

**KAJIAN BIDANG GELINCIR DAN SIFAT FISIKO-KIMIA
TANAH TERHADAP POTENSI LONGSOR**

Oleh

FIBRIAN TRI SETYANTO

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

PROGRAM STUDI ILMU TANAH

MALANG

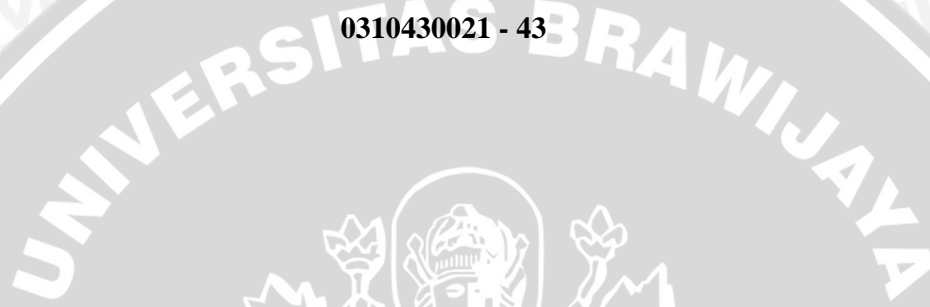
2007

**KAJIAN BIDANG GELINCIR DAN SIFAT FISIKO-KIMIA
TANAH TERHADAP POTENSI LONGSOR**

Oleh

FIBRIAN TRI SETYANTO

0310430021 - 43



SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

PROGRAM STUDI ILMU TANAH

MALANG

2007

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya tulis yang saya buat sendiri, berdasarkan payung penelitian longsor Program Hibah Kompetisi A-2 tahun 2007 yang terdiri dari 4 (empat) mahasiswa dengan topik antara lain : Sifat Fisiko-Kimia Tanah, Makroporositas, Intensitas Hujan, dan Kemiringan Batas Horison. Sehingga sebagian data digunakan secara bersama-sama. Bilamana ternyata di kemudian hari pernyataan saya tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan Universitas Brawijaya Malang.

Malang, November 2007

Yang menyatakan,

Fibrian Tri Setyanto
NIM. 0310430021-43



Judul Skripsi : **KAJIAN BIDANG GELINCIR DAN SIFAT
FISIKO-KIMIA TANAH TERHADAP
POTENSI LONGSOR**

Nama Mahasiswa : **FIBRIAN TRI SETYANTO**

NIM : 0310430021 - 43

Jurusan : TANAH

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Utama,

Pendamping,

Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD
NIP. 131 653 475

Cahyo Prayogo, SP. MP.
NIP. 132 206 310

Mengetahui :
Ketua Jurusan

Dr. Ir. M Luthfi Rayes, MSc.
NIP. 130 818 808

Tanggal Persetujuan :

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS.
NIP. 131 472 755

Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD
NIP. 131 653 475

Penguji III

Penguji IV

Cahyo Prayogo, SP. MP.
NIP. 132 206 310

Ir. Sudarto, MS.
NIP. 131 281 903

Tanggal Lulus :



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Skripsi ini kusembahkan untuk

Kedua orang tuaku tercinta serta kakak-

kakakku yang sangat kusayangi

RINGKASAN

FIBRIAN TRI SETYANTO. 0310430021. Kajian Bidang Gelincir dan Sifat Fisiko-Kimia Tanah Terhadap Potensi Longsor. Di bawah bimbingan Sri Rahayu Utami dan Cahyo Prayogo.

Longsor adalah pergerakan regolith dan/atau tanah ke bawah lereng, karena gaya gravitasi. Pada umumnya tanah mengalami jenuh air sebelum terjadi longsor. Titik jenuh tersebut terjadi bila 1) intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi; 2) hujan terjadi dalam waktu yang lama sehingga memberi kesempatan terjadi penjenjutan sampai kedalaman tertentu. Terdapatnya lapisan yang mempunyai sifat tanah yang berbeda kontras dengan lapisan di atasnya biasanya akan menghalangi gerakan air, sehingga lapisan di atasnya mencapai titik jenuh. Dalam hal ini lapisan tersebut dapat berfungsi sebagai bidang gelincir. Hubungan antara kontras sifat tanah dengan potensial longsor dicoba dikaji dengan melakukan penelitian di tanah yang berbeda teksturnya: berliat di Kemiri 1 dan Kemiri 2, dan berdebu di Pandesari dan Tulungrejo.

Untuk mengukur potensial longsor, contoh tanah diambil dalam boks sampel yang diposisikan memotong batas antar 2 horison, dengan sudut 60° . Contoh dalam boks sampel kemudian dijenuhi air, dan dilakukan simulasi hujan dengan intensitas 70 mm/jam, sampai terjadi paling tidak sebagian lapisan longsor. Waktu dimulainya simulasi sampai terjadi longsor dianggap sebagai ketahanan terhadap longsor. Semakin lama waktu simulasi, semakin besar ketahanan terhadap longsor. Sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan longsor, baik yang secara langsung (% liat dan pasir; konduktivitas hidraulik jenuh, titik cair, kemantapan agregat), maupun tidak langsung melalui pengaruhnya terhadap kemantapan agregat (kandungan Ca, Mg, K, dan Na dapat ditukar; dan kandungan bahan amorf yang diprediksi dari Si dan Al terekstrak ammonium oxalate) juga diukur.

Kandungan (Ca, Mg, K) dan Na dapat ditukar berturut-turut meningkatkan dan menurunkan titik cair tanah dan konduktivitas hidraulik jenuh, tetapi tidak berpengaruh nyata pada kemantapan agregat. Sedangkan kandungan bahan amorf mempunyai pengaruh nyata terhadap ketiga sifat fisik tanah tersebut di atas.

Bedasarkan perbedaan sifat fisik tanah yang paling kontras, bidang gelincir paling dangkal ditemukan pada Kemiri 1, diikuti Tulungrejo, Pandesari, dan Kemiri 2 pada kedalaman 32, 52, 197, 227 cm. Tetapi keragaman sifat fisik tanah hanya dapat menerangkan sekitar 30% keragaman ketahanan tanah terhadap longsor. Batas horizon yang diatur memiliki kemiringan 60° kemungkinan menyebabkan faktor gravitasi lebih dominan dibandingkan kekuatan gesek tanah yang dipengaruhi oleh sifat fisik tanahnya.

Tanah di Kemiri (tekstur berliat) lebih cepat jenuh daripada Pandesari and Tulungrejo (tekstur berdebu). Jika waktu penjenjutan dan waktu simulasi longsor digabungkan sebagai ketahanan tanah terhadap longsor, maka Kemiri 2 memiliki kepekaan yang lebih besar (bidang gelincir 18 cm, 15,45 menit), diikuti Kemiri 1 (32 cm, 30,3 menit), Tulungrejo (52 cm, 74,2 menit), dan Pandesari (60 cm, 81,8 menit). Namun apabila hujan terjadi pada intensitas dan waktu yang sama (intensitas 70mm/jam selama >82 menit dalam simulasi penelitian ini), tanah di Pandesari and Tulungrejo memiliki potensi terjadinya longsor lebih besar dibandingkan Kemiri.

