

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur transportasi merupakan salah satu aspek strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, peningkatan mobilitas masyarakat, serta percepatan pengembangan wilayah. Dalam konteks transportasi udara, keberadaan bandara tidak hanya berfungsi sebagai sarana konektivitas antarwilayah, tetapi juga sebagai penggerak aktivitas ekonomi regional. Salah satu kawasan yang sedang mengalami pengembangan infrastruktur transportasi udara adalah Bandara Depati Parbo yang terletak di Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi. Bandara ini memiliki peran penting sebagai akses utama transportasi udara bagi masyarakat Kerinci dan wilayah sekitarnya.

Secara geografis, kawasan Bandara Depati Parbo berada pada wilayah Pegunungan Bukit Barisan dengan karakteristik topografi bergelombang hingga berbukit, kemiringan lereng yang bervariasi, curah hujan tinggi, serta kondisi hidrologi yang kompleks. Kondisi tersebut menyebabkan wilayah ini memiliki tantangan geoteknik yang cukup signifikan, terutama karena dominasi tanah lempung lunak (*soft clay*), endapan aluvial, serta muka air tanah yang relatif tinggi. Karakteristik tanah lunak umumnya ditandai dengan daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, kuat geser kecil, dan sensitivitas besar terhadap perubahan kadar air, sehingga berpotensi menimbulkan deformasi, penurunan, maupun kegagalan lereng ketika menerima beban konstruksi tambahan.

Pada kawasan ini direncanakan pembangunan jalan akses menuju Bandara Depati Parbo guna meningkatkan konektivitas dan mendukung operasional bandara. Namun, pembangunan infrastruktur pada area dengan kondisi tanah lunak dan topografi lereng memerlukan perhatian khusus karena berisiko tinggi terhadap ketidakstabilan lereng. Lereng pada tanah lempung lunak memiliki potensi kelongsoran lebih besar akibat rendahnya parameter kuat geser tanah, khususnya kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ), yang dapat semakin menurun seiring peningkatan kadar air tanah. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng menjadi aspek fundamental dalam memastikan keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan pembangunan jalan akses tersebut. Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan lereng dalam menahan gaya-gaya yang bekerja serta menentukan nilai faktor keamanan (*safety factor*) terhadap potensi kelongsoran. Pada kondisi tanah lempung lunak, evaluasi kestabilan lereng menjadi semakin penting karena rendahnya kuat geser tanah dapat menyebabkan penurunan faktor keamanan dan meningkatkan risiko kegagalan lereng, terutama saat terjadi peningkatan beban konstruksi maupun perubahan kondisi muka air tanah.

Analisis stabilitas lereng merupakan kajian utama dalam geoteknik yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan lereng dalam mempertahankan kondisi stabil terhadap potensi keruntuhan. Secara umum, terdapat dua pendekatan utama yang banyak digunakan, yaitu *Limit Equilibrium Method* (LEM) dan *Finite Element Method* (FEM). Metode LEM merupakan pendekatan konvensional yang telah lama digunakan dalam praktik geoteknik karena relatif sederhana, efisien, dan mampu memberikan estimasi faktor keamanan berdasarkan kesetimbangan gaya dan momen pada bidang longsor tertentu. Salah satu metode LEM yang dianggap memiliki tingkat akurasi tinggi adalah metode *Morgenstern-Price* karena mampu mempertimbangkan kesetimbangan gaya dan momen secara menyeluruh serta dapat diaplikasikan pada bidang longsor berbentuk lingkaran maupun non-lingkaran.

Meskipun demikian, metode LEM memiliki keterbatasan karena memerlukan asumsi awal mengenai bentuk bidang gelincir dan tidak secara langsung mempertimbangkan deformasi tanah maupun redistribusi tegangan selama proses pembebanan. Seiring perkembangan teknologi komputasi, pendekatan FEM melalui perangkat lunak seperti *Plaxis 2D* semakin banyak digunakan karena mampu memodelkan perilaku tanah secara lebih realistis, termasuk deformasi elastoplastik, tekanan air pori, tahapan konstruksi, serta mekanisme keruntuhan alami melalui *Strength Reduction Method* (SRM). Dengan pendekatan tersebut, FEM dinilai lebih representatif dalam menganalisis kondisi geoteknik kompleks, khususnya pada tanah lunak dan lereng heterogen.

