m - P5m



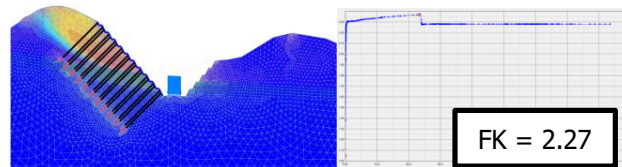
Variasi SK 30° - S1,5m - P13m



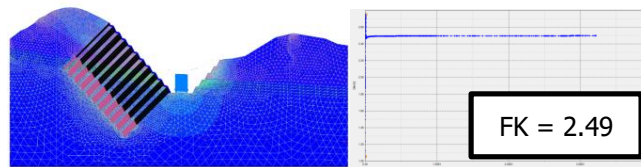
Variasi SK 30° - S2m - P13m



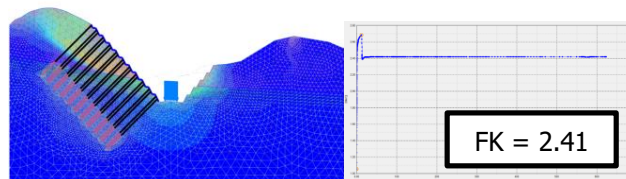
Variasi SK 45° - S1,5m - P5m



Variasi SK 45° - S2m - P5m



Variasi SK 45° - S1,5m - P13m



Variasi SK 45° - S2m - P13m

Berdasarkan hasil pemodelan numerik menggunakan Plaxis 2D dengan model Mohr-Coulomb, diperoleh nilai faktor keamanan (FK) pada variasi sudut pemasangan ground anchor, panjang penjangkaran, dan spasi pemasangan. Pada konfigurasi dengan sudut 30°, FK yang diperoleh berkisar antara 1,95 hingga 2,33, yaitu sebesar 2,06 untuk spasi 1,5 m dengan panjang 5 m, 1,95 untuk spasi 2 m dengan panjang 5 m, serta meningkat menjadi 2,33 pada spasi 1,5 m dengan panjang 13 m. Untuk spasi 2 m dengan panjang 13 m, nilai FK mencapai 2,27. Sementara itu, pada konfigurasi dengan sudut 45°, nilai FK lebih tinggi, yaitu berkisar antara 2,27 hingga 2,49. Hasil yang diperoleh adalah 2,35 untuk spasi 1,5 m panjang 5 m, 2,27 untuk spasi 2 m panjang 5 m, 2,49 untuk spasi 1,5 m panjang 13 m, serta 2,41 untuk spasi 2 m panjang 13 m. Hasil ini menunjukkan bahwa sudut anchor yang lebih besar (45°) secara umum mampu meningkatkan nilai FK dibandingkan sudut 30°.

Menurut SNI 8460:2017, nilai faktor keamanan minimum yang dipersyaratkan untuk lereng permanen adalah $FK \geq 1,5$. Berdasarkan kriteria tersebut, seluruh hasil pemodelan pada variasi sudut 30° maupun 45° dinyatakan aman karena seluruh nilai FK berada di atas batas minimum. Bahkan, sebagian besar hasil analisis menunjukkan nilai FK jauh di atas 2,0, yang mengindikasikan kondisi lereng yang sangat stabil. Selain faktor sudut anchor, pengaruh panjang penjangkaran dan spasi anchor juga terlihat jelas. Panjang anchor yang lebih besar (13 m) memberikan nilai FK lebih tinggi dibandingkan dengan panjang 5 m. Demikian pula, spasi anchor yang lebih rapat (1,5 m) menghasilkan FK lebih besar dibanding spasi yang lebih longgar (2 m). Hal ini sejalan dengan teori stabilitas lereng, di mana bertambahnya panjang penjangkaran meningkatkan luas bidang tahanan, sedangkan spasi yang lebih rapat meningkatkan jumlah gaya tahan yang bekerja pada lereng.

4. KESIMPULAN

Hasil pemodelan menggunakan Plaxis 2D model Mohr-Coulomb menunjukkan bahwa semua konfigurasi pemasangan ground anchor menghasilkan nilai FK di atas syarat minimum SNI 8460:2017 ($FK \geq 1,5$), sehingga kondisi lereng dinyatakan aman. Variasi sudut, panjang, dan spasi anchor terbukti berpengaruh signifikan terhadap stabilitas, dengan kecenderungan bahwa sudut 45° , spasi anchor rapat (1,5 m), dan panjang anchor lebih besar (13 m) menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih tinggi. Konfigurasi SK 45° , S = 1,5 m, P = 13 m memberikan hasil paling optimal dengan $FK = 2,49$, sehingga dapat direkomendasikan sebagai alternatif desain yang aman dan efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal. Khususnya terima kasih disampaikan kepada bapak Dr. Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T. yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, serta arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan hingga terselesaikannya skripsi ini..

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, SNI 4153. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Balansi, M. A. (2020). Evaluasi kombinasi penggunaan soil nailing dan ground anchor. In *Prosiding Seminar Intelektual Muda* (Vol. 2, No. 1).
- Brinkgreve, R. B. J., Kumarswamy, S., Swolfs, W. M., Waterman, D., Chesaru, A., & Bonnier, P. G. (2016). PLAXIS 2016. *PLAXIS bv, the Netherlands*, 1-16.
- Coulomb, C.-A. (1776). *Essai sur une application des règles des maximis et minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture*. Mémoires de Mathématique et de Physique, 7, 343–382.
- Indonesia, Standar Nasional. Persyaratan perancangan geoteknik. *SNI, 8460*, 2017.