

ANALISIS STABILITAS LERENG BERDASARKAN HUJAN 3 HARI BERURUTAN DI DAS TIRTOMOYO (Studi kasus Desa Damon, Hargorejo, Wonogiri)

Ridho Manurung¹⁾, 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 : ridho_k@aol.com

Abstrack

The purpose of this study was to determine the effect of three days rain against the stability of the slope at different inclination. Three days rain is rain that occurred on three days rain although with a short duration. Slope stability analysis was conducted to determine the safety of a slope. Changes in land use, infiltration of rain water will affect the slope hydrology conditions due to changes in the level of saturation and pore water pressure. Changes in these aspects will affect the nature of the overburden slope, for example, the value of soil bulk density, cohesion and angle of friction. In addition to aspects of the hydrologic conditions that greatly affect the stability of the slope is the slope where the state of the slope is getting steeper slope stability safety value gets smaller.

The research location is located in the hamlet Damon, Hargorejo, Wonogiri. From the location of the soil samples were taken to determine the soil properties of data (γ , ϕ , and c). Soil samples showed that the type of soil in the form of argillaceous sand, sand-clay mixture. Slope stability modeled with a variation of tilt 30° , 40° , 45° , 50° , 60° and 65° . Slope stability analysis using the limit equilibrium method. Rainfall data used between 2004 and 2013 by analyzing the infiltration of every month wet namely in November, December, January, February, March and April. 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.

The analysis shows the condition before the rain in the slope of 30° , 40° , 45° and 50° is still in the safe category, the slope of 60° and 65° in the critical category. Tallest rain infiltration occurred in March of 2010 and 2012 with rainfall intensity of 195.6 mm and 189.9 mm. Infiltration declare an angle of 30° , 40° , 45° and 50° safety factor value is not in critical condition, angle of 60° and 65° declare the value of the safety factor in a critical condition. This indicates that the rain and the slope greatly affect the value of slope stability.

Watershed, three days rain, slope stability analysis, infiltration, SCS CN.

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh hujan 3 hari berurutan terhadap kestabilan lereng pada kemiringan yang berbeda. Hujan 3 hari berurutan yaitu hujan yang terjadi pada tiga hari berturut-turut meskipun dengan durasi singkat. Analisis stabilitas lereng di lakukan untuk mengetahui keamanan dari suatu lereng. Perubahan tata guna lahan, infiltrasi air hujan akan berpengaruh terhadap kondisi hidrologi lereng karena perubahan tingkat kejenuhan dan tekanan air pori. Perubahan aspek tersebut akan berpengaruh terhadap sifat tanah penutup lereng, misalnya nilai berat isi tanah, kohesi dan sudut gesek. Selain kondisi hidrologi aspek yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng adalah kemiringan lereng dimana keadaan lereng semakin curam maka stabilitas lereng nilai keamanannya semakin kecil.

Lokasi penelitian terletak di Dusun Damon, Hargorejo, Wonogiri. Dari lokasi penelitian diambil sampel tanah untuk mengetahui data properties tanah (γ , ϕ , dan c). Sampel tanah menunjukkan bahwa jenis tanah berupa pasir berlempung, campuran pasir-lempung. Stabilitas lereng dimodelkan dengan variasi kemiringan 30° , 40° , 45° , 50° , 60° dan 65° . Analisis stabilitas lereng menggunakan *limit equilibrium method*. Data hujan yang digunakan antara tahun 2004 sampai 2013 dengan menganalisis infiltrasi setiap bulan basah yaitu pada Bulan November, Desember, Januari, Februari, Maret dan April. 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.

Hasil analisis menunjukkan kondisi sebelum terjadi hujan di kemiringan 30°, 40°, 45° dan 50° safety factor aman, kemiringan 60° dan 65° safety factor kritis. Infiltrasi hujan tertinggi terjadi pada Bulan Maret Tahun 2010 dan 2012 dengan intensitas hujan sebesar 195,6 mm dan 189,9 mm. Adanya infiltrasi menyatakan sudut 30°, 40°, 45° dan 50° nilai *safety factor* tidak dalam keadaan kritis, sudut 60° dan 65° menyatakan nilai *safety factor* dalam keadaan kritis. Hal ini mengindikasikan bahwa hujan dan kemiringan lereng sangat mempengaruhi nilai stabilitas lereng.

Kata kunci : DAS, hujan 3 hari berurutan, analisa stabilitas lereng, infiltrasi, SCS CN.

PENDAHULUAN

Kelongsoran yang terjadi pada tanah lereng setelah hujan lebat, tidak hanya disebabkan oleh karena naiknya tegangan air pori seiring dengan naiknya permukaan air tanah, tetapi juga oleh berkurangnya kekuatan geser tanah akibat naiknya derajat kejenuhan tanah atau berkurangnya suction tanah. Berkurangnya suction tanah kelepungan akibat infiltrasi, secara umum pasti terjadi saat terjadi hujan. Air yang memasuki tanah yang kering berasal dari permukaan tanah, dengan jalan masuk yang tetap yaitu pori-pori tanah. Meskipun jumlah pori-pori dapat dianggap tetap, tetapi volume pori dapat berubah-ubah. Pada tanah lempung, *swelling* akibat pembasahan dapat mengurangi volume pori-pori tanah berukuran besar yang mempengaruhi laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi. Kuwano and Chen (1990), dalam IG.N.Wardana (2011).