Perbedaan prinsip dasar antara metode *Morgenstern-Price* sebagai representasi LEM dan *Plaxis 2D* sebagai representasi FEM berpotensi menghasilkan nilai faktor keamanan serta prediksi pola bidang longsor yang berbeda. Dalam praktik perencanaan geoteknik, perbedaan hasil tersebut menjadi penting karena dapat memengaruhi keputusan desain, strategi mitigasi, dan tingkat keamanan konstruksi. Oleh sebab itu, kajian komparatif antara kedua metode diperlukan untuk memahami sejauh mana perbedaan hasil analisis yang muncul, serta menentukan metode yang paling sesuai untuk kondisi geoteknik tertentu.

Untuk dapat menjelaskan mengenai keunggulan dan keterbatasan dari metode analisis *Limit Equilibrium Method* (LEM), secara garis besar dibuat dalam tabulasi perbandingan tersebut dari beberapa metode analisis stabilitas lereng. Perbandingan metode analisis lereng (*Fellenius*, *Bishop*, *Janbu*, *Morgenstern-Price*, *Spencer*, dan *Sarma*) berdasarkan beberapa aspek penting yang disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perbandingan Metode Analisis Lereng.

Metode	Akurasi	Kompleksitas Perhitungan	Interaksi Antar Irisan	Bentuk Bidang Longsor	Kondisi Tanah	Desain/ Analisis	Keterangan
Fellenius	Rendah	Sederhana	Tidak diperhitungkan	Lingkaran	Homogen (seragam)	Studi awal/sketsa	Tidak akurat untuk lereng kompleks
Bishop	Menengah-Tinggi	Menengah	Gaya normal, tanpa gaya geser	Umumnya lingkaran	Homogen & Lapisan	Umum, desain awal	Tidak cocok untuk bidang non-lingkaran
Janbu	Menengah	Menengah	Gaya normal & geser (simplified)	Umumnya non-lingkaran (umum)	Homogen & Heterogen	Umum, tanah kompleks	Baik untuk bidang longsor kompleks
Morgenstern-Price	Sangat Tinggi	Kompleks	Diperhitungkan penuh (gaya & momen)	Bebas (lingkaran & non-lingkaran)	Semua jenis, heterogen	Desain akhir, kritis	Solusi numerik, butuh software
Spencer	Sangat Tinggi	Kompleks	Diperhitungkan penuh (arah konstan)	Bebas (lingkaran & non-lingkaran)	Semua jenis, heterogen	Desain akhir, kritis	Mirip Morgenstern-Price, stabil
Sarma	Tinggi	Kompleks	Diperhitungkan penuh	Poligonal (segmen lurus)	Semua jenis, dinamis	Desain gempa, khusus	Bisa untuk analisis gempa (pseudostatik)

Sumber : Duncan, J.M., Wright, S.G., & Brandon, T.L. (2014).

Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik pada tahun 2020 dan 2023 di area rencana jalan akses Bandara Depati Parbo, diketahui bahwa lapisan tanah dasar didominasi oleh tanah gambut dan lempung sangat lunak (*very soft clay*) dengan nilai N-SPT berkisar antara 1–2 hingga kedalaman ± 10 meter. Kondisi ini menunjukkan daya dukung tanah yang sangat rendah, potensi penurunan konsolidasi besar, serta risiko kestabilan lereng yang tinggi. Dengan kondisi tersebut, evaluasi faktor keamanan lereng menggunakan pendekatan yang komprehensif menjadi sangat krusial.

Melalui penelitian ini, akan dilakukan perbandingan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode *Morgenstern-Price* dan metode elemen hingga (*Plaxis 2D*) dengan memanfaatkan data geoteknik hasil uji lapangan dan laboratorium. Analisis komparatif ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode dalam menganalisis lereng pada kondisi tanah lunak. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi para perencana dan praktisi geoteknik di Provinsi Jambi dalam menentukan metode analisis yang paling sesuai untuk kondisi lapangan yang spesifik.

Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa analisis kestabilan lereng pada tanah lempung lunak di daerah Jambi menggunakan metode *Morgenstern-Price* dan *Plaxis 2D* memberikan hasil yang berbeda sesuai dengan karakteristik tanah dan tingkat kompleksitas analisis. Berdasarkan penelitian Wijaya (2021), perbandingan antara metode *Morgenstern-Price* dan *Plaxis 2D* menunjukkan

adanya perbedaan nilai faktor keamanan lereng yang dipengaruhi oleh variasi sifat fisik tanah lempung lunak, sehingga pemilihan metode analisis harus disesuaikan dengan kondisi geoteknik setempat. Sedangkan menurut Herlambang (2022), metode Plaxis 2D menghasilkan nilai faktor keamanan yang cenderung lebih rendah dibandingkan metode Morgenstern–Price, terutama pada kondisi tanah sangat lunak dan jenuh air, karena metode elemen hingga mampu memodelkan perilaku non-linier dan deformasi tanah secara lebih detail. Namun demikian, hasil-hasil penelitian tersebut masih bersifat umum dan belum difokuskan secara spesifik pada kondisi kestabilan lereng di kawasan pembangunan jalan akses Bandara Depati Parbo, Kabupaten Kerinci. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih khusus dan sistematis untuk mengevaluasi perbandingan metode Morgenstern–Price dan Plaxis 2D pada kondisi tanah lempung lunak di lokasi tersebut guna memperoleh metode analisis yang paling representatif dan sesuai dengan kondisi lapangan.

Penelitian tersebut relevan dengan skripsi ini karena menunjukkan pentingnya pemilihan metode analisis yang tepat untuk memastikan stabilitas dan keamanan jalan akses di Bandar Udara Depati Parbo. Selain itu, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan yang diperoleh lebih besar dari nilai faktor aman yang ditetapkan ($SF > 1,5$), yang mendukung bahwa metode yang digunakan dapat menghasilkan desain yang aman dan sesuai standar.

Dengan demikian, penelitian berjudul “Studi Komparatif Kestabilan Lereng Menggunakan Metode kesetimbangan Batas dan Elemen Hingga pada Tanah Lempung Lunak di Daerah Jambi” ini dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan hasil perhitungan faktor keamanan dan pola bidang longsor yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut, serta memberikan kontribusi ilmiah dalam peningkatan keandalan desain lereng di atas tanah lempung lunak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirinci sebagaimana berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan kestabilan lereng yang diperoleh menggunakan Metode Kesetimbangan Batas dan Elemen Hingga pada tanah lempung lunak di daerah Jambi?
2. Bagaimana perbandingan hasil analisis kestabilan lereng antara Metode Kesetimbangan Batas dan Elemen Hingga dalam menilai faktor keamanan lereng pada kondisi tanah lempung lunak di daerah Jambi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kestabilan lereng menggunakan Metode Kesetimbangan Batas dan Elemen Hingga pada kondisi tanah lempung lunak di daerah Jambi.

2. Untuk membandingkan hasil analisis kestabilan lereng antara Metode Keseimbangan Batas dan Elemen Hingga guna mengetahui perbedaan nilai faktor keamanan dan kecenderungan pola bidang longsor pada tanah lempung lunak di daerah Jambi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari sisi akademik, praktis, maupun teknis, sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang geoteknik, khususnya dalam analisis kestabilan lereng dengan pendekatan metode keseimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) dan metode elemen hingga (*Finite Element Method*).
2. Menjadi bahan pertimbangan bagi perencana dan praktisi teknik sipil dalam menentukan metode analisis yang paling representatif dan efisien untuk mengevaluasi kestabilan lereng di daerah dengan kondisi tanah lempung lunak, seperti di wilayah Jambi.
3. Memberikan informasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan desain perkuatan lereng, pengendalian kelongSORan, serta peningkatan faktor keamanan lereng pada proyek-proyek infrastruktur di daerah dengan kondisi geoteknik serupa.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terarah pada tujuan yang ingin dicapai, maka batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menganalisis kestabilan lereng pada kondisi tanah lempung lunak yang terdapat di daerah Jambi, berdasarkan data hasil penyelidikan tanah (uji lapangan dan laboratorium) yang tersedia.
2. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu Metode Keseimbangan Batas (*Limit Equilibrium Method*) dengan menggunakan Metode *Morgenstern Price* yang menggunakan perangkat lunak StablPro dan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) menggunakan perangkat lunak *Plaxis 2D*.
3. Perbandingan hasil antara kedua metode difokuskan pada nilai Faktor Keamanan (*Factor of Safety*) dan bentuk bidang longsor (*failure surface*), tanpa membahas desain perkuatan atau optimasi struktur lereng.