

ANALISIS STABILITAS LERENG DI DAS TIRTOMOYO WONOGIRI AKIBAT HUJAN PERIODE ULANG (Studi Kasus Dusun Damon, Hargorejo, Wonogiri)

Try Darma Putra¹⁾, Niken Silmi S²⁾, Noegroho Djarwati³⁾,

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

^{2), 3)}Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jln. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

E-mail : putratrydarma@gmail.com

Abstract

Wonogiri Tirtomoyo watershed is one of the supporters of the reservoir watershed Gajah Mungkur, changes in land use and the amount of rainfall led to the stability of the soil is disturbed. This study aims to determine the effect of rain return period for slope stability at different inclination, Rain return period is defined as a hypothetical in which a debit or rain with a certain magnitude will be equaled or exceeded once in that time period. The research location is located in the hamlet Damon, Hargorejo, Wonogiri, from the study site were taken soil samples to determine soil type and value of soil parameters (γ , ϕ , and c), soil samples showed that the type of soil such as clay, inorganic, with plastic low to moderate. Slope stability modeled with a variation of tilt 30 °, 35 °, 45 °, 50 °, 60 ° and 65 ° using Plaxis 2D program. SCS CN method is used to change the rain into the load by calculating the slope of infiltration that occurs corresponding land cover. Infiltration of rain water will cause the soil becomes saturated with a certain thickness, rainfall data were used between 2004 and 2013 by analyzing the return period rainfall infiltration.

Results of analysis of sliding (deformation) in the 2D model with the finite element method with reviewing the conditions of the properties land obtained from the results of laboratory tests of soil mechanics and high rainfall intensity return period which occurs in 2 to 1000 year has no effect on the value of the safety factor on the slopes Hamlet Damon, Hargorejo village, Wonogiri.

Keywords: Watershed, rain, infiltration, SCS CN, Plaxis

Abstrak

DAS Tirtomoyo Wonogiri merupakan salah satu DAS pendukung waduk Gajah Mungkur, perubahan tataguna lahan dan besarnya curah hujan menyebabkan kestabilan tanah terganggu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hujan periode ulang terhadap kestabilan lereng pada kemiringan yang berbeda, Hujan kala ulang yaitu hujan yang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan satu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Lokasi penelitian terletak di Dusun Damon, Hargorejo, Wonogiri, dari lokasi penelitian diambil sampel tanah untuk mengetahui jenis tanah dan nilai parameter tanah (γ , ϕ , dan c), sampel tanah menunjukkan bahwa jenis tanah berupa lempung tak organik dengan plastis rendah sampai sedang. Stabilitas lereng dimodelkan dengan variasi kemiringan 30°, 35°, 45°, 50°, 60°, dan 65° menggunakan program Plaxis 2D. Metode SCS CN digunakan untuk mengubah hujan menjadi beban lereng dengan menghitung infiltrasi yang terjadi sesuai tutupan lahan. Infiltrasi air hujan akan menyebabkan tanah menjadi jenuh dengan ketebalan tertentu, data hujan yang digunakan antara tahun 2004 sampai 2013 dengan menganalisis infiltrasi hujan kala ulang.

Hasil analisa kelongsoran (deformasi yang terjadi) dalam model 2D dengan metode elemen hingga dengan meninjau kondisi properties tanah yang didapatkan dari hasil uji laboratorium mekanika tanah dan tinggi intensitas hujan periode ulang yang terjadi pada 2 sampai 1000 tahunan tidak berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan di lereng Dusun Damon, Desa Hargorejo, Wonogiri.

Kata kunci : DAS, hujan, infiltrasi, SCS CN, *plaxis*.

PENDAHULUAN

Wonogiri jika ditinjau dari struktur pembentuk tanah merupakan salah satu kota di Jawa Tengah yang memiliki potensi longsor cukup tinggi dibandingkan daerah lainnya. Wonogiri bagian selatan, tepatnya di sepanjang DAS Tirtomoyo sering terjadi longsor pada saat terjadi hujan (*Local Government association of Queensland Inc*, 2006).

Lereng di definisikan sebagai permukaan tanah yang tidak horizontal. Pada permukaan lereng komponen gravitasi yang bekerja pada suatu tanah cenderung akan menggerakkan tanah ke bawah. Komponen gravitasi ini disebut sebagai gaya penggerak tanah. Lereng mempunyai kekuatan alami yang berasal dari komponen material tanah itu sendiri, untuk melawan gaya penggerak tanah sehingga gerakan tanah atau kelongsoran tidak terjadi. Kondisi ini disebut sebagai stabilitas lereng (Hardiyatmo, H.C., 2006).