Menurut Sugalang dan Siagian (1991), dalam Sutikno (2004), salah satu faktor yang berpengaruh terhadap potensi longsor adalah penggunaan lahan dan vegetasi penutup. Alih fungsi lahan konservasi menjadi lahan pertanian maupun perkebunan sering kali sebagai faktor pemicunya.

Daerah Wonogiri bagian selatan merupakan daerah lereng. Daerah berbukit dan berlereng ini berpotensi menimbulkan erosi. Potensi erosi yang terjadi dapat berupa sedimentasi maupun longsor. Terdapat 2 hal yang dapat menyebabkan erosi yaitu curah hujan dan kemiringan lereng (*Local Government association of Queensland Inc*, 2006).

Penelitian ini menganalisis stabilitas lereng karena pengaruh hujan 3 harian berurutan dengan variasi kemiringan lereng, metode yang dilakukan untuk analisis stabilitas lereng ini adalah keseimbangan batas (*limit equilibrium method*). Analisis stabilitas lereng dengan metode ini sangat membutuhkan ketelitian dan ketekunan untuk mendapatkan hasil yang akurat, sehingga analisis dapat dilakukan dengan bantuan program komputer. Salah satu program komputer yang menggunakan prinsip metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*) untuk analisis stabilitas lereng adalah *Software Slope/W 2007 Geoslope*.

LANDASAN TEORI

Stabilitas Lereng

Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng sehingga mendorong terjadinya pergerakan lereng yaitu topografi, kondisi geologi (litologi dan struktur geologi), hidrologi, vegetasi, karakteristik tanah/batuan penutup lereng, gempa bumi dan iklim. Hutchinson (1984), dalam Bismoseno (2006). Varnes (1958), dalam Bismoseno (2006), menguraikan faktor-faktor ketidakstabilan suatu lereng dalam dua kelompok antara lain :

1. Tegangan geser yang meningkat yang di sebabkan oleh bertambahnya beban lereng (bangunan dan timbunan pada bagian atasnya), hilangnya dukungan lateral (pemotongan dan penggalian pada kaki lereng), perubahan muka air yang berbatasan dengan lereng yang berlangsung cepat (*sudden draw down*), meningkatkan tegangan lateral (celah-celah retakan terisi oleh air), dan akibat beban gempa yang terjadi.
2. Terjadinya pengurangan tahanan geser yang disebabkan oleh meningkatnya tekanan air pori yang mengurangi tegangan efektif (infiltrasi air hujan ke dalam lereng, tidak terkontrolnya aliran air dalam drainase, gempa bumi yang menyebabkan tekanan air murni), pengembangan pada tanah lempung, pelapukan dan degradasi sifat kimia serta keruntuhan progresif karena melemahnya tegangan geser.

Pemisahan longsor biasanya dimulai dari titik-titik lemah seperti retakan pada batuan tua, retakan pada lereng sendiri, atau pada batas antar lapisan tanah, dan berawal dari gerakan lambat yang semakin cepat sampai pada akhirnya massa tanah yang longsor terlepas dari asalnya Krynine (1957), dalam Bismoseno (2006).

Analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lain. Terzaghi (1950), dalam Hardiyatmo (2007), membagi penyebab longsor lereng terdiri dari pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar, yaitu pengaruh yang menyebabkan

bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Dalam praktek, analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas. Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor.

Faktor aman (SF) didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Hardiyatmo (2007)

$$\tau_d = \tau / \tau_d \quad (1)$$

dengan:

τ : tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah (kN/m²).

τ_d : tegangan geser yang terjadi (kN/m²).

Menurut teori Mohr-Coulomb, tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsohnya dinyatakan oleh :

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (2)$$

dengan:

c : kohesi tanah (kN/m²),

σ : tegangan normal (kN/m²),

φ : sudut gesek dalam tanah (derajat).

Dengan cara yang sama, dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsohnya :

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d \quad (3)$$

dengan:

c_d : kohesi tanah (kN/m²),

φ_d : sudut gesek dalam yang bekerja sepanjang bidang longsor (derajat).

Umumnya , faktor keamanan stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2-1,5. Menurut Bowles (1989) nilai dari faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsorannya seperti Tabel 1.

