STUDI KESTABILAN LERENG DI DESA GONDANGREJO MAGELANG MENGGUNAKAN METODE LERENG TAK HINGGA DAN *SOFTWARE PLAXIS* 2D

Binsar Raymond Sinaga, Dwi Sat Agus Yuwana, Dedy Firmansyah
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten Supratman 39 Potrobangsan, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116
Email: binsarraymondsinaga@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Magelang merupakan wilayah yang memiliki potensi yang cukup tinggi terjadinya gerakan tanah atau tanah longsor salah satunya di Desa Gondangrejo Kecamatan Windusari. Bencana alam ini mengancam pemukiman warga sehingga perlu diperlukan antisipasi. Salah satunya dengan menganalisis stabilitas lereng di Desa Gondangrejo Kecamatan Windusari. Data yang diperlukan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah tinggi lereng (H), kemiringan lereng (θ), berat volume tanah (γ), kohesi tanah (c), sudut gesek dalam (φ). Analisis stabilitas lereng ini dilakukan untuk mendapat angka faktor keamanan (FK) pada 3 titik lereng yang bersinggungan langsung dengan pemukiman warga. Metode yang digunakan pada analisis ini adalah metode rumus lereng tak hingga dan *software plaxis 2D* dengan metode elemen tak hingga. Hasil analisis dengan rumus lereng tak hingga dan *software plaxis 2D* menunjukan bahwa kondisi pada tanah kering, jenuh dan jenuh sebagian yaitu FK < 1,3 (tidak aman) pada lereng 1 dan lereng 2 sedangkan FK > 1,3 (aman) pada lereng 3 dengan rata-rata perbedaan 0,234 antara analisis menggunakan rumus dan *Software Plaxis 2D*. Perbedaan disebabkan karena *software Plaxis 2D* menggunakan angka poisson.

Kata kunci: angka aman, lereng, *plaxis*

ABSTRACT

Magelang Regency is an area that has a fairly high potential for landslides. One of which is in Gondangrejo Village on Windusari District. This natural disaster threatens the settlements of residents so anticipation is needed. One of the anticipation is by analyzing slope stability in Gondangrejo Village. The data needed to analyze is the height of slope (H). slant of slope (θ). unit weight (γ). cohesion (c). the friction angle (φ). This analyze stability of slope was carried out to get the factor of safety (FK) at 3 points of slope that were direct contact with residential areas. The method used in this analysis is the formula of infinite slope and software of plaxis 2D with the infinite element method. The results of the analysis using the formula of infinite slope and software plaxis 2D show that the condition on dry; saturated and partially saturated soil are FK<1.3 (unstable) on slope 1 and 2 while FK>1.3 (stable) on slope 3 with an average difference is 0.234 between the analysis using formula and software plaxis 2D. The difference is because Plaxis 2D software uses poisson ratio.

***Keywords**: safety factor, slope, plaxis.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakah Negara dimana bertemunya 3 lempeng yakni Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Interaksi antar lempeng ini semakin membuat permukaan bumi yang

bervariasi dimulai dari pegunungan hingga lereng yang curam dan hal itu juga bisa menyebabkan terjadinya longsor [1].

Daerah Jawa Tengah memiliki topografi wilayah cukup beragam serta adanya beberapa gunung api. Tercatat setidaknya ada 28 kabupaten dengan 47 kecamatan adanya potensi tinggi terjadi gerakan tanah. Kepala BPBD Kabupaten Magelang menyatakan bahwa pada wilayah Kabupaten Magelang, terdapat 17 kecamatan dari total 21 kecamatan yang masuk dalam kategori rawan gerakan tanah atau tanah longsor. 17 kecamatan dimaksud yaitu Kecamatan Candimulyo, Borobudur, Bandongan, Grabag, Dukun, Kajoran, Secang, Kaliangkrik, Salam, Ngablak, Tegalrejo, Pakis, Tempuran, Sawangan, Srumbung, Salaman dan Kecamatan Windusari [2].

Berdasarkan data yang didapat dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Magelang 2020, Kabupaten Magelang mengalami bencana selama 2019 mencapai 581 kejadian, bencana itu didominasi oleh bencana tanah longsor dan angin kencang. Bencana tersebut terjadi di 21 kecamatan, salah satunya adalah Kecamatan Windusari. Kecamatan Windusari yaitu salah satu kecamatan di Kabupaten Magelang yang terletak pada bagian tenggara kaki Gunung Sumbing dengan potensi tanah longsor yang cukup tinggi setelah Kecamatan Kaliangkrik [3].