Kata kunci: longsor, kepekaan terhadap longsor, tingkat penjenjutan

SUMMARY

FIBRIAN TRI SETYANTO. 0310430021. **Study of Sliding Plane and Physico-Chemical Properties Determining Landslide Potential.** Supervised by Sri Rahayu Utami and Cahyo Prayogo.

Landslide is the movement of regolith and/or soil cover downslope by gravity, triggered by rainfall intensity and duration. Before landslide occurs, the soil must reach saturation. Achievement of saturation requires 1) rainfall intensity exceed the infiltration rate; 2) rainfall duration long enough to saturate soil at certain depth and create a positive pore pressure buildup. The occurrence of layer having contrasting properties may determine the soil depth to be saturated first, hence acts as sliding plane. The relationship between contrasting soil properties and landslide potential was studied in two contrasting soil texture: clayey in Kemiri 1 and Kemiri 2, and silty in Pandesari and Tulungrejo.

To study landslide potential, box soil samples were taken crossing boundary of the respective soil horizons. Box samples were then water saturated, and subjected to rainfall simulator using an intensity of 70mm/hrs until the upper horizon partly slid. The duration from starting point until soil slide occurred was recorded, and considered as landslide susceptibility. The shorter the duration is, the higher is the landslide susceptibility. Soil factors expected to influence landslide potential directly (% clay and sand; saturated hydraulic conductivity, soil liquid limit, aggregate stability) and indirectly through the effect on soil aggregation process (content of exchangeable Ca, Mg, K, and Na; and content of amorphous materials as predicted from Si and Al extracted by ammonium oxalate) were measured.

The content of exchangeable (Ca, Mg, K) and Na respectively increased and decreased soil liquid limit and saturated hydraulic conductivity, but had no influence on soil aggregate stability. Whereas amorphous content had positive relation to those three soil physical properties.

Based on the contrasting soil physical properties, sliding plane was expected to occur in Kemiri 1, Tulungrejo, Pandesari, and Kemiri 2 at the depth of respectively 32, 52, 197, 227 cm. However variation of soil physical factors could only explain 30% of landslide potential variation. This could be because the slope was set to be 60°. This slope was probably steep enough to have dominant role of gravity, much exceeding soil shear strength, which was in turn determined by soil physical properties.

Saturation level was reached earlier in Kemiri (having clayey texture) than in Pandesari and Tulungrejo (having silty texture). If total duration needed to reach saturation level and to landslide was considered as landslide potential, Kemiri 2 therefore had the highest potential (sliding plane 18 cm, 15,45 minutes), followed by Kemiri 1 (32 cm, 30,3 minutes), Tulungrejo (52 cm, 74,2 minutes), and Pandesari (60 cm, 81,8 minutes). Under similar rainfall intensity and duration (70mm/hrs rainfall intensity within >82 minutes in the simulation study), soils in Pandesari and Tulungrejo were however potentially having a higher landslide risk than soils in Kemiri.

Keywords: landslide, landslide susceptibility, saturation level

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan dengan baik skripsi yang berjudul “Kajian Bidang Gelincir dan Sifat Fisiko-Kimia Tanah Terhadap Potensi Longsor”. Skripsi ini diajukan sebagai tugas akhir dalam rangka menyelesaikan studi di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Penulis telah banyak memperoleh masukan dan dukungan dari berbagai pihak selama penulisan skripsi ini. Sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, kakak-kakakku, dan seluruh keluarga besar penulis, atas do'a dan dukungannya,
2. Ibu Ir. Sri Rahayu Utami, MSc. PhD sebagai dosen pembimbing utama dan Ketua Tim Peneliti Program Hibah Kompetisi A-2 atas saran, dukungan, fasilitas dan pendanaannya hingga terselesaikannya skripsi ini,
3. Bapak Cahyo Prayogo, SP. MP sebagai pembimbing pendamping atas bimbingan, saran dan nasihatnya,
4. Ketua Jurusan dan seluruh Dosen Tanah atas saran, dukungan, dan nasihatnya,
5. Seluruh staf Jurusan Tanah atas segala bentuk bantuan dan pelayanannya selama ini,
6. Seluruh teman-teman proyek longsor (Anung, Dian dan Sandi) atas kerjasamanya selama ini,
7. Seluruh teman-teman angkatan 2003 dan lainnya atas bantuan, dukungannya hingga selesainya masa studi penulis.

Penulis mengharapkan kritik dan saran karena dalam penyusunan skripsi ini tentunya masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, November 2007

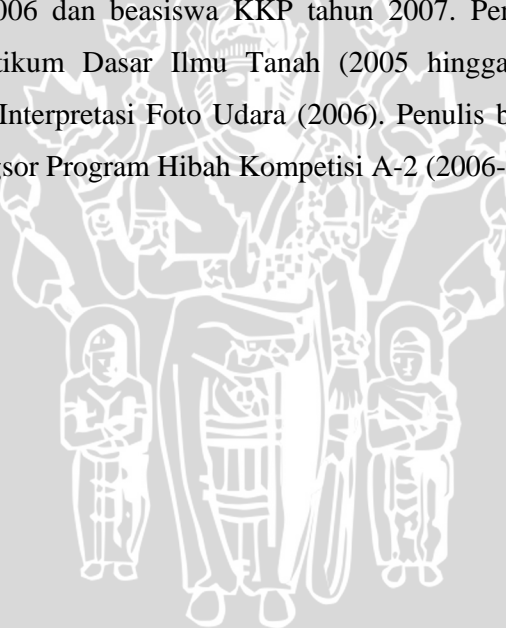
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Ponorogo, Propinsi Jawa Timur pada tanggal 23 Februari 1985 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis merupakan putra dari Bapak Santoso dan Ibu Nunik Siti Ropingatin.

Penulis mulai mengenyam pendidikan di TK Aisyiah pada tahun 1989. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri Brotonegaran I Ponorogo pada tahun 1991, SMP Negeri I Ponorogo pada tahun 1997, dan SMU Negeri I Ponorogo pada tahun 2000. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tinggi pada tahun 2003 di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SPMB.

Penulis menerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) pada tahun 2005 hingga 2006 dan beasiswa KKP tahun 2007. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Dasar Ilmu Tanah (2005 hingga 2006), Analisis Lansekap (2006) dan Interpretasi Foto Udara (2006). Penulis bergabung dengan payung penelitian langsung Program Hibah Kompetisi A-2 (2006-2007).