Tabel 1 Hubungan Faktor Keamanan dan Kejadian Longsor

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

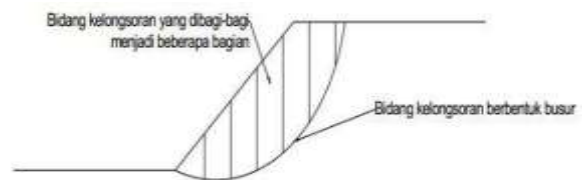
Mekanisme Longsor

Mekanisme suatu longsor sangat sulit diprediksi waktu dan penyebab terjadinya sehingga keadaan suatu lereng yang dianggap stabil juga tidak dapat dinyatakan aman dari longsor. Mekanisme terjadinya longsor baru dapat diketahui pasca terjadinya longsor dengan meneliti penyebab penyebabnya. Menurut Hardiyatmo (2006), stabilitas lereng dipengaruhi oleh faktor-faktor :

1. Gaya-gaya yang menggerakkan, contohnya berat sistem tanah,
2. Gaya rembesan dalam lereng,
3. Kemiringan dari bidang longsor,
4. Kuat geser pada bidang longsor,
5. Pengurangan kuat geser pada bidang longsor oleh tekanan hidrostatik.

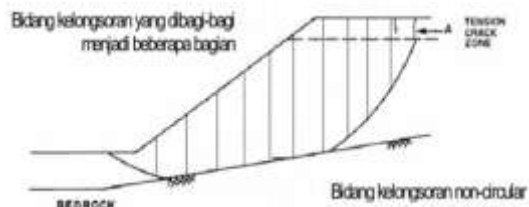
Metode *Limit Equilibrium*

Analisa stabilitas lereng pada penelitian ini menggunakan *SlopeW*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode *Limit Equilibrium*. Metode *Limit Equilibrium* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Dalam Metode *Limit Equilibrium* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *circular* (Gambar 1) dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular* (Gambar 2). Pada metode kesetimbangan batas dengan asumsi bidang kelongsoran berbentuk *circular*.



Gambar 1 Metode *Limit Equilibrium Circular*

(sumber : *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*, Ir Gouw Liang)



Gambar 2 Metode *Limit Equilibrium Non-Circular*

(sumber : *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*, Ir Gouw Liang)

Metode *Morgenstern-Price*

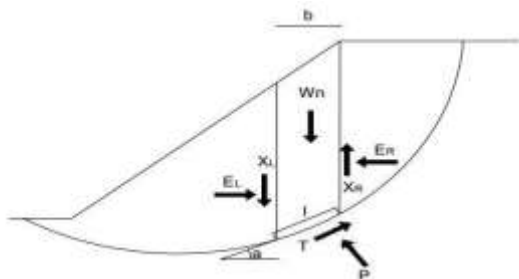
Metode ini adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada

tahun 1965, dimana proses analisisnya merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya. Dalam metode ini, dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan (X) dan gaya normal disekitar irisan (E) dengan persamaan :

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \quad (4)$$

Dimana $f(x)$ adalah asumsi dari sebuah nilai suatu fungsi dan λ adalah suatu faktor pengali yang nilainya akan diasumsi dalam perhitungan ini. Nilai dari asumsi yang tidak diketahui dalam Metode *Morgenstern-Price* yaitu *factor of safety* (FS), faktor pengali (λ), gaya normal yang bekerja pada dasar bidang irisan (P). Gaya di sekitar bidang irisan yang bekerja secara horizontal dan titik dimana gaya di sekitar bidang irisan bekerja (*Thrust Line*). Dari hasil analisa dengan kesetimbangan maka asumsi di atas akan dapat di ketahui, dan komponen gaya geser yang bekerja di sekitar bidang irisan (X) dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (5).

Gaya-gaya yang bekerja pada pada tiap irisan bidang kelongsoran terdapat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3 Gaya yang Bekerja pada Bidang Irisan pada Metode *Morgenstern-Price*
(sumber : *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method, Ir Gouw Liong*)

$$\dots \quad (5)$$

Dengan :

- P = Gaya normal,
- c' = Kohesi (jika analisa dalam kondisi *undrained* diambil nilai C_u jika dalam kondisi *drained* diambil nilai kohesi efektif),
- W_n = Gaya akibat beban tanah ke-n,
- α = Sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor.
- ϕ' = Sudut geser tanah (jika dalam kondisi *undrained* nilai sudut geser 0),
- u = Tekanan air pori,
- X_L, X_R = Gaya gesek yang bekerja di tepi irisan.

Dalam metode ini analisa faktor keamanan dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (F_m) dan kesetimbangan gaya (F_f).

Faktor keamanan dari prinsip kesetimbangan momen adalah untuk bidang kelongsoran circular :

$$\dots \quad (6)$$

Dan nilai faktor keamanan dengan prinsip kesetimbangan gaya :

$$\dots \quad (7)$$

Pada proses iterasi pertama, gaya geser di sekitar irisan (X_L dan X_R) diasumsikan nol. Kemudian pada proses iterasi selanjutnya gaya tersebut didapatkan dari persamaan:

$$(E_R - E_L) = P \sin a - [c' + (P - u) \tan \phi'] \cos a \quad (8)$$

Kemudian gaya geser tersebut dihitung dengan mengasumsikan nilai λ dan $f(x)$.

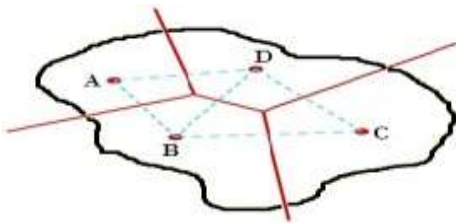
Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat (*point rainfall*), mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka untuk wilayah yang luas, satu alat penakar hujan belum mampu menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan wilayah yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan/atau disekitar wilayah tersebut.

Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata wilayah, antara lain metode rata-rata Aljabar, *Poligon Thiessen* dan *Isohyet* (Suripin, 2004). Namun, dalam penelitian ini hanya digunakan Metode *Poligon Thiessen* dalam perhitungan hujan wilayah.

Metode *Thiessen* dikenal juga sebagai Metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memeberikan proporsi luasan daerah pengaruh penakaran hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (Gambar 4). Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2004).

Hasil metode *Poligon Thiessen* lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah dengan luas 500-5.000 km² dan jumlah penakar hujan terbatas dibanding luasannya (Suripin, 2004).



Gambar 4 Metode *Poligon Thiessen*
(sumber : *Hidrologi Terapan, Bambang Triatmodjo*)

- = Batas Poligon
- = Batas DAS,
- = Batas Wilayah,
- = Stasiun Hujan A,B,C,D

Berdasarkan Gambar 4 maka untuk mencari hujan wilayah dapat diformulasikan sesuai dengan persamaan 9 di bawah ini :

$$\text{---} \quad (9)$$

Keterangan :

- = curah hujan wilayah
- P_1, P_2, \dots, P_n = curah hujan di penangkaran pos 1, 2, 3 ..., n
- A_1, A_2, \dots, A_n = luas areal polygon 1, 2, 3, ..., n

Menurut (Rahman, 2010), metode *CN* didasarkan atas hubungan infiltrasi pada setiap jenis tanah dengan jumlah curah hujan yang jatuh pada setiap kali hujan. Total hujan yang jatuh pada setiap kali hujan (P) diatas tanah dengan dengan potensi maksimal tanah untuk menahan (*retention*) air (S) tertentu, akan terbagi menjadi tiga komponen : Air larian (Q), Infiltrasi (F) dan Abstraksi awal (I_a), dengan hubungan :

$$Q = (P - I_a)2 / (P - I_a) + S \quad (10)$$

Menurut hasil pengalaman empiris di banyak tempat (di AS) diperoleh:

$$I_a = 0,2 S \quad (11)$$

Dan dari hubungan persamaan 11 maka nilai Q bisa diperoleh dengan memasukkan nilai P berdasarkan persamaan:

$$Q = (P - 0,2S)2 / (P + 0,8S) \quad (12)$$

Q dan P dapat di ketahui dari hasil pengukuran, sedangkan S dan I_a merupakan parameter yang tidak diketahui. Penetapan nilai S (dalam mm) dilakukan melalui nilai *ronoff Curve Number* (CN) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$S = (25400 / CN) - 254 \quad (13)$$

CN adalah *Curve Number* yang merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembaban dan cara pengerjaan tanah. Nilai CN bervariasi antara 0 sampai 100 (Bambang Triatmodjo, 2010). Dalam pembagian kelas tanah, SCS membagi tanah menjadi empat kelas (A,B,C, dan D), Pembagian kelas tanah berdasarkan tekstur tanah oleh (Mc Cuen, 1982) dalam Arsyad, 2010).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Tugas akhir ini meneliti pengaruh infiltrasi air hujan terhadap kestabilan lereng sebagai upaya mitigasi bencana longsor pada lereng di Dusun Damon, Desa Hargorejo, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri. Daerah ini dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk perkebunan. Pemilihan lokasi mengacu pada riwayat longsor yang terjadi pada tahun 2010. Mengacu pada kejadian tersebut peneliti melakukan penelitian dengan memperhitungkan intensitas curah hujan lebih curah hujan maksimum bulanan dengan periode 3 hari berurutan sebagai faktor utama dari penyebab longsor.

Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan berupa data properties tanah. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengambil sampel di lapangan yang selanjutnya dilakukan pengujian data properties tanah dan direct shear test.

Pengambilan sampel dilakukan dengan bor tangan (*hand auger*). Lokasi pengambilan sampel dipilih berdasar data kejadian longsor yang terjadi di Kecamatan Tirtomoyo. Dilakukan pengambilan *undisturbed sampel* (*UDS*) maupun *disturbed sampel* (*DS*). Sampel yang telah diambil selanjutnya dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah, UNS. Data yang diambil selanjutnya dianalisis dan dianggap mewakili kondisi yang ada dilapangan.

Data sekunder meliputi peta topografi, data curah hujan harian DAS Tirtomoyo, Wonogiri dan peta tata guna lahan. Peta topografi dan data curah hujan harian DAS Tirtomoyo diperoleh dari PSDA Kabupaten Wonogiri. Data curah hujan harian menggunakan data 10 tahun terakhir, yaitu tahun 2004-2013. Peta tata guna lahan diperoleh dari Dinas Kehutanan dan Lingkungan.