Sutikno (2004) mengemukakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap potensi longsor adalah penggunaan lahan vegetasi penutup. Alih fungsi lahan konservasi menjadi lahan pertanian maupun perkebunan sering kali sebagai faktor pemicunya. Lahan konservasi yang seharusnya ditanami berbagai tanaman keras diganti dengan tanaman pertanian yang memiliki akar serabut dangkal.

Melihat bencana longsor yang sering terjadi akibat besarnya peran curah hujan maka untuk penelitian ini digunakan data sungai Tirtomoyo yang merupakan salahsatu anak sungai dari Bengawan Solo yang nanti digunakan untuk menganalisis suatu permodelan lereng. Sungai Bengawan Solo sendiri menjadi salahsatu sungai terpanjang di Jawa Tengah dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 1.600 km. Sungai Tirtomoyo memiliki hilir di Waduk Gajah Mungkur yang terletak di Kabupaten Wonogiri.

LANDASAN TEORI

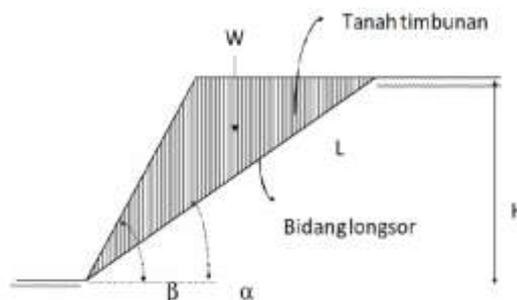
Stabilitas Lereng

Tanah menurut Das, B.M., (2006) didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tersebut.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh : 1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser. 2. Gesekan antar butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Peristiwa tanah longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan, dan sebenarnya merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah (Suryolelono, K.B., 2002). Pada umumnya di daerah pegunungan yang ditutupi oleh lapisan tanah penutup yang lunak, air hujan dapat dengan mudah merembes pada tanah yang gembur dan batuan lempung yang berongga atau retak-retak. Tempat air rembesan ini berkumpul dapat berfungsi sebagai bidang luncur yang mempermudah tanah longsor.

Lereng terbatas (finite slope) tanah akan longsor pada bidang permukaan lereng jika suatu tanah timbunan diletakkan pada tanah asli yang miring, di mana pada lapisan tanah asli terdapat lapisan lemah yang berada di dasar timbunannya.



Gambar 1 Bidang Longsor Lereng Finite Slope
 Dengan tinggi H yang paling kritis (pada saat F=1) adalah :

$$H_c = \frac{4c}{g} \times \frac{\sin \beta \cos \alpha}{1 - \cos(\beta - \alpha)} \quad (1)$$

Keterangan :

- H = tinggi lereng kritis
- β = sudut kemiringan lereng
- α = sudut longsor terhadap bidang horizontal
- c = kohesi tanah
- φ = sudut gesek dalam tanah
- γ = berat volume tanah.

Plaxis

Plaxis mulai dikembangkan sekitar tahun 1987 di Technical University of Delft atas inisiatif dari Dutch Departement of Public Works and Water Management. Plaxis adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dari tanah. Program metode elemen hingga dan model-model tanah didalamnya telah dikembangkan dengan seksama. Walaupun pengujian dan validasi telah banyak dilakukan, tetap tidak dapat dijamin bahwa program plaxis adalah bebas dari kesalahan. Akurasi dari keadaan sebenarnya yang diperkirakan sangat bergantung pada keahlian dari pengguna terhadap permodelan dari permasalahan, pemahaman terhadap model-model tanah serta keterbatasannya dan penentuan parameter model.

Dalam Plaxis analisa stabilitas lereng menggunakan metoda element hingga (Finite Element Method, LEM). Dimana dalam metoda FEM faktor keamanan atau stabilitas lereng didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi c dan sudut geser dalam tanah φ yang didapat dengan pengujian sampel tanah di laboratorium secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan.