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Hipotesa	4
1.5 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Longsor	5
2.1.1 Pengertian longsor	5
2.1.2 Macam longsor	6
2.1.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Longsor	7
2.2 Bidang Gelincir	8
2.2.1 Hubungan Bidang Gelincir dengan Batas Cair Tanah	9
2.3 Hubungan Sifat Fisiko-Kimia Tanah dengan Longsor	10
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
3.2.1 Penentuan Lokasi Longsor	12
3.2.2 Deskripsi Tanah dan Lahan	13
3.2.3 Pengambilan Sampel Tanah	13
3.2.3.1 Sampel Fisika dan Kimia Tanah	13
3.2.3.2 Sampel Boks	14
3.2.4 Simulasi Kejadian Longsor di Lapangan	15
3.2.5 Analisa Laboratorium	16
3.2.6 Pengolahan Data dan Pelaporan	16



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Karakteristik Sifat Tanah	17
4.1.1 Sifat Fisik Tanah	17
a. Tekstur	17
b. Kemantapan Agregat	20
c. Kapasitas Menahan Air	22
1. Batas Cair	22
2. Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ)	24
3. Kemampuan Maksimal Menahan Air	26
4.1.2 Agen Penyemen Tanah	28
a. Kation Calsium, Magnesium, dan Kalium Dapat Ditukar	28
b. Kation Natrium	28
c. Bahan Amorf	29
4.1.3 Pendugaan Bidang Peka Longsor Berdasarkan Sifat Fisik Tanah	30
4.2 Indeks Faktor Longsor (IFL)	32
4.2.1 Hubungan IFL dengan Waktu Simulasi Longsor	32
4.2.2 Hubungan IFL, Waktu Total Simulasi Longsor dengan Bidang Gelincir	36
4.3 Kecepatan Terjadinya Longsor	39
4.3.1 Identifikasi Bidang Peka Longsor Berdasarkan Waktu Simulasi Longsor	39
4.3.2 Perbandingan Kecepatan dan Bidang Peka Longsor Keempat Lokasi Berdasarkan Kecepatan Terjadinya Longsor	42
 V. KESIMPULAN DAN SARAN	 46
 DAFTAR PUSTAKA	 48
 LAMPIRAN	 51

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Jenis analisis fisika tanah dan metodenya	16
2.	Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan persentase liat, debu, dan pasir	20
3.	Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan indeks DMR	22
4.	Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan batas cair	24
5.	Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan KHJ	26
6.	Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan kadar air maksimal	28
7.	Hasil analisa regresi berganda	34
8.	Waktu simulasi longsor pada keempat lokasi penelitian	40

Lampiran

1.	Data kecepatan kejadian longsor	51
2.	Kronologis kecepatan kejadian longsor	52
3.	Sifat fisik tanah	53
4.	Sifat kimia tanah	54
5.	Nilai indeks faktor longsor (IFL)	55
6.	Hasil analisa sidik ragam agen penyemen tanah dengan DMR	60
7.	Hasil analisa sidik ragam agen penyemen tanah dengan batas cair dan KHJ	61
8.	Hasil analisa sidik ragam selisih sifat fisik dengan waktu simulasi longsor	63
9.	Hasil regresi berganda untuk IFL	63

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Diagram alur pemikiran penelitian	2
2.	Macam-macam longsor	7
3.	Diagram alur metode penelitian	12
4.	Contoh longsor	12
5.	Contoh lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir	13
6.	Proses pengambilan sampel boks	14
7.	Simulasi kejadian longsor di lapangan	15
8.	Persentase liat pada keempat lokasi penelitian	17
9.	Persentase debu pada keempat lokasi penelitian	18
10.	Persentase pasir pada keempat lokasi penelitian	19
11.	Indeks DMR pada keempat lokasi penelitian	21
12.	Nilai batas cair pada keempat lokasi penelitian	22
13.	Nilai KHJ tanah pada keempat lokasi penelitian	24
14.	Nilai kadar air maksimal tanah pada keempat lokasi penelitian	26
15.	Pendugaan bidang peka longsor pada keempat lokasi penelitian berdasarkan sifat fisik tanah	31
16.	Hubungan nilai IFL dengan waktu simulasi longsor	35
17.	Hubungan selisih sifat fisik dengan waktu simulasi longsor	42
18.	Pendugaan kecepatan dan bidang peka longsor pada keempat lokasi penelitian berdasarkan waktu total simulasi longsor	43

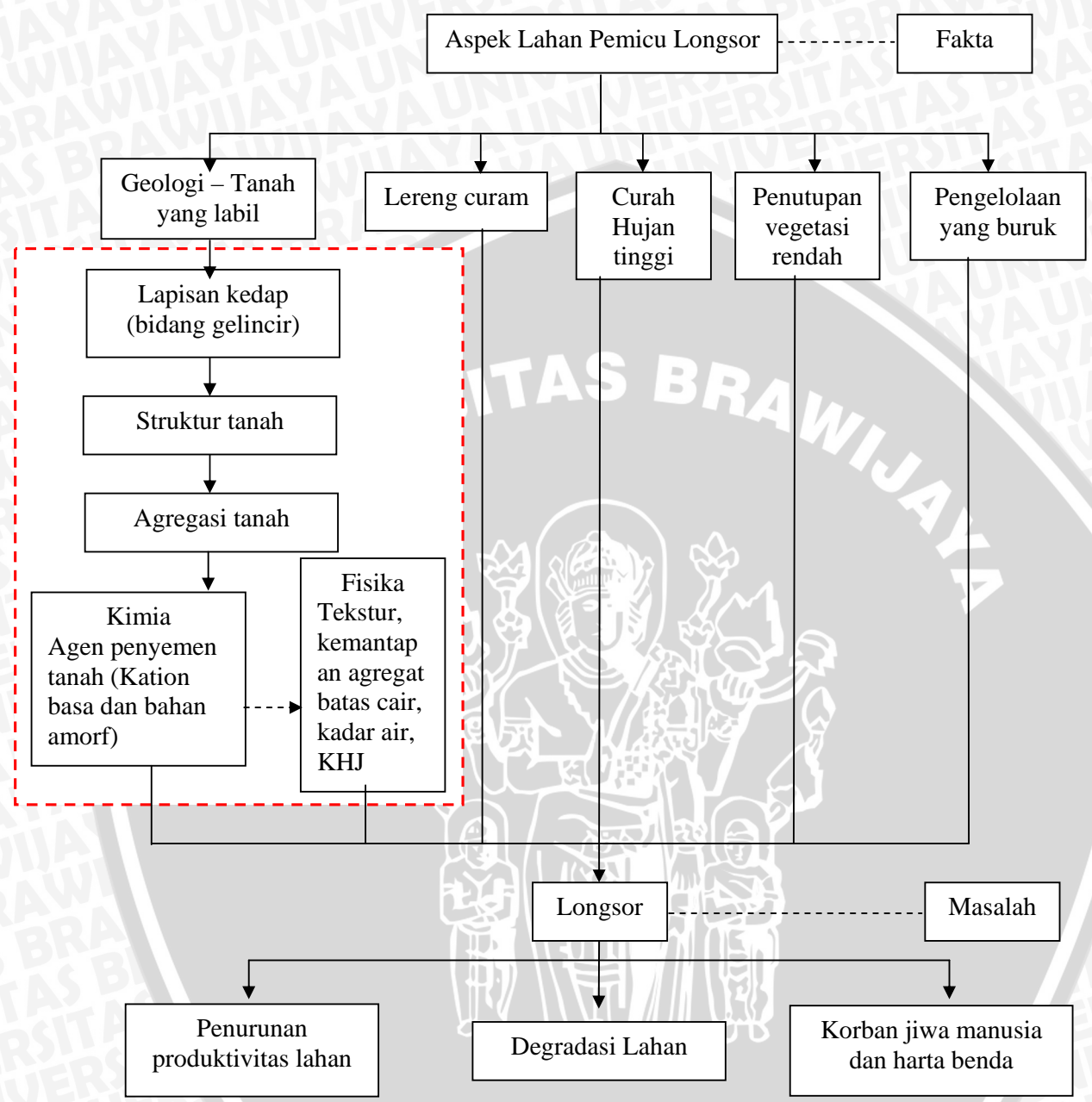
I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bumi merupakan suatu kesatuan yang saling berhubungan. Bumi akan selalu beraktivitas menuju ke arah keseimbangan, baik secara positif dan negatif. Aktivitas yang negatif salah satunya adalah longsor. Longsor ini disebabkan oleh berbagai faktor yang saling berhubungan, antara lain aktivitas manusia yang merambah hutan secara liar juga memicu kejadian longsor.