Kecamatan Windusari yang berpotensi besar terjadinya tanah longsor ditambah dengan masalah tanah retak yang mengancam 8 rumah warga Desa Gondangrejo dan Desa Godengan Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang yang dihuni sekitar 170 Kepala Keluarga (KK).

TINJAUAN PUSTAKA

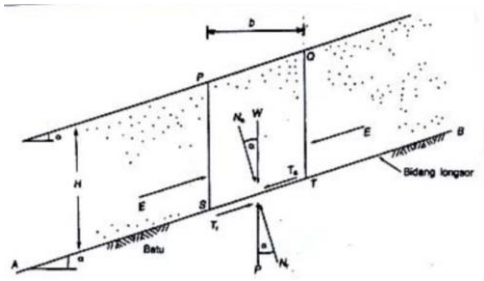
Penelitian terdahulu menganalisis stabilitas lereng di 3 titik berbeda pada Pembangunan TPA Sipirok Sumatera Utara. Hasil analisisnya dengan batuan program *Plaxis* didapat besar faktor keamanan 1,172 sedangkan dengan metode *Bishop* didapatkan besar keamanan senilai 1,052. Hal tersebut menunjukan bahwa lereng tersebut perlu diberi perkuatan [4].

Tanah yaitu sekumpulan benda-benda alam yang berada pada sebagian besar wilayah di bumi, yang dapat menumbuhkan tumbuhan serta juga merupakan tempat berkembangnya makhluk hidup lainnya [5]. Tanah longsor dapat diklasifikan menjadi 6 jenis antara lain: robohan (*topples*), runtuhan (*fall*), longsoran (*slide*), aliran (*flow*), pencaran lateral (*lateral spreads*) dan gabungan [6].

Analisis stabilitas lereng tak hingga

a. Kondisi Tanah Kering

Mempertimbangkan kemiringan tak terbatas tanpa adanya rembesan, maka faktor keamanan untuk kemiringan dengan ketebalan H akan ditentukan pada bidang geser AB pada lereng tanpa aliran muka air tanah.



Gambar 1. Lereng tak terhingga tanpa aliran rembesan

(Sumber: Hardiyatmo, 2006)

$$F = \frac{c}{\gamma H\, cos^2\alpha tg\alpha} + \frac{tg\phi}{tg\alpha} \text{ ……...(1)}$$

Dengan:

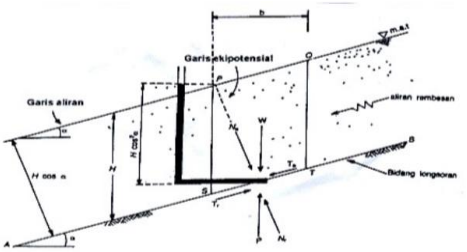
F = faktor aman
γ = berat volume tanah (kN/m^3)
C = kohesi (kN/m^2)
α = sudut kemiringan lereng (º)
ϕ = sudut gesek dalam tanah (º)

b. Kondisi Tanah Jenuh

Pada Gambar 2 terlihat bahwa suatu lereng tak terhingga dianggap terdapat Muka air tanah pada permukaan tanah dengan kemiringan lereng sebesar α. Karena adanya

pengaruh air, maka kuat geser tanah bisa dirumuskan seperti pada persamaan (2).

Bila dilihat berdasarkan elemen *PQTS*, gaya yang bekerja pada permukaan *PS* dan *QT* besarnya sama, oleh karena itu saling meniadakan. Selain itu, faktor keamanan terhadap kemungkinan terjadinya longsor di sepanjang bidang AB pada kedalaman H di bawah permukaan tanah akan dinilai.



Gambar 2. lereng tak terhingga dengan rembesan penuh

(Sumber: Hardiyatmo, 2006)

Persamaan faktor keamanan yaitu:

$$F = \frac{c}{\gamma_{sat}\, H\, cos^2\, \alpha\, tan\alpha} + \frac{\gamma^{'} \tan\varphi}{\gamma_{sat}\, tan\alpha} \ldots.(2)$$

dengan:

F = faktor keamanan

φ= sudut gesek dalam tanah (º)

C= kohesi (kN/m^2)

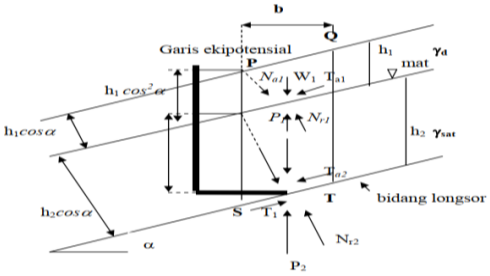
α= sudut kemiringan lereng (º)