Tahapan Penelitian

Pengumpulan data primer diperoleh dari pengujian

di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNS. Pengambilan sample dilakukan pada lokasi B1 (kaki lereng), B2 (tengah lereng), B3 (puncak lereng). Pada penelitian ini di pilih sample B2 karena memiliki nilai volume tanah (γ_b) yang paling besar. Pengujian tanah mengacu pada standar pengujian *American Standart Testing Materials (ASTM)* yang terinci pada Tabel 2.

Tabel 2 Standar Pengujian Laboratorium

Jenis Pengujian	Parameter	Standar Pengujian
Kadar Air Natural	w_n	ASTM D2216-90
Berat Volume Basah	γ_b	ASTM D4231-91
Specific of Gravity	G_s	ASTM D854-63-90
Analisis Butiran	-	ASTM D422-63-90
Atterberg Limit Test	LL, PL, IP	ASTM D4318-84
Direct Shear test	c, ϕ	ASTM D3080-90

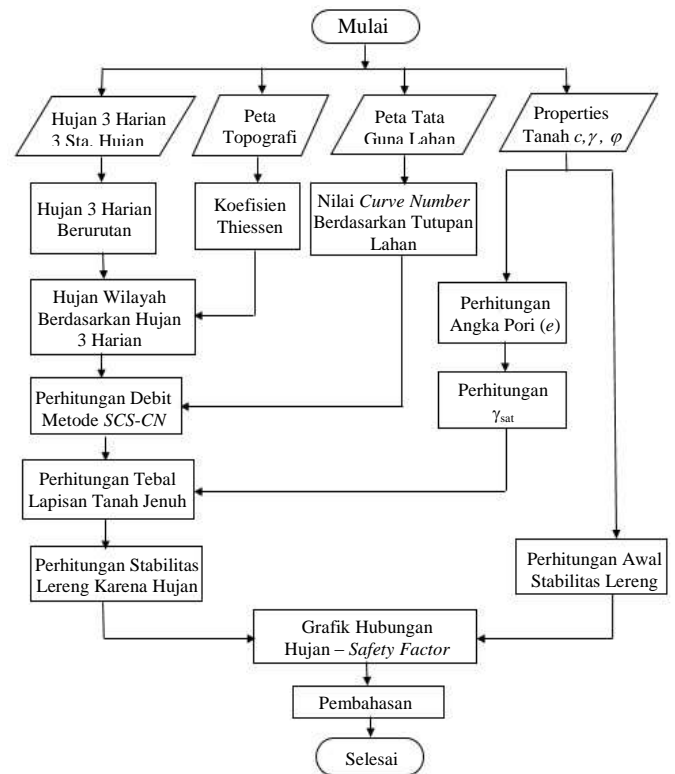
Analisa Hidrologi

- Menghitung Hujan 3 Harian Bulanan Maksimum.
Analisis hidrologi digunakan untuk mengetahui infiltrasi air hujan yang terjadi pada DAS Tirtomoyo, Wonogiri. Awal mulanya peneliti mengumpulkan data curah hujan pada DAS Tirtomoyo, Wonogiri. Data curah hujan yang digunakan merupakan data 10 tahun terakhir, yaitu tahun 2004-2013. Data curah hujan dalam bentuk data hujan harian, kemudian dicari hujan 3 harian bulanan maksimum.
- Menghitung Hujan Wilayah
Data hujan 3 harian dari masing-masing pos penakaran hujan menunjukkan hujan yang terjadi pada satu tempat. Agar data hujan dapat mewakili luasan DAS, maka harus dilakukan analisis untuk memperoleh hujan wilayah. Pada penelitian ini digunakan Metode *Poligon Thiessen*.
- Analisa *Curve Number (CN)* Berdasarkan Tutupan Lahan
Curve Number (CN) Berdasarkan Tutupan Lahan adalah mempertimbangkan tutupan lahan yang terdapat pada kawasan yang akan di teliti. Pada daerah penelitian ini hanya terdapat satu jenis tutupan lahan yaitu kawasan perkebunan.
- Menghitung Infiltrasi yang Terjadi dengan Metode *SCS CN*
Tahap selanjutnya adalah menghitung debit limpasan Metode *SCS CN*. Metode *SCS CN* di pilih karena metode ini mempertimbangkan infiltrasi air hujan yang terjadi. Infiltrasi inilah yang kemudian dijadikan sebagai beban lereng. Data infiltrasi digunakan untuk mengetahui seberapa dalam tanah jenuh yang terjadi akibat volume infiltrasi air hujan. Perbedaan infiltrasi

yang terjadi setiap bulan akan mempengaruhi tebal lapisan tanah jenuh yang terjadi pula.

Diagram Alir Penelitian.