Alih guna lahan yang besar-besaran di Jawa diduga menyebabkan terjadinya banjir, dan longsor. Tanah longsor sebenarnya bukan merupakan masalah baru, khususnya di Jawa Timur seperti di DAS Brantas Hulu, DAS Kali Konto, Sub DAS Lesti, Sub DAS Amprong, dan Sub DAS Bango. Tanah longsor terjadi karena pengaruh gaya gravitasi bumi pada saat terjadi penambahan beban massa tanah, tanah tidak kuat menahannya sehingga meluncur ke bawah.

Longsor dapat diasumsikan sebagai suatu kejadian alam yang dapat diartikan sebagai salah satu bentuk erosi lapisan yang pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat dan melibatkan volume besar tanah yang meluncur diatas lapisan agak kedap air yang jenuh (Munir, 2003). Lapisan kedap air berperan sebagai bidang gelincir bagi tanah di atasnya yang sudah jenuh air. Bidang gelincir adalah lapisan tipis liat yang sangat lunak dan plastis (Hermawan dan Sudjarwo, 2006). Bidang gelincir ini juga bisa berupa suatu lapisan kedap air yang berada di bawah lapisan jenuh air (Suryolelono, 2006). Tingkat kejenuhan air tanah sangat berkaitan erat dengan besarnya kemampuan tanah dalam berinfiltrasi dan menahan atau menyimpan air. Longsor disebabkan oleh beberapa kombinasi dari faktor pemicu terutama lereng, tanah yang labil, penggunaan lahan, dan curah hujan yang tinggi (Gambar 1). Keberadaan air berkorelasi dengan iklim dalam hal ini adalah curah hujan, sedangkan faktor lereng berkaitan erat dengan bentuk lahan. Longsor pada umumnya terjadi karena tanah tidak mampu menahan beban yang ada di atasnya. Beban yang sangat besar ini dapat disebabkan oleh tingkat kejenuhan air. Tanah yang jenuh akan menambah beban pada lerengnya.



Gambar 1. Diagram alur pemikiran penelitian

Keterangan : : fokus penelitian

Hasil penelitian Jurusan Tanah Universitas Brawijaya tahun 2004 menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis longsor di DAS Brantas, yaitu longsor jalan, longsor lahan, dan longsor tebing sungai. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa pada umumnya longsor terjadi jika kemiringan lereng $> 60\%$ (Sudarto, 2004, dan Widiyanto, 2004). Potensi longsor lebih besar terjadi pada formasi Qvaw (batuan gunung api Arjuno Welirang), sehingga faktor penyebab longsor diperkirakan ada kaitannya dengan stratifikasi dan morfologi tanah (Widiyanto 2004). Penelitian yang dilakukan pada tahun 2004 dan 2005 tersebut belum mampu menjawab penyebab longsor yang sesungguhnya dan lapisan mana yang menjadi pemicu longsor. Diperkirakan ada lapisan yang berperan sebagai bidang gelincir longsor. Lapisan tanah yang menjadi bidang gelincir adalah lapisan yang terjadi penambahan konsentrasi liat atau masih baru berkembang (Bc). Lapisan ini diperkirakan kedap air sehingga menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Studi tentang besarnya longsor dan faktor-faktor lahan secara umum sudah banyak diteliti. Namun kajian tentang sifat fisiko-kimia tanah yang menyebabkan suatu lapisan menjadi kedap air sehingga menjadi bidang gelincir belum banyak diketahui. Sifat fisiko-kimia tanah ini saling berhubungan dalam proses agregasi atau pembentukan struktur yang baik yang tahan terhadap longsor. Sifat-sifat yang mempengaruhi agregasi antara lain adalah agen penyemen tanah (kation basa dan bahan amorf).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui lapisan tanah yang menjadi bidang gelincir dan pemicu bagi longsor serta tingkat potensinya terhadap longsor,
2. Mengetahui perbedaan karakteristik lapisan kedap (bidang gelincir) dengan lapisan di atasnya, dan
3. Mengetahui sifat fisiko-kimia tanah yang berpengaruh terhadap terjadinya longsor.

1.3 Rumusan Masalah

1. Apakah perbedaan sifat fisiko-kimia tanah dapat memicu terjadinya longsor ?

1.4 Hipotesa

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Lapisan yang menjadi bidang gelincir bagi longsor adalah lapisan yang paling peka atau rentan terhadap longsor,
2. Semakin tinggi kontras karakteristik lapisan kedap (bidang gelincir) dengan lapisan di atasnya maka semakin tinggi tingkat potensi longsor, dan
3. Longsor dipengaruhi oleh sifat atau kondisi agregasi tanah, dimana secara tidak langsung longsor dipengaruhi oleh faktor pembentuk agregasi (kation basa dan bahan amorf) dan faktor ini mempengaruhi sifat fisik tanah (kemantapan agregat, kadar air, KHJ, dan batas cair).

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi terkait mengenai karakteristik lapisan tanah dan sifat fisiko-kimia tanah dalam hubungannya dengan potensi kejadian longsor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Longsor

2.1.1 Pengertian Longsor

Longsor adalah 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 (Suryolelono, 2006). Longsor adalah peristiwa berpindahnya material bumi ke bawah lereng karena pengaruh gravitasi, yang menyebabkan tanah, batuan, dan vegetasi bergeser dari tempatnya. Bahan-bahan tersebut bisa runtuh, meluncur, tergelincir, menyebar, atau mungkin mengalir. Longsor bisa terjadi cepat dalam hitungan detik, tetapi bisa berlangsung dalam beberapa jam atau minggu, atau bahkan lebih lama (Suprayogo *et al.*, 2005). Tanah longsor merupakan salah satu bentuk erosi yang secara luas menghanyutkan tanah bagian atas dan bawa secara sekaligus yang dapat mencapai ratusan hingga ribuan meter kubik tanah yang hilang (Rismunandar, 1984). Menurut Gerrard (1981), tanah longsor merupakan peristiwa meluncurnya material tebing atau bidang tanah yang lerengnya sangat miring seperti batuan, tanah, bahan-bahan pengisi tanah, dan biasanya dalam jumlah sangat banyak yang terjadi pada lahan yang tidak mampu menahan lagi beban dan akan meluncur ke bawah lereng.