γsat= berat volume jenuh tanah (kN/m^3)

γ'= berat volume efektif tanah (kn/m^3)

c. Kondisi Tanah jenuh Sebagian

Sedangkan Pada kondisi rembesan sebagian tanah jenuh dan sebagian tanah kering dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Lereng tak Terhingga dengan Kondisi Rembesan Sebagian

(Sumber: Hardiyatmo, 2006)

Persamaan faktor keamanan sebagai berikut ini:

$$F = \frac{c + [(\gamma d.h_1 + \gamma'.h_2)cos^2\alpha]\tan\varphi}{(\gamma_d.h_1 + \gamma_{sat}.h_2)cos\ \alpha.\sin\alpha} \ldots (3)$$

Dengan:

F= faktor keamanan

ϕ= sudut gesek dalam tanah (º)

C= kohesi (kN/m^2)

α= sudut kemiringan lereng (º)

γd= berat volume kering tanah (kN/m^3)

γsat= berat volume jenuh tanah (kN/m^3)

γ'= berat volume efektif tanah (kN/m^3)

Plaxis

Plaxis (*Finite Element Code For Soil and Rock Analyses*) adalah ringkasan dari program elemen hingga yang dikembangkan untuk menganalisa deformasi serta stabilitas geoteknik pada perencanaan dibidang teknik sipil. Grafik sederhana dari prosedur *entri* data (sifat tanah) dapat menghasilkan model-model elemen hingga yang *complex* dan memberikan *output* yang terperinci berupa hasil perhitungan. Pada *software plaxis* seluruh perhitungan sepenuhnya otomatis dan didasarkan pada prosedur numeric yang tepat. Pengguna baru dapat menguasai konsep ini dalam kurun waktu yang cukup singkat setelah beberapa kali melakukan pelatihan dan percobaan [7].

METODE

Penelitian ini berlokasi di Desa Gondangrejo Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang. Pada saat pelaksanaan survei, sampel di dapat langsung di lokasi dan di dapat juga kemiringan lereng dan bentuk dari lereng. Sampel diambil dibeberapa titik disekitar desa Gondangrejo.

Adapun penelitian ini terdiri atas data primer maupun data sekunder.

1. Data Primer

   Pengamatan dan pengambilan sampel tanah secara langsung pada lereng di desa Gondangrejo.

   Di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Tidar, dicari data yang belum diperoleh dengan cara menguji sampel tanah di Laboratorium

Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Tidar dan Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Vokasi Universitas Gajah Mada.

2. Data Sekunder

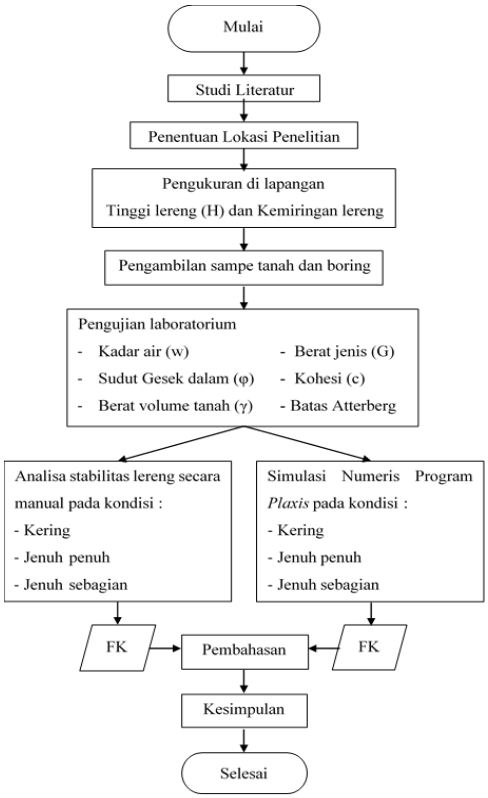
   Data sekunder diperoleh dari studi pustaka, buku atau instansi terkait sebagai penunjang dan referensi penelitian.

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan digunakan dalam penelitain ini diantaranya *theodolie,* meteran, alat boring manual, alat *direct shear test,extruder,*cawan, air suling, oven, dll.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika tanah Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar dan Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Vokasi UGM selama bulan desember hingga Februari 2022. Tahap-tahap penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kadar air, berat volume tanah, berat jenis, tanah, kohesi, sudut gesek dalam dan battas atterberg.