Faktor Keamanan

Faktor keamanan umumnya didefinisikan sebagai perbandingan dari beban runtuh terhadap beban kerja. Definisi ini tepat untuk pondasi tetapi tidak tepat untuk turap maupun timbunan. Untuk struktur-struktur semacam ini, akan lebih tepat untuk menggunakan definisi faktor keamanan dalam mekanika tanah, yaitu perbandingan antara kuat geser yang tersedia terhadap kuat geser yang dibutuhkan untuk mencapai keseimbangan. Metode elemen hingga dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan ini dengan menggunakan prosedur 'Reduksi phi-c'.

Model Mohr-Coulomb adalah model yang sederhana namun handal ini didasarkan pada parameter tanah yang telah dikenal baik dalam praktek rekayasa teknik sipil. Model Mohr-Coulomb dapat digunakan untuk menghitung pendukung yang realistis pada muka terowongan, beban batas pada pondasi dan lain-lain. Model ini juga dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan dengan pendekatan 'Reduksi phi-c'.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan dan studi-studi yang menyeluruh tentang kelongsoran lereng, maka dibagi 3 kelompok rentang Faktor Keamanan (SF) ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1989) seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor

Nilai SF	Kejadian/ Intensitas Longsor
< 1,07	Longsor biasa/ sering terjadi (lereng labil)
1,07 < SF < 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
> 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Analisis Stabilitas Lereng

Metode analisis stabilitas lereng yang digunakan ini adalah teknik reduksi kekuatan geser metode elemen hingga (SSR-FEM). Kelebihan menggunakan metode ini menurut Griffithset al (1999) adalah :

1. Asumsi dalam penentuan posisi bidang longsor tidak dibutuhkan, bidang ini akan terbentuk secara alamiah pada zona dimana kekuatan geser tanah tidak mampu menahan tegangan geser yang terjadi.
 2. metode ini mampu memantau perkembangan progresif failure termasuk overall shear failure.
- Berdasarkan persamaan tegangan geser tanah (T) Mohr-Coulomb (1776), kekuatan geser tanah yang tersedia atau yang dapat dikerahkan oleh tanah adalah :

$$T = c + (\sigma - u) \cdot \tan \phi \quad (2)$$

Dalam metode ini, parameter kekuatan geser tanah yang tersedia berturut-turut direduksi secara otomatis hingga kelongsoran terjadi. Sehingga faktor aman (SF) stabilitas lereng menjadi :

$$\begin{aligned} \sum Msf &= \tan \phi_{input} / \tan \phi_{reduksi} \\ &= c_{input} / c_{reduksi} \end{aligned}$$

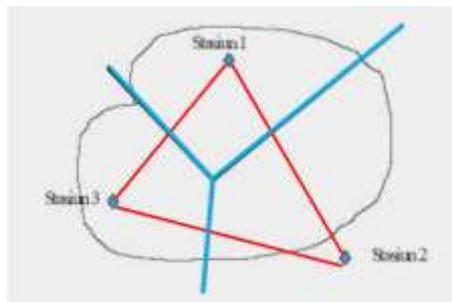
$$\begin{aligned} SF &= (\text{Kekuatan geser yang tersedia}) / (\text{Kekuatan Geser saat longsor}) \\ &= \text{nilai } \sum Msf \text{ pada saat kelongsoran.} \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan :

- c_{input} = kohesi tanah
- ϕ_{input} = sudut geser dalam tanah
- $c_{reduksi}$ = kohesi tanah tereduksi
- $\phi_{reduksi}$ = sudut geser dalam tereduksi

Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Pembentukan polygon Thiessen adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Polygon Thiessen

Dengan :

- = Batas Poligon,
- = Batas Wilayah,
- = Stasiun Hujan 1, 2, 3.

Pembentukan polygon Thiessen adalah sebagai berikut ini.

1. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis warna merah) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
2. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan garis berwarna biru.
3. Garis-garis tersebut membentuk polygon mengelilingi tiap-tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh polygon.
4. Luas tiap polygon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam polygon.
5. Jumlah dari hitungan pada butir 4 untuk semua stasiun di bagi dengan luasan daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematika mempunyai bentuk berikut ini.

$$\bar{P} = \frac{A_1 \cdot P_1 + A_2 \cdot P_2 + \dots + A_n \cdot P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (4)$$

Dengan :

P = hujan rerata kawasan
P1, P2 , Pn = hujan stasiun 1, 2, 3 ... , n
A1, A2 , An = luas daerah yang mewakili 1, 2, 3 ... , n

Analisis Frekuensi Probabilitas

Dalam melakukan analisis hidrologi sering dihadapkan pada kejadian-kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Tujuan analisis frekuensi data hidrologi berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (independent), terdistribusi secara acak, dan bersifat stokastik.

Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa akan datang akan masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Parameter-parameter statistik Cs (Koefisien Skewness) dan Ck (Koefisien Kurtosis), dan S (Standar Deviasi) diperlukan untuk menentukan macam analisis frekuensi yang dipakai.

Koefisien skewness (Cs) dihitung dengan persamaan 4

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (5)$$

Koefisien kepuncakan/curtosis (Ck) dihitung dengan persamaan 5

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum_{i=1}^n ((X - \bar{X})^4)}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (6)$$

Standar deviasi (S) dihitung dengan persamaan 6

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((X - \bar{X})^2)}{n-1}} \quad (7)$$

Dimana :

$\frac{n}{n}$ = jumlah data
 $\frac{\bar{X}}{\bar{X}}$ = rerata data hujan (mm)
S = standar deviasi (S)
X = data hujan (mm)

Hujan Periode Ulang

Periode ulang (return period) didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

Pearson telah mengembangkan banyak model matematik fungsi distribusi untuk membuat persamaan empiris dari suatu distribusi. Ada 12 tipe distribusi Pearson, namun hanya distribusi log Pearson III yang banyak digunakan dalam hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum. Bentuk distribusi log Pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson III dengan transformasi variat menjadi nilai log. (Bambang Triatmodjo, 2008).

$$p(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-x/\beta}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (8)$$

Dengan β dan γ adalah parameter rerata dari distribusi gamma adalah $\beta\gamma$, varians adalah $\beta^2 \gamma$, dan kemencengan adalah $2/(\gamma)^{1/2}$. Persamaan CDF (cumulative density function) dirumuskan dalam persamaan

$$T(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx \quad (9)$$

Metode Log Pearson III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan 2.7 sebagai berikut (Soemarto, 1999)

$$Y = \bar{Y} + k.S \quad (10)$$

Dimana :

Y = Nilai logaritmik dari X atau log X

X = Curah hujan (mm)

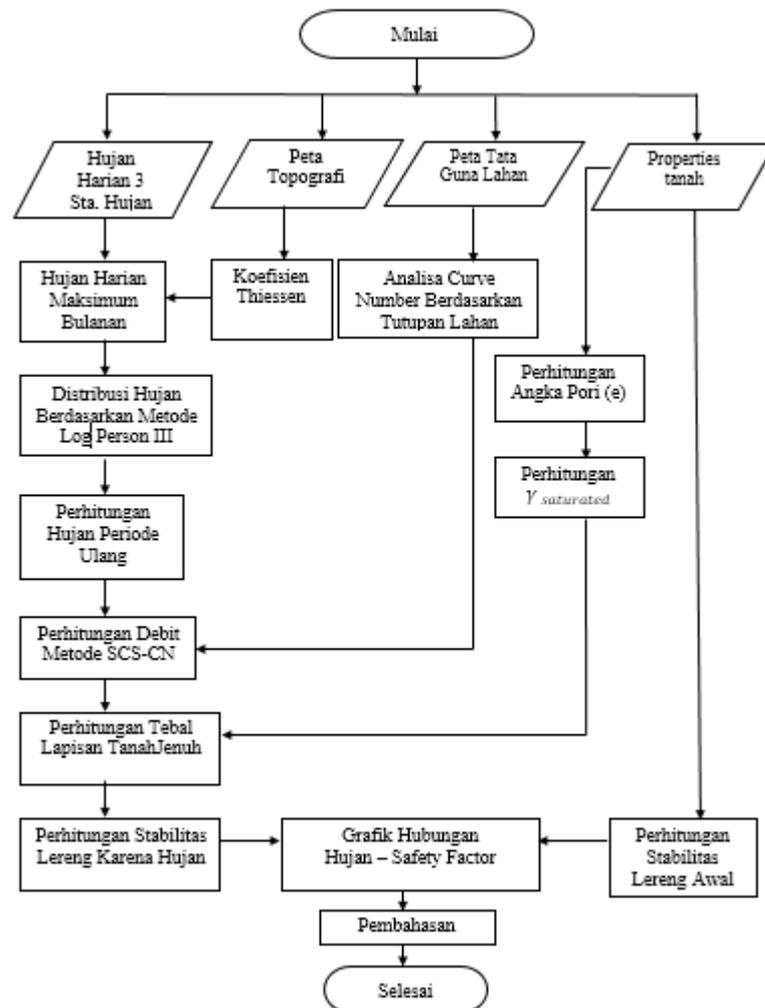
\bar{Y} = Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = Deviasi standar nilai Y

K = Karakteristik distribusi peluang Log-Pearson tipe III, di bawah

METODOLOGI

Idea penelitian berdasarkan banyaknya kejadian longsor di Indonesia yang mengakibatkan banyaknya korban harta benda dan jiwa, termasuk yang terjadi di wilayah Wonogiri.