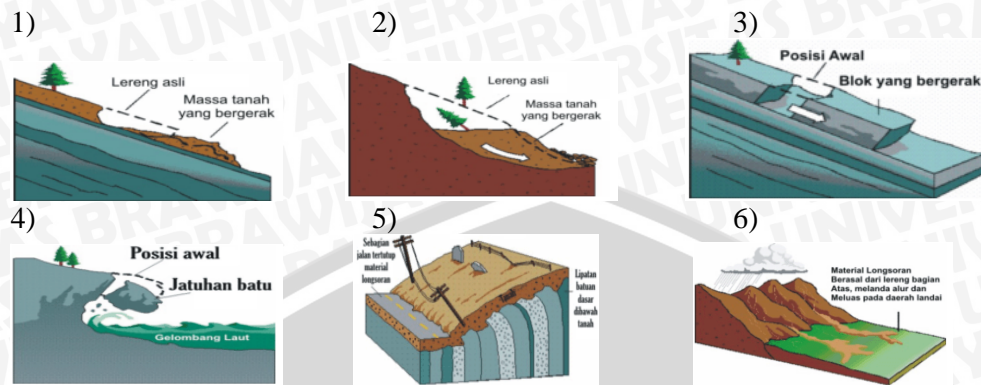
Kejadian tanah longsor sering dijumpai di tepi jalan di pegunungan yang diakibatkan oleh pemotongan bukit-bukit pada saat pembangunan jalan atau juga pada lahan miring yang penggunaan lahannya tidak sesuai dengan kelas kemampuan lahannya. Peristiwa longsor hanya terjadi di daerah perbukitan yang curam, tetapi massa yang runtuh dapat terangkut sampai bagian hilir jika terdapat aliran air yang cukup tinggi dan deras. Di kawasan pertanian dan pemukiman sering terjadi longsor dalam skala kecil yang mengakibatkan kerusakan sebagian petak lahan atau satu sampai dua bangunan rumah.

2.1.2 Macam Longsor

Ada 6 jenis tanah longsor, yakni: longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

1. **Longsor translasi** bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai. Longsor ini biasanya terjadi pada daerah berlereng dan dipicu dengan adanya bidang gelincir. Bidang gelincir yang ada biasanya rata sampai landai.
2. **Longsor rotasi** adalah bergerak-nya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Jenis longsor ini berbeda dengan longsor translasi, yang membedakan adalah bentuk bidang gelincirnya.
3. **Pergerakan blok** adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut juga longsor translasi blok batu. Pergerakan ini disebabkan karena terputusnya bagian tanah karena tidak mampu mengikat bagian yang di bawahnya.
4. **Runtuhan batu** terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.
5. **Rayapan Tanah** adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, dan rumah miring ke bawah.
6. **Aliran bahan rombakan** terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

(Tim Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2006)



Gambar 2. Macam-macam longsor : (1) longsor translasi, (2) longsor rotasi, (3) pergerakan blok, (4) runturan batu, (5) rayapan tanah, dan (6) aliran bahan bombakan

(Tim Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2006)

2.1.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya Longsor

Tanah longsor disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor, diantaranya lingkungan, geologi (tanah), dan manusia. Menurut Munir (2003) tanah longsor akan terjadi di suatu tempat, apabila tiga hal berikut telah terpenuhi, yaitu:

- Adanya lereng yang cukup curam yang memungkinkan suatu volume besar tanah meluncur atau bergerak,
- Adanya lapisan di bawah permukaan yang kedap air dan lunak, yang merupakan bidang luncur, dan
- Terdapat cukup air dalam tanah sehingga lapisan tanah yang berada tepat di atas lapisan kedap itu akan jenuh.

Menurut Hardiyatmo (2006), banyak faktor semacam kondisi-kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim, dan perubahan cuaca dapat mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor. Longsor jarang terjadi oleh satu sebab saja. Adapun sebab-sebab longsor lereng alam yang sering terjadi adalah:

- Penambahan beban pada lereng, dimana penambahan beban pada lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori-

pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah, dan beban dinamis oleh tumbuh-tumbuhan yang tertiuip angin dan lain-lain;

- b) Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng;
- c) Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng;
- d) Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai, dan lain-lain;
- e) Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral);
- f) Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain; dan
- g) Getaran atau gempa bumi.

2.2 Bidang Gelincir

Tanah longsor juga bisa terjadi akibat wilayah jenuh air dan adanya gaya gravitasi ini terjadi karena bagian bawah tanah terdapat lapisan yang licin serta kedap air dalam musim penghujan bila tanah di atasnya tertimpa hujan dan menjadi jenuh air, sebagian tanah akan bergeser ke bawah melalui lapisan kedap yang licin tersebut dan akhirnya menimbulkan longsor (Wahyunto *et al.*, 2003). Bidang gelincir adalah lapisan tipis lempung yang sangat lunak dan plastis (Hermawan dan Sudjarwo, 2006). Bidang gelincir ini juga bisa berupa suatu lapisan yang kedap air (Suryolelono, 2006). Lapisan itu terdiri dari liat atau mengandung kadar liat tinggi yang setelah jenuh air akan berperangai seperti peluncur (Munir, 2003). Namun terdapat juga bidang gelincir yang masih bisa ditembus oleh air yang hanya sedikit. Bidang gelincir inilah yang menyebabkan pergerakan/perpindahan blok tanah yang ada di atasnya.

Bidang gelincir ini pada dasarnya bisa terbentuk dari berbagai formasi batuan dan geologinya (Hermawan dan Sudjarwo, 2006). Setiap formasi batuan dan geologi akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap ada tidaknya bidang gelincir. Selain itu sifat fisik dan kimia dari tanah tersebut akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap ada atau tidaknya bidang gelincir.

Sifat kimia tanah, salah satunya agen penyemen tanah yang tidak merata dan kontinyu dalam tanah akan memberikan potensi terhadap terbentuknya bidang gelincir. Agen penyemen tanah ini juga akan berpengaruh terhadap sifat fisik tanah. Proses agregasi yang baik akan membentuk agregat tanah yang stabil dan tahan terhadap gaya rusak hujan. Sifat fisik tanah yang tidak merata dan kontinyu juga akan memberikan potensi terhadap ada atau tidaknya bidang gelincir. Ada tidaknya bidang gelincir ini merupakan salah satu faktor pemicu utama longsor yang saling berinteraksi dengan faktor-faktor yang lainnya. Sehingga keberadaannya perlu diperhatikan.

2.2.1 Hubungan Bidang Gelincir dengan Batas Cair Tanah

Batas cair adalah kandungan air tertinggi dimana tanah berubah dari fase padat menjadi fase cair (Utomo, 1985). Batas cair ini sangat berhubungan dengan batas plastis. Dimana batas plastis adalah kandungan air terendah dimana tanah masih bersifat plastis (Utomo, 1985). Kedua faktor ini saling berinteraksi dan menjadi sifat konsistensi tanah. Hillel (1998) menyatakan bahwa setiap tekstur tanah yang berbeda akan memiliki batas cair yang berbeda. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tekstur debu dan liat akan memiliki batas cair yang berbeda.

Pada dasarnya batas cair yang berbeda pada setiap lapisan tanah akan memberikan potensi yang berbeda-beda pada terbentuknya lapisan bidang gelincir. Batas cair ini juga akan dipengaruhi oleh jumlah pori-pori tanah. Porositas tanah dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dalam tanah, struktur tanah dan tekstur tanah (Hardjowigeno, 2003). Dimana tanah yang memiliki porositas yang lebih banyak akan memiliki batas cair yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang memiliki porositas yang lebih sedikit. Sifat batas cair ini juga akan dipengaruhi oleh sifat kimia tanah (agen penyemen tanah) yang pada akhirnya akan berpengaruh pada sifat fisik tanah. Lapisan yang memiliki batas cair yang lebih tinggi daripada lapisan yang di atasnya akan berpotensi menjadi bidang gelincir. Karena bisa diartikan longsor terjadi di atas bidang gelincir dan tanah telah berubah menjadi fase cair sehingga tanah menjadi jatuh. Sehingga dapat diartikan tanah akan lebih tahan terhadap longsor apabila memiliki batas cair yang merata dalam suatu penampang tanah.