Data yang telah diperoleh menjadi paramater dalam menghitiung faktor aman lereng dengan metode rumus lereng tak hingga dan juga software *plaxis* 2D.

HASIL PENELITIAN

Angka keamanan yang diperoleh dari analisis stabilitas lereng di Desa Gondangrejo direkapitulasi pada tabel-tabel di bawah ini. Analisis secara empiris ditunjukkan pada Tabel 1 untuk metode rumus lereng tak hingga, dan Tabel 2 untuk *software* p*laxis 2D v.8.6*.

Tabel 1 Hasil perhitungan menggunakan metode tak hingga

Lokasi Lereng	Angka Keamaan Lereng		
	Tanah Kering	Tanah Jenuh Sebagian	Tanah Jenuh
Lereng 1	1,060	0,764	0,615
Lereng 2	1,000	0,738	0,612
Lereng 3	2,765	2,052	1,72

Tabel 2 Hasil perhitungan menggunakan software plaxis 2D

Lokasi Lereng	Angka Keamaan Lereng		
	Tanah Kering	Tanah Jenuh Sebagian	Tanah Jenuh
Lereng 1	1,276	1,064	0,914
Lereng 2	1,256	0,964	0,779
Lereng 3	2,977	2,274	1,953

1. Angka keamanan lereng pada kondisi kering.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil angka keamanan lereng pada kondisi kering menggunakan metode rumus lereng tak hingga yaitu 1,06 pada lereng 1, 1,00 pada lereng 2 dan 2,765 pada lereng 3, Sedangkan analisis menggunakan software *plaxis 2D* diperoleh angka keamanan 1,276 pada lereng 1, 1,276 pada lereng 2 dan 2,977 pada lereng 3. Hal tersebut menunjukan bahawa

pada lereng 1 dan 2 kondisi tanah kering lereng dalam keadaan kritis (FK<1,3) sedangkan pada lereng 3 kondisi tanah kering lereng dalam kondisi aman (FK>1,3).

2. Angka keamanan lereng pada kondisi jenuh sebagian

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil angka keamanan lereng pada kondisi tanah jenuh sebagian menggunakan metode rumus lereng tak hingga yaitu 0,764 pada lereng 1, 0,738 pada lereng 2 dan 2,052 pada lereng 3. Sedangkan analisis menggunakan software *plaxis 2D* diperoleh angka keamanan 1,064 pada lereng 1, 0,964 pada lereng 2 dan 2,274 pada lereng 3. Hal tersebut menunjukan bahawa pada lereng 1 dan 2 kondisi tanah jenuh lereng dalam keadaan kritis (FK<1,3) sedangkan pada lereng 3 kondisi tanah jenuh lereng dalam kondisi aman (FK>1,3).

3. Angka keamanan lereng pada kondisi jenuh

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil angka keamanan lereng pada kondisi tanah jenuh menggunakan metode rumus lereng tak hingga yaitu 0,615 pada lereng 1, 0,612 pada lereng 2 dan 1,72 pada lereng 3. Sedangkan analisis menggunakan software *plaxis 2D* diperoleh angka keamanan 0,914 pada lereng 1, 0,779 pada lereng 2 dan 1,953 pada lereng 3. Hal tersebut menunjukan bahawa pada lereng 1 dan 2 kondisi tanah jenuh lereng dalam keadaan kritis (FK<1,3) sedangkan pada lereng 3 kondisi tanah jenuh lereng dalam kondisi aman (FK>1,3).

PEMBAHASAN

Nilai angka keamanan menunjukkan bahwa hasil analisis stabilitas lereng pada tiga lereng di Desa Gondangrejo yang telah dilakukan penelitian di lapangan dan di laboratorium, serta telah dilakukan analisis menggunakan dua perhitungan dan metode, memiliki potensi longsor terlebih saat tanah dalam kondisi jenuh.

Tabel tersebut menunjukan bahwa angka keamanan lereng 3 jauh lebih besar dibandingkan dengan angka keamanan lereng 1 dan 2 hal ini disebabkan karena adanya salah satu faktor untuk mencari angka keamanan lereng yang cukup tinggi juga yaitu tinggi lereng 3 yang lebih rendah dibandingkan dengan tinggi lereng 1 dan 2.

Deviasi atau Selisih analisis dengan perhitungan manual dan *software Plaxis 2d* v.8.6 diperoleh dari perbedaan hasil secara rumus dan dengan *software*. Hasil selisih ditunjukan pada Tabel 3 untuk Lereng 1 Gondangrejo, Tabel 4 untuk Lereng 2 Gondangrejo dan Tabel 5 untuk Lereng 3 Gondangrejo.