Gambar 3 Diagram Alir

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Hujan

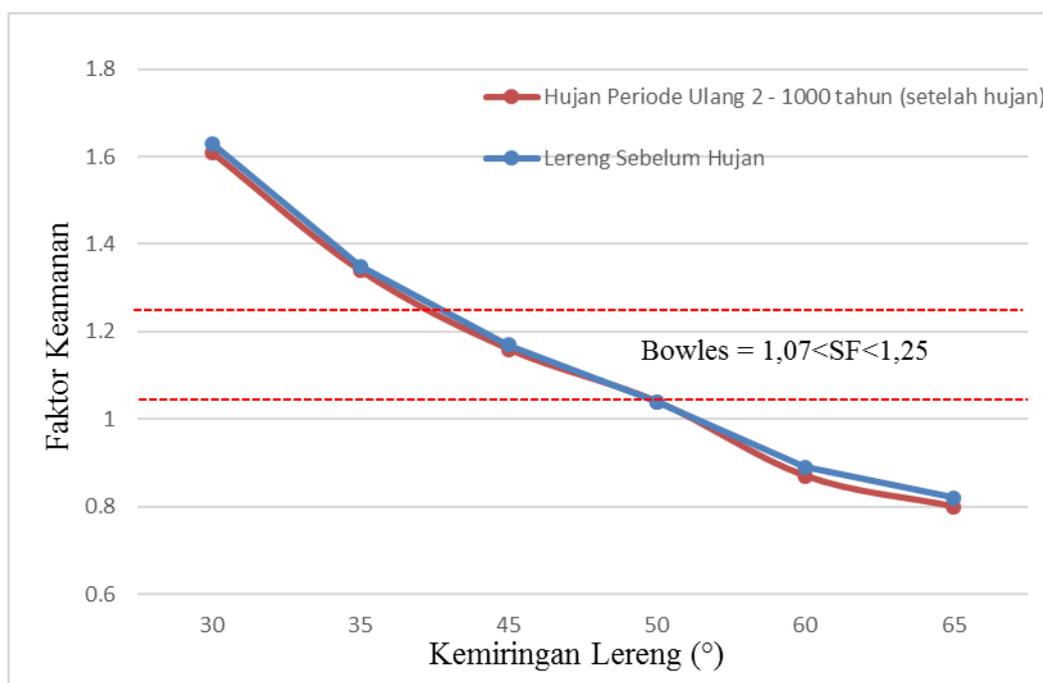
Analisis stabilitas lereng dengan metode SSR-FEM dalam penelitian ini menggunakan metode element hingga. langkah permodelan dimulai dari penggambaran model plane strain 2D, pemasukan input parameter tanah dengan model tanah Mohr-Coloumb. Langkah kemudian dilanjutkan dengan menyusun element mesh segitiga, tahap selanjutnya adalah perhitungan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan prosedur Reduksi phi-c. Nilai akhir dari analisis ini akan diperoleh nilai faktor keamanan dari masing-masing lereng. Bidang longsor

dari hasil analisa dengan metode elemen hingga menunjukkan saat tidak terjadi hujan (muka air tanah) jauh dari permukaan bidang tanah. Dengan menggunakan metode element hingga maka di dapatkan nilai faktor keamanan dari permodelan lereng.

Tabel 2 Hasil analisa lereng sebelum hujan

Sudut lereng	Nilai Faktor Keamanan
30°	1,63
35°	1,35
45°	1,17
50°	1,04
60°	0,89
65°	0,82

Gambar 4.6 menunjukkan hubungan antara nilai faktor keamanan lereng dengan sudut kemiringan lereng.