Tahapan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Metode Penelitian

PEMBAHASAN

Analisa Data Tanah

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah maka diperoleh hasil parameter tanah berupa indeks properties dan parameter geser sebagai berikut :

Tabel 3 Hasil Pengujian Sampel Tanah

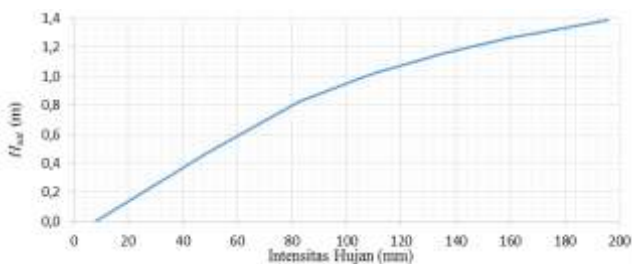
Analisa Mekanika Tanah

Analisis mekanika tanah ini berguna untuk mengetahui berapa berat volume tanah dalam kondisi jenuh (γ_{sat}). Dengan mengetahui berat volume tanah jenuh kita dapat menghitung kedalaman tanah jenuh akibat infiltrasi air hujan.

Ketebalan tanah jenuh akibat infiltrasi air hujan tiap bulan maksimal secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4. Hubungan antara ketebalan tanah jenuh dengan intensitas hujan 3 hari berurutan maksimum bulanan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 4 Ketebalan Tanah Jenuh Akibat Infiltrasi Air Hujan 3 Hari Berurutan

Bulan	V_f (m ³)	H_{sat} (m)
Januari	4044,18	1,22
Februari	4095,71	1,24
Maret	4590,39	1,39
April	3313,73	1,00
November	3832,59	1,16
Desember	4101,13	1,24

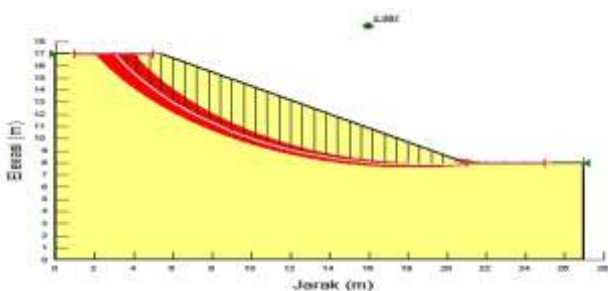


Gambar 6 Grafik Hubungan Intensitas Hujan dengan H_{sat}

Hubungan Grafik intensitas hujan dengan H_{sat} (Gambar 6) menunjukkan bahwa intensitas hujan tiga hari berurutan ≤ 7 mm belum terjadi infiltrasi yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng.

Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Hujan

Analisis menggunakan metode *Limit Equilibrium* dengan *software Geoslope*. Keruntuhan yang terjadi dianggap keruntuhan *circular* atau lingkaran menggunakan Metode *Morgenstern Price* (Gambar 7). Nilai akhir dari analisis ini akan diperoleh nilai faktor aman dari masing-masing lereng.



Gambar 7 Bidang Gelincir Lereng dengan Kemiringan 30°

No	properties	Simbol	Satuan	Nilai
1	Bulk Density	γ_b	kN/m ³	19,26
2	Water content	W_n	%	22,09
3	Specific of gravity	G_s	-	2,69
4	Plastic limit	PL	%	24,94
	Liquid limit	LL	%	42,60
	Plasticity index	PI	%	17,66
5	Grainsize Gravel	G	%	30,02
	Sand	S	%	40,92
	Silt+clay	-	%	29,07
6	Klasifikasi Tanah	-	-	SC
7	Direct Shear Test	ϕ	...°	31,31
		c	kN/m ²	14,71

Hasil analisis nilai faktor keamanan dari masing-masing sudut pada kondisi sebelum hujan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Nilai SF Lereng Kondisi Sebelum Hujan

Sudut	30°	40°	45°	50°	60°	65°
SF	2,097	1,679	1,531	1,402	1,187	1,088

Berdasarkan analisis stabilitas lereng sebelum adanya pengaruh air hujan (Tabel 5) menunjukkan bahwa *safety factor* (SF) yang diperoleh dari Sudut 30°, 40°, 45°, dan 50° masih aman, sedangkan *safety factor* (SF) dari sudut 60° dan 65° menunjukkan lereng dalam keadaan kritis.

Analisis Stabilitas Lereng Setelah Hujan

Analisis stabilitas lereng setelah hujan merupakan nilai faktor aman ketika beban lereng bertambah karena infiltrasi air hujan. Infiltrasi air hujan yang meresap ke dalam tanah menyebabkan tanah menjadi jenuh. Kedalaman tanah jenuh berbeda-beda tergantung dari hujan yang terjadi, semakin tinggi hujan yang terjadi infiltrasi juga akan semakin besar dan kedalaman tanah jenuh juga bertambah. Analisis permodelan lereng karena pengaruh infiltrasi air hujan dihitung setiap bulan basah, yaitu Bulan Nopember sampai dengan Bulan April, pada bulan maksimum setiap tahunnya.

Hasil analisis stabilitas lereng setelah terjadi hujan pada sudut kemiringan 30°, 40°, 45°, 50°, 60°, dan

65° pada Bulan November sampai dengan April antara Tahun 2004 - 2013.

Bertambahnya intensitas hujan akan menurunkan kestabilan lereng, dengan intensitas hujan terbesar yang terjadi pada bulan maret Tahun 2010 sebesar 195,6 mm. *Safety factor* sebelum terjadi hujan pada sudut 30°, 40°, 45° dan 50° berturut-turut sebesar 2,097; 1,679; 1,531 dan 1,402.