Tabel 3 selisih analisis lereng 1 Gondangrejo

Kondisi tanah	Angka keamanan		
	Secara Rumus	*Software Plaxis 2d*	Perbedaan
Tanah Kering	1,060	1,276	0,216
Tanah Jenuh Sebagian	0,764	1,064	0,3
Tanah Jenuh	0,616	0,914	0,294

Tabel 4 selisih analisis lereng 2 Gondangrejo

Kondisi tanah	Angka keamanan		
	Secara Rumus	*Software Plaxis 2d*	Perbedaan
Tanah Kering	1,00	1,256	0,256
Tanah Jenuh Sebagian	0,738	0,964	0,226
Tanah Jenuh	0,612	0,779	0,167

Tabel 5 selisih analisis lereng 3 Gondangrejo

Kondisi tanah	Angka keamanan		
	Secara Rumus	*Software Plaxis 2d*	Perbedaan
Tanah Kering	2,765	2,977	0,212
Tanah Jenuh Sebagian	2,052	2,274	0,222
Tanah Jenuh	1,72	1,953	0,233

Rata-rata perbedaan antara analisis

menggunakan *software plaxis* dengan hasil analisis secara rumus adalah 0,234 sehingga terbukti bahwa perhitungan menggunakan *software Plaxis 2D* memiliki ketelitian yang lebih akurat dibanding menggunakan perhitungan rumus lereng tak hingga.

Hal ini dikarenakan perhitungan dengan *software Plaxis 2D* memasukan parameter modulus elastisitas tanah dan angka poisson sedangkan metode menggunakan rumus lereng tak hingga tidak. Penelitian ini sesuai pada hipotesis dikarenakan lereng 1 dan 2 nilai FK lebih kecil dari 1,3 (FK<1,3)

SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis menggunakan metode rumus lereng tak terhingga:
   a. Pada lereng 1 dalam kondisi kering adalah 1,06, pada kondisi jenuh sebagian adalah 0,764 dan kondisi jenuh adalah 0,616. Lereng dalam kondisi tidak aman.
   b. Pada lereng 2 dalam kondisi kering adalah 1,159, pada kondisi jenuh sebagian adalah 0,847dan kondisi jenuh adalah 0,705. Lereng dalam kondisi tidak aman.
   c. Pada lereng 3 dalam kondisi kering adalah 3,219 pada kondisi jenuh sebagian adalah 2,239 dan kondisi jenuh adalah 1,92. Lereng dalam kondisi aman.
2. Hasil analisis menggunakan *software plaxi*s 2D yaitu:
   a. Pada lereng 1 dalam kondisi kering adalah 1,175, pada kondisi jenuh sebagian adalah 0,81 dan kondisi jenuh adalah 0,63. Lereng dalam kondisi tidak aman.
   b. Pada lereng 2 dalam kondisi kering adalah 1,318, pada kondisi jenuh sebagian adalah 0,964 dan kondisi jenuh adalah 0,779. Lereng dalam kondisi tidak aman.
   c. Pada lereng 3 dalam kondisi kering adalah 3,25, pada kondisi jenuh sebagian adalah 2,27 dan kondisi jenuh adalah 1,953. Lereng dalam kondisi aman
3. Perbandingan Hasil analisis dengan *software plaxis 2D* dan secara rumus menunjukan perbedaan rata-rata 0,234. Hal ini terjadi dikarenakan pada *software plaxis 2D* menggunakan angka pori dan modulus elastitas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Rahman A.Z. Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal manajemen dan kebijakan publik*. Vol 1, No 1, 2015

[2]BPBD Kabupaten Magelang. Penanggulangan Bencana Longsor di Kabupaten Magelang.2020.

[3] A. H. Syarafina, dkk. 2016. Tingkat Dan Sebaran Risiko Bencana Tanah Longsor Berdasarkan Pengharkatan Di Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang. Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta: Skripsi.2016.

[4] Farid, F. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile* Menggunakan Plaxis V.8 dan Metode Bishop (Studi Kasus: Pembangunan TPA Sipirok) [Tugas Akhir]. Medan: Universitas Sumatera Utara. 2019.

[5] Surendro, B. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Andi.2015

[6] Johnson, M. *Landslide Types and Processes*. *Amreric : USGS Fact Sheet*.2004.

[7] Plaxis, B. V., dkk. Plaxis. *Benchmarking*, *1*, 5. 1998.

[8] Hardiyatmo, H.C. *Penaggulangan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 2006.