Gambar 4 Grafik Hubungan Nilai Faktor Keamanan dengan Kemiringan Lereng

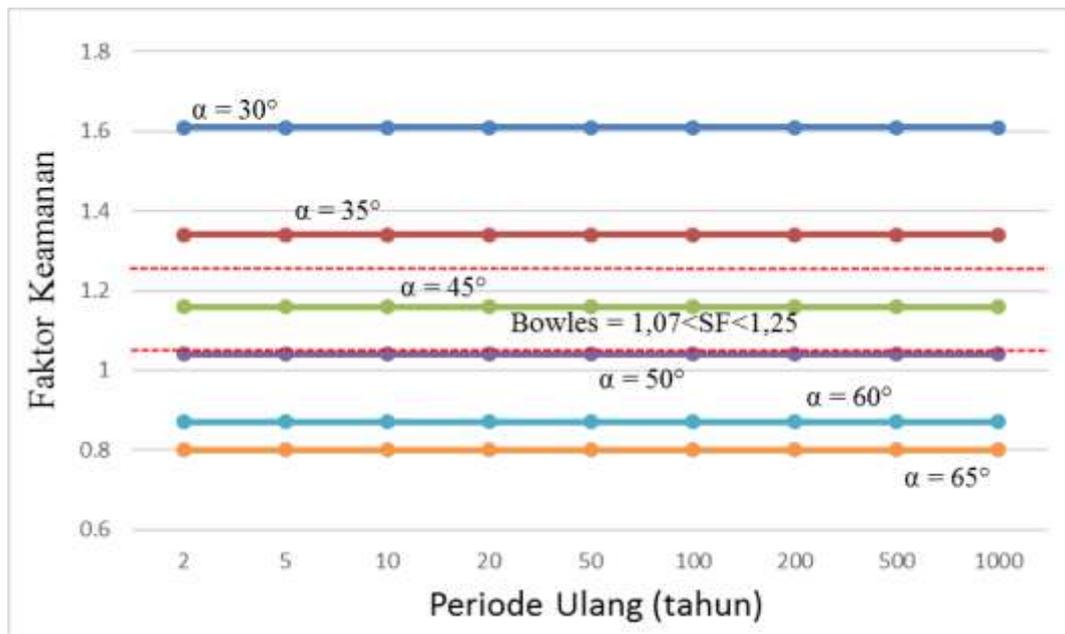
Gambar 4 menunjukkan bahwa sudut kemiringan lereng memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap nilai faktor keamanan lereng. semakin besar sudut kemiringan lereng, maka semakin rendah nilai dari faktor keamanan lereng tersebut.

Pada lereng dengan sudut 30° dengan kondisi tanah sebelum terjadi hujan, nilai faktor keamanan lereng adalah 1,63. Pada sudut 35°, nilai faktor keamanan lereng adalah 1,35. Pada sudut 45° nilai faktor keamanan lereng adalah 1,17. Penurunan nilai faktor keamanan dari sudut 30° ke 35° adalah sebesar 0,28 sedangkan dari sudut 35° ke 45° adalah sebesar 0,18.

Dari grafik 4 bahwa penurunan nilai faktor keamanan dipengaruhi oleh kemiringan dari lereng tersebut dan pada grafik 5 penambahan intensitas hujan kala ulang tahunan tidak selalu menyebabkan penurunan nilai faktor keamanan lereng di Dusun Damon, Desa Hargorejo, Wonogiri.

Analisis Stabilitas Lereng Setelah Hujan

Analisis stabilitas lereng setelah hujan merupakan nilai faktor aman lereng ketika beban lereng bertambah karena infiltrasi air hujan. Infiltrasi air hujan yang meresap kedalam tanah mengakibatkan tebal lapisan tanah yang ada di atasnya menjadi jenuh. Kedalaman tanah jenuh berbeda-beda tergantung dari hujan yang terjadi,



Gambar 5 Grafik hubungan faktor kewanan dengan Intensitas Hujan kala ulang

Sebelum terjadi hujan, nilai faktor keamanan pada sudut 30° adalah sebesar 1,63. Setelah ditambahkan beban hujan periode ulang dua tahunan, nilai faktor keamanan turun menjadi 1,61. Begitu pula yang terjadi dengan sudut kemiringan lainnya. Hal tersebut menggambarkan bahwa tinggi intensitas hujan periode ulang yang terjadi tidak berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan lereng di Dusun Damon, Desa Hargorejo, Wonogiri. Pada gambar 5 menampilkan grafik hubungan faktor keamanan dengan Intensitas Hujan Periode Ulang Tahunan untuk kemiringan lereng yang bervariasi pada kondisi setelah hujan, dimana lereng diberikan beban tambah berupa tebal lapisan tanah jenuh., sehingga didapatkan nilai faktor keamanan stabilitas lereng yang aman/mampu menahan beban longsor sesudah terjadinya hujan kala ulang adalah analisis stabilitas lereng dengan nilai faktor keamanan 1,61, 1,34, dan 1,16.