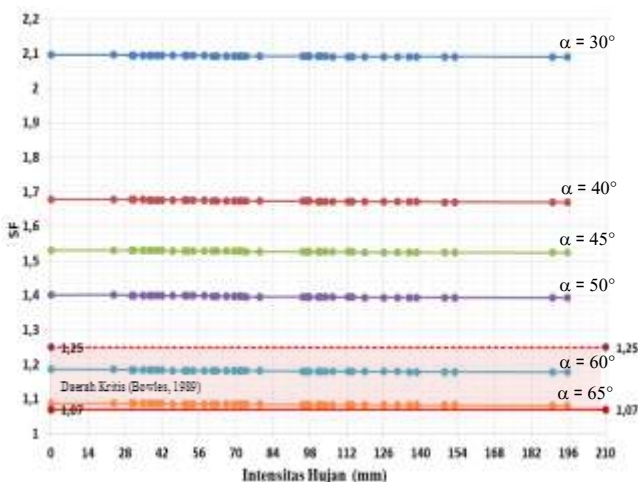
Setelah terjadi hujan dengan intensitas 195,6 mm ada penurunan nilai *safety factor* dari masing-masing sudut, *safety factor* setelah terjadi hujan pada sudut 30°, 40°, 45° dan 50° secara berturut-turut menjadi sebesar 2,091; 1,670; 1,524 dan 1,393.

Bertambahnya intensitas hujan pada lereng, akan mengalami pergerakan ditandai dengan penurunan nilai *safety factor*. Meskipun terjadi penurunan nilai *safety factor* (*SF*), lereng masih dalam kategori aman untuk kemiringan lereng 30°, 40°, 45° dan 50°, sehingga tidak masalah apabila lahan dijadikan sebagai lahan perkebunan.

Kondisi lereng dengan kemiringan 60° dan 65° dengan intensitas hujan terbesar antara Tahun 2004-2013 terjadi pada Bulan Maret Tahun 2010 sebesar 195,6 mm. Nilai *safety factor* (*SF*) yang diperoleh setelah terjadi hujan untuk sudut 60° dan 65° adalah 1,178 dan 1,082. Nilai *safety factor* ini mengindikasikan bahwa lereng dengan kemiringan 60° dan 65° termasuk dalam kondisi kritis.

Menurut Bowles (1989) dalam tabel 1 dinyatakan bahwa nilai *safety factor* (*SF*) 1,07 – 1,25 diindikasikan bahwa lereng dalam keadaan kritis atau pernah terjadi longsor.

Dengan kondisi lereng demikian sangat tidak memungkinkan digunakan untuk lahan pertanian mengingat kondisi lereng yang sangat labil.



Gambar 8 Grafik Hubungan Intensitas Hujan dengan *Safety factor* (*SF*)

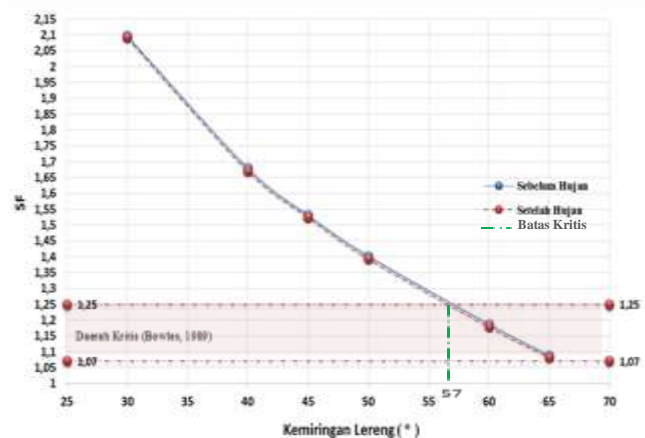
Sebelum terjadi hujan, nilai *SF* lereng lebih besar dari nilai *SF* setelah hujan. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin tinggi curah hujan yang terjadi maka semakin rendah nilai *SF* lereng. Nilai *safety factor* pada kondisi sebelum hujan dapat dilihat pada Tabel 5. Setelah terjadi hujan pada membuat tanah menjadi jenuh sehingga mengalami penurunan nilai *safety factor*. Intensitas hujan terbesar terjadi pada Bulan Maret Tahun 2010 sebesar 195,6 mm dalam periode waktu sepuluh Tahun (2004 - 2013). Nilai *safety factor* setelah hujan dapat dilihat pada Tabel 6.

Penurunan nilai *safety factor* pada sudut 30°, 40°, 45°, 50°, 60° dan 65° berturut-turut sebesar 0,6; 0,9; 0,7; 0,9; 0,9 dan 0,6. Ini mengindikasikan bahwa pengaruh curah hujan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan nilai *safety factor*.

Dengan intensitas hujan terbesar 195,6 mm selama Tahun 2004 - 2013 di Dusun Damon, Hargorejo dapat di lihat pada Gambar 8, kemiringan sudut 30°, 40°, 45° dan 50° pada kondisi aman, sedangkan kemiringan 60° dan 65° dalam kondisi kritis.