2.3 Hubungan Sifat Fisiko-Kimia Tanah dengan Longsor

Pada dasarnya sifat fisik tanah akan sangat dipengaruhi oleh sifat dasar kimia dari tanah tersebut. Dimana sifat kimia yang mempengaruhi sifat fisik tanah itu antara lain adalah agen penyemen tanah, (Santoso, 1993). Beberapa dari agen penyemen tanah itu adalah kation basa (Ca, Mg, Na, dan K) dan bahan amorf. Agen penyemen tanah ini akan mengikat partikel-partikel tanah yang lain dan pada akhirnya akan membentuk partikel tanah yang lain (Santoso, 1986). Keberadaan bahan amorf sangat berpengaruh terhadap sifat fisiknya, seperti kemantapan agregat. Sehingga agen penyemen tanah ini berperan dalam agregasi tanah atau pembentukan struktur tanah, dimana struktur tanah yang mantap akan tahan terhadap longsor. Struktur tanah disini akan mempengaruhi sifat fisik tanah, antara lain batas cair, kadar air, KHJ, dan kemantapan agregat.

Struktur tanah yang kuat atau mantap akan lebih tahan terhadap longsor daripada struktur tanah yang kurang mantap. Namun apabila perbedaan struktur yang terlalu jauh atau kontras akan menyebabkan terbentuknya bidang gelincir bagi longsor, dimana adanya bidang gelincir akan meningkatkan potensi longsor pada suatu lahan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemerataan jumlah agen penyemen tanah akan membentuk struktur yang mantap secara merata sehingga dapat tahan terhadap longsor.



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kotamadya Batu (DAS Brantas hulu) dan daerah Malang Timur yaitu Desa Kemiri Kec. Jabung Kab. Malang yang terjadi longsor lahan. Secara umum kedua daerah ini memiliki karakteristik yang berbeda. Kotif Batu didominasi geologi Qvaw (batuan gunung api Arjuno Welirang), Qpat (batuan gunung api Anjasmoro Tua), bertekstur debu, dan telah banyak terjadi konversi lahan dari hutan menjadi pemukiman dan pertanian intensif. Kecamatan Jabung didominasi geologi Qvt (batuan gunung api Tengger Tua), bertekstur liat dan lebih sedikit terjadi konversi hutan menjadi pemukiman dan pertanian intensif. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Maret 2007, untuk tahap persiapan, survei lapangan pada bulan April hingga Mei 2007, untuk tahap analisa data dan pelaporan dilakukan pada bulan Juni hingga September 2007.

3.2 Metode Penelitian

Langkah awal pelaksanaan penelitian ini adalah melakukan seleksi lokasi pengambilan sampel tanah berupa titik longsor yang ada di Kota Administratif Batu yang bertekstur debu dan Kecamatan Jabung yang bertekstur liat. Hal ini bertujuan untuk membandingkan potensi longsor pada dua tekstur yang berbeda. Pada kedua lokasi tersebut dilakukan survey awal. Survey awal ini bertujuan mencari lokasi yang terjadi longsor lahan. Pada keempat titik longsor dilakukan identifikasi lahan yang meliputi deskripsi profil dan identifikasi lingkungan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui horison tanah dan kondisi lingkungan pada lokasi titik longsor. Pada deskripsi profil dilakukan deskripsi tanah dan pengambilan sampel yang meliputi sampel untuk analisis laboratorium dan sampel boks. Tahapan terakhir adalah studi pendugaan bidang peka longsor. Hal ini meliputi penjenahan tanah dan simulasi longsor. Diagram alur metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alur metode penelitian

3.2.1 Penentuan Lokasi Longsor

Tahapan selanjutnya adalah mencari titik longsor lahan yang terjadi pada dua daerah tersebut, masing-masing dua titik sebagai perbandingan. Pertimbangan titik longsor yang dapat dijadikan lokasi penelitian adalah:

- Aksesibilitas yang mudah,
- Kemungkinan pengambilan sampel dalam jumlah besar,
- Karakteristik lahan, dan
- Tekstur yang berbeda pada dua daerah penelitian.



Gambar 4. Contoh longsor

3.2.2 Deskripsi Tanah dan Lahan

Tahapan selanjutnya adalah dilakukan deskripsi tanah dan lahan. Deskripsi tanah dilakukan untuk mengetahui stratifikasi tanah untuk pengambilan sampel boks. Deskripsi lahan dilakukan untuk melengkapi data yang meliputi kelas lereng, penggunaan lahan dan sejarahnya. Kedua data ini pada akhirnya nanti akan digunakan sebagai data sekunder dan pertimbangan analisis hasil.



Lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir

Gambar 5. Contoh lapisan yang diduga sebagai bidang gelincir

3.2.3 Pengambilan Sampel Tanah

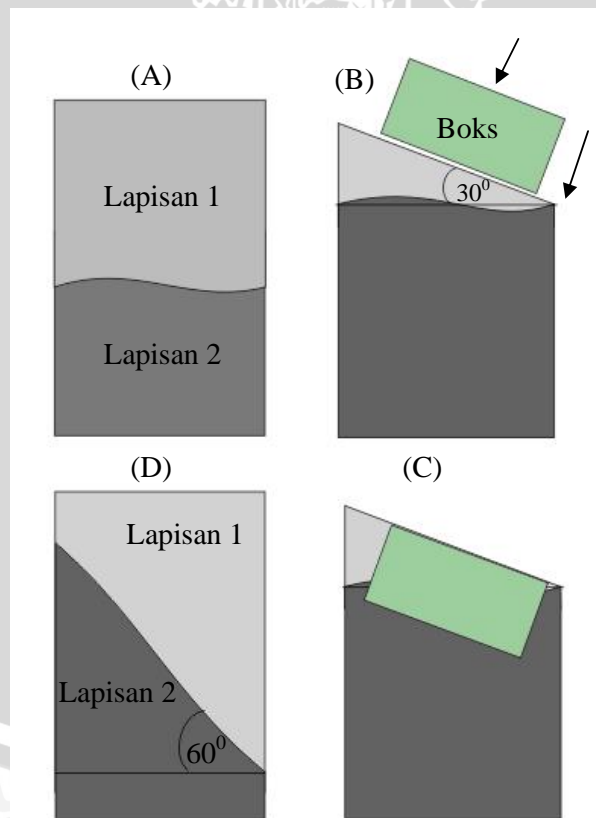
3.2.3.1 Sampel Fisika dan Kimia Tanah

Pengambilan sampel tanah utuh dan terganggu dilakukan setelah dilakukan deskripsi profil dan diambil pada setiap lapisan. Secara umum tahapan ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

- Pengambilan sampel tanah utuh
 - Ring besar : untuk analisis KHJ tanah, dan
 - Ring kecil : untuk analisis kadar air tanah.
- Pengambilan sampel tanah terganggu
 - Sampel terganggu ini diambil untuk analisis tekstur, batas cair, kemandapan agregat, dan agen penyemen tanah.