Menurut Bowles (1989) nilai faktor keamanan minimal sebelum terjadi kelongsoran (kondisi kritis) adalah 1,07. Bila disyaratkan demikian maka lereng di Dusun Damon, Hargorejo, Wonogiri pada kondisi intensitas/kejadian longsor yang sering terjadi atau bisa dikatakan lereng di Dusun Damon adalah lereng labil.

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Nilai faktor keamanan pada lereng di DAS Tirtomoyo Wonogiri Akibat Hujan Periode Ulang yang di dapatkan dari hasil analisa metode elemen hingga dengan kondisi sebelum hujan dengan kemiringan lereng 30° , 35° , 45° , 50° , 60° , dan 65° berturut-turut adalah 1,63; 1,35; 1,17; 1,04; 0,89; dan 0,82.
2. Nilai faktor keamanan akibat beban hujan, yaitu dengan pengaruh hujan periode ulang tahunan yang menyebabkan kondisi lapisan tanah jenuh oleh air pada lokasi menggunakan metode Log Pearson III menghasilkan nilai faktor keamanan yang mampu menahan gaya geser tanah/longsor 1,16 pada kemiringan lereng 45° . Dimana nilai faktor keamanan tersebut sudah memasuki kondisi paling kritis menurut Bowles (1989) nilai faktor keamanan minimal sebelum terjadinya kelongsoran adalah 1,07.
3. Semakin besar sudut kemiringan lereng maka semakin kecil faktor keamanan pada lereng tersebut dan penambahan intensitas hujan kala ulang menyebabkan penurunan nilai faktor keamanan yang tidak signifikan. Faktor keamanan yang mencapai angka kritis/longsor pada kemiringan lereng lebih besar dari 50° .
4. Dari hasil analisa kestabilan lereng di Dusun Damon, Hargorejo, Wonogiri setelah terjadinya hujan kala ulang dengan kemiringan lereng didapatkan besar angka faktor keamanan pada lereng dari sudut 30° , 35° , 45° , 50° , 60° , dan 65° berturut-turut adalah 1,61; 1,34; 1,16; 1,04; 0,87; dan 0,80.

REKOMENDASI

1. Menambah variasi beban luar yang berpengaruh besar terhadap kestabilan lereng, misal ditambahkan adanya beban dinamik seperti adanya pengaruh gempa.
2. Melakukan perhitungan dengan berbagai jenis perkuatan lereng, contoh perkuatan lereng dengan beronjong, dinding penahan tanah, dan lain-lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Dr. Niken Silmi S, S.T., M.T., Ir. Noegroho Djarwati, M.T., dan teman kelompok Lereng yang senantiasa memberikan bimbingan selama penelitian.

REFERENSI

- Arif, M., & Widodo, A., 2008, Analisa Balik Kelongsoran (Studi Kasus di Jember), Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Bowles, J.E., 1989, Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 2006, Principles Of Geotechnical Engineering, The University of Texas.
- Griffiths, D.V., (1999), Slope stability analysis by finite elements, Geotechnique 49, No.3.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, Teknik Fondasi 1. Edisi Ketiga. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Karnawati, D., 2004, Bencana Gerakan Massa Tanah/Batuan di Indonesia, Evaluasi dan Rekomendasi, P3TPSLK-BPPT dan HSF, Jakarta.
- Liong, G.T., & Herman, G.J.D., 2012, Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
- Local Government Association of Queensland, Inc., 2006, Introductory Erosion and Sediment Control Guideline for Queensland Councils.
- Pangular, D., 1985, Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, 233 hal.
- Saphartono, E., 2007, Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Tingkat Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Bandung, Program Studi Meteorologi ITB, Bandung.
- Soemarto, C.D., 1999, Hidrologi Teknik. Jakarta : Erlangga.
- Suryolelono, K.B., 2002, Geosintetik Geoteknik, Nafiri, Yogyakarta.
- Sutikno, 2004, Penanggulangan Tanah Longsor, Bahan Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah, Jakarta.
- Triadmojo, B., 2009, Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset, Yogyakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.