Tabel 6 Rekapitulasi Nilai *SF* Lereng Kondisi Setelah Hujan

Sudut	30°	40°	45°	50°	60°	65°
<i>SF</i>	2,091	1,670	1,524	1,393	1,178	1,082



Gambar 9 Grafik Hubungan Kemiringan lereng dengan *Safety factor* (*SF*)

Dari Gambar 9 hubungan kemiringan lereng dengan *safety factor* (*SF*), pada kondisi sebelum dan sesudah hujan nilai *safety factor* hampir sama, intensitas hujan terbesar sebesar 195,6 mm tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai *safety factor* pada kondisi setelah hujan. Kemiringan lereng 30°, 40°, 45°, dan 50° masih dalam kondisi aman yang dapat digunakan untuk lahan perkebunan. Di mana lereng dengan kemiringan 57° merupakan batas untuk kondisi kritis. Lereng dengan kemiringan 60° dan 65° sudah dalam kondisi kritis, sangat tidak dianjurkan di gunakan untuk lahan pertanian. Melihat kondisi

lereng yang sangat labil, terlebih pada kemiringan 65° yang hampir mendekati batas longsor. Kestabilan lereng memang sangat berpengaruh dari kemiringan lereng.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisis permodelan lereng yang dipengaruhi infiltrasi air hujan, diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Stabilitas lereng pada Dusun Damon Hargorejo sebelum terjadi hujan, ditinjau dari kemiringan 30° , 40° , 45° dan 50° masih dalam kategori aman, sedangkan dengan kemiringan 60° dan 65° termasuk dalam kategori kritis.
2. Pada sudut 30° , 40° , 45° dan 50° infiltrasi dengan intensitas hujan tertinggi sebesar 195,6 mm tidak menyatakan *safety factor* dalam keadaan kritis, sedangkan pada sudut 60° dan 65° infiltrasi dengan intensitas hujan tertinggi sebesar 195,6 mm menyatakan nilai *safety factor* dalam keadaan kritis.
3. Intensitas hujan tertinggi terjadi pada Bulan Maret Tahun 2010 sebesar 195,6 mm, dan pada Bulan Maret Tahun 2012 sebesar 189,9 mm.
4. Intensitas hujan tiga hari berurutan $\alpha \leq 7$ mm belum terjadi infiltrasi, sehingga tidak berpengaruh terhadap kestabilan lereng.
5. Dari hasil analisis di simpulkan bahwa lereng di Dusun Damaon Hargorejo lereng dengan kemiringan $\alpha \geq 57^\circ$ merupakan lereng dengan kondisi kritis.

SARAN

Saran-saran yang dapat diberikan untuk dapat mengembangkan penelitian selanjutnya :

1. Untuk hasil perbandingan sebaiknya dapat menggunakan metode lain seperti Metode Fellenius, Metode Irisan Janbu, dll.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya mengetahui letak muka air tanah.
3. Penelitian ini menggunakan satu parameter tanah (dianggap seragam), untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan beberapa parameter tanah, apalagi bila pada lereng terdapat struktur batuan yang sangat mempengaruhi stabilitas lereng.
4. Pada $\alpha \geq 57^\circ$ sudah dalam kondisi kritis, sebaiknya di lakukan penanganan untuk menghindari terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmojo., 2010. *Hidrologi Terapan*. Cetakan Kedua. Beta Offset Yogyakarta.
- Bismoseno, A., 2006. *Studi Perilaku Pemodelan Perkuatan Geosintetik pada Lereng Miring dengan Media Tanah Pasir*. Skripsi S1. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Gouw Liong, 2012. *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*. Fakultas Teknik Universitas Bina Nusantara.
- Hardiyatmo, C. H., 2006. *Teknik Fondasi 1*. Edisi Ketiga. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, C. H., 2006. *Mekanika Tanah 2*. Edisi Keempat. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Haryanti, Sri dkk, C. H., 2010. *Analisis Pengaruh Hujan Terhadap Gerakan Lereng*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Heny Pratiwi., 2014. *Analisa Stabilitas Lereng Akibat Curah Hujan Bulanan Dengan Metode Fellenius di desa Sumpersari DAS Tirtomoyo Wonogiri*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- I G. N. Wardana, 2011. *Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng*. Universitas Udayana, Denpasar.
- Janu Widayatno., 2014. *Analisis Stabilitas Lereng di DAS Tirtomoyo Wonogiri Akibat Hujan Dua Hari Berurutan (Studi Kasus Desa Pagah, Hargantoro, Wonogiri)*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Local Government Association of Queensland, Inc. 2006. *Intrrodutory Erosion and Sediment Control Guideline for Queensland Councils*.
- Rahman. M., 2010. *Simulasi Ketersediaan Air Bulanan dengan Basis Data Spasial Faktor-Faktor Sumber Daya Air : Kasus Sub-DAS Hulu Citarum*. LIPI. Bandung.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi.
- Sutikno. 2004. *Penanggulangan Tanah Longsor. Bahan Penyuluban Bencana Alam Gerakan Tanah*. Jakarta.