3.2.3.2 Sampel Boks

Tahap ini merupakan tahap utama dari penelitian ini. Berdasarkan hasil deskripsi tanah diambil sampel boks pada tiap batas lapisan tanah, misalnya lapisan 1-2, 2-3 dan seterusnya sampai lapisan yang paling bawah, masing-masing satu kali pengambilan. Pengambilan boks dilakukan sedemikian rupa sehingga posisi batas lapisan mempunyai kemiringan lereng 60° . Kemiringan lereng dibuat 60° karena berdasarkan hasil penelitian Jurusan Tanah tahun 2004 diketahui bahwa pada umumnya longsor terjadi jika kemiringan $> 60\%$ (Sudarto, 2004, dan Widiyanto, 2004). Selain itu Mustikaningrum (2006) menyebutkan bahwa longsor yang terjadi pada kemiringan $60^\circ - 75^\circ$ pada semua jenis longsor lereng kritis dan mudah terjadi longsor. Perlakuan kemiringan lereng ini bertujuan agar saat boks ditegakkan pada perlakuan simulasi longsor batas lapisan tanah di dalam boks sudah dalam keadaan miring.

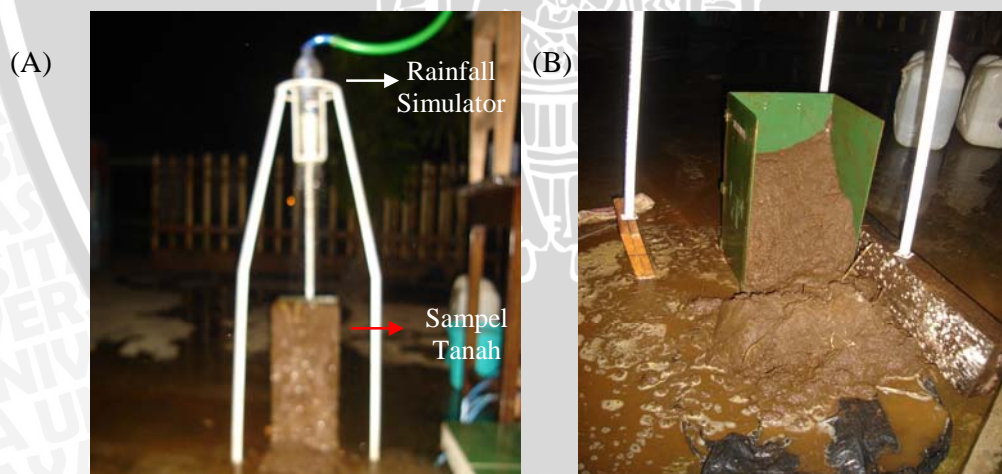


Gambar 6. Proses pengambilan sampel boks : (A) lapisan tanah, (B) boks dimasukkan ke tanah, (C) boks yang sudah masuk, dan (D) sampel tanah pada boks tampak samping.

3.2.4 Simulasi Kejadian Longsor di Lapangan

Tahapan ini dilakukan untuk mengukur lama waktu yang dibutuhkan tanah untuk mengalami longsor. Waktu ini dapat diketahui dengan cara penjuhan tanah dan simulasi longsor. Penjuhan dilakukan dengan asumsi bahwa kejadian longsor terjadi setelah tanah jenuh air dan untuk mempersingkat waktu simulasi longsor. Metode yang digunakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk penjuhan masing-masing sampel tanah adalah dengan pengamatan di lapangan menggunakan *Rainfall Simulator*. Penjuhan ini dilakukan dengan intensitas 70 mm/jam. Metode ini akan dapat mengetahui lama waktu penjuhan masing-masing lapisan tanah.

Tahapan selanjutnya adalah simulasi longsor. Metode yang digunakan adalah dengan memberikan hujan buatan dari *Rainfall Simulator* pada sampel boks. Intensitas hujan yang digunakan adalah 70 mm/jam. Pemilihan intensitas hujan mengacu pada Suprayogo *et al.*, (2005) dua tipe hujan pemicu longsor di Indonesia yaitu tipe hujan deras (50-70 mm/hari) dan tipe hujan normal yang berlangsung lama. Simulasi longsor dilakukan sampai sampel tanah pada boks mengalami longsor. Tahapan simulasi longsor akan dapat mengetahui lama waktu yang dibutuhkan sampel boks mengalami longsor setelah jenuh air.



Gambar 7. Simulasi Kejadian Longsor di Lapangan : (A) proses simulasi longsor, dan (B) sampel yang telah mengalami longsor.

3.2.5 Analisis laboratorium

Tahap ini dilakukan setelah didapat sampel tanah dari lapang yang meliputi sampel tanah terganggu (untuk analisis kimia tanah), dan sampel ring blok (untuk analisis fisika tanah). Tahap ini dibagi menjadi 2, yaitu:

a. Analisis kimia tanah

Pada analisis kimia tanah ini dilakukan analisis yang agen penyemen tanah yang meliputi kation basa (Ca, Mg, K, dan Na) dan bahan amorf (Al, Si, dan Fe terekstrak dalam oksalat sebagai penduga bahan amorf)

b. Analisis fisika tanah

Analisis fisika tanah ini dilakukan untuk mendukung data dari simulasi kejadian longsor di lapangan. Hal ini bertujuan untuk menguatkan perkiraan lapisan yang menjadi bidang gelincir yang didasarkan pada data-data analisis sifat fisik tanah. Jenis analisis fisika tanah yang dilakukan beserta metodenya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis analisis fisika tanah dan metodenya

Jenis analisis	Metode analisis
Tekstur tanah	Metode pipet
Konduktivitas Hidrolik Jenuh	Konstan head
Kadar air tanah	pF
Batas cair	Metode atterberg
Kemantapan agregat	Ayakan basah

3.2.6 Pengolahan Data dan Pelaporan

Pengolahan data dilakukan setelah memperoleh data dari pengamatan lapangan tentang hasil dari identifikasi longsor, pengukuran kecepatan kejadian longsor serta data hasil analisis laboratorium. Data-data ini meliputi data primer dan sekunder. Data sekunder meliputi data yang didapat dari penelitian mahasiswa yang tergabung dalam satu tim penelitian ini.

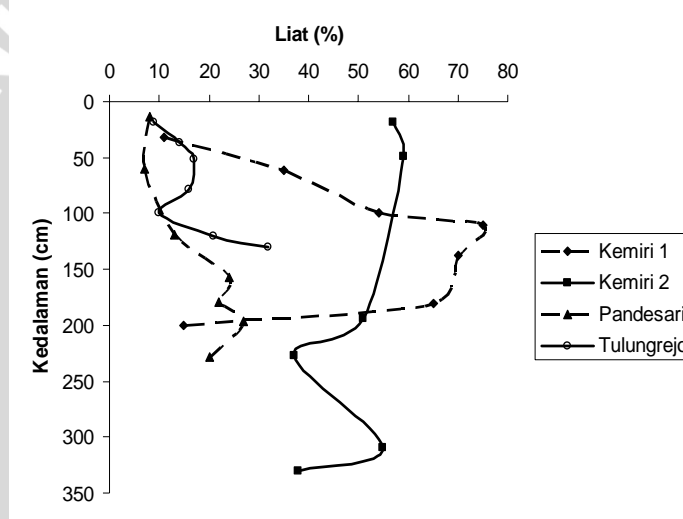
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Sifat Tanah

4.1.1 Sifat Fisik Tanah

a. Tekstur

Secara umum keempat lokasi memiliki tekstur yang berbeda. Lokasi penelitian Kemiri 1 dan 2 didominasi oleh fraksi liat, sedangkan lokasi Pandesari dan Tulungrejo didominasi oleh fraksi debu. Persentase liat pada keempat lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 8.



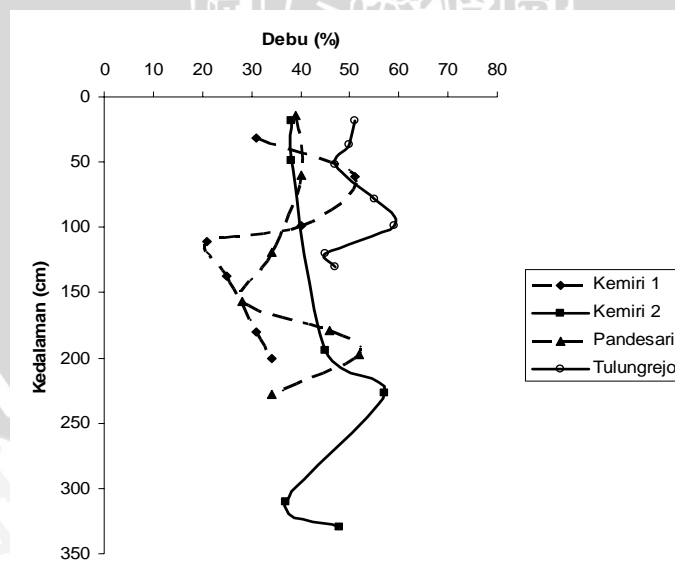
Gambar 8. Persentase liat pada keempat lokasi penelitian

Lokasi Kemiri 1 didominasi oleh fraksi liat. Secara umum persentase liat pada lokasi ini polanya tidak teratur. Pada lapisan 1-2, 2-3, 3-4 terdapat peningkatan persentase yang besar, yaitu sebesar 24, 19, dan 21 %. Potensi terbesar terbentuknya bidang gelincir terdapat pada lapisan 1-2. Hal ini diperkuat dengan adanya lapisan olah tanaman pada lapisan 1 sehingga tanahnya gembur, sedangkan lapisan 2 lebih padat karena memiliki persentase liat yang lebih tinggi. Pada lokasi Kemiri 2 terjadi fluktuasi persentase fraksi liat per lapisan tanah. Pada lapisan 4-5 terdapat peningkatan persentase liat terbesar, yaitu sebesar 18 %. Hal ini diperkuat dengan deskripsi profil di lapangan yang menunjukkan adanya *clay*

coating pada lapisan 2, 3, 4, dan 5 yang menandakan adanya proses *iluviasi* liat. Sehingga pada lokasi ini memiliki horison argilik. Lapisan 4-5 memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Lokasi penelitian Pandesari memiliki perbedaan yang mencolok dengan lokasi Kemiri 1 dan 2 yang didominasi oleh fraksi pasir dan debu. Lokasi ini memiliki persentase liat terendah. Peningkatan persentase liat terbesarnya adalah 11 % pada lapisan 3-4. Secara umum lokasi ini memiliki persentase liat yang rendah, yaitu berkisar antara 7-27 %. Lapisan 3-4 pada lokasi ini dengan peningkatan persentase liat terbesar memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor. Lokasi Tulungrejo memiliki persentase liat yang lebih besar dari Pandesari. Peningkatan terbesarnya adalah 11 % pada lapisan 6-7. Hal ini menandakan bahwa lapisan ini memiliki potensi terbesar untuk menjadi bidang gelincir bagi longsor. Peningkatan fraksi liat yang mencolok akan memberikan potensi pembentukan lapisan padat yang sulit dilalui oleh air.

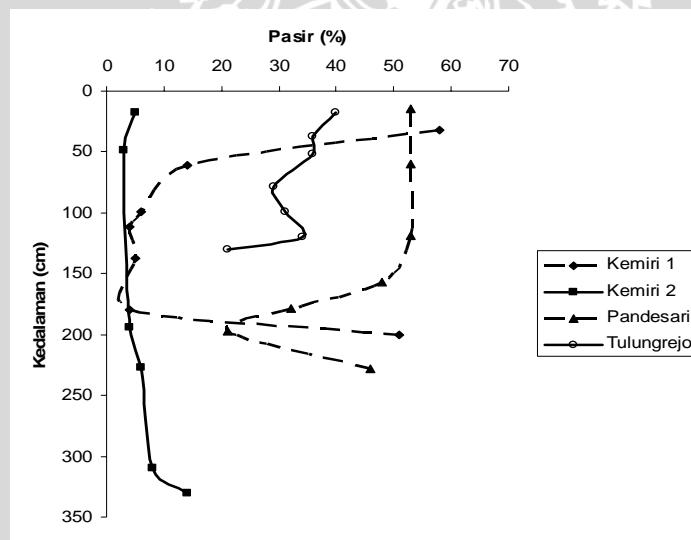
Persentase debu pada keempat lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 9. Dominasi fraksi debu tertinggi terdapat pada lokasi Tulungrejo. Pada lokasi ini persentase debunya hampir 50 % pada seluruh penampang profilnya. Lokasi Pandesari memiliki persentase debu tertinggi kedua setelah Tulungrejo.



Gambar 9. Persentase debu pada keempat lokasi penelitian

Pada lokasi Kemiri 1 dan 2 terdapat fluktuasi persentase debu pada seluruh penampang profilnya. Kedua lokasi ini memiliki persentase debu terendah dibandingkan dengan Pandesari dan Tulungrejo. Persentase debu yang semakin tinggi menyebabkan tanah semakin cepat jenuh. Lapisan yang cepat jenuh karena persentase debu yang merata akan mengurangi potensi pembentukan bidang gelincir yang sulit dilalui oleh air.

Persentase pasir pada keempat lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 10. Lokasi Kemiri 1 memiliki persentase pasir yang fluktuatif per lapisan tanah. Lapisan 1 yang merupakan lapisan olah tanah memiliki persentase tertinggi. Pada lapisan 7 persentase pasir meningkat sebesar 47 %. Hal ini dikarenakan lapisan ini merupakan lapisan Bc. Kemiri 2 memiliki persentase pasir terendah jika dibandingkan dengan ketiga lokasi lainnya. Pada lokasi ini persentase pasirnya hanya berkisar antara 3-14 % pada selurung penampang profilnya. Hal ini dikarenakan oleh dominasi fraksi liat pada lokasi ini.



Gambar 10. Persentase pasir pada keempat lokasi penelitian

Lokasi Pandesari memiliki persentase pasir tertinggi, terutama lapisan 1-3 yang lebih dari 50 %. Pada lokasi Tulungrejo persentase pasirnya berkisar antara 21-40 %. Secara umum persentase pasir pada lokasi ini menurun seiring dengan kedalaman tanah. Dominasi fraksi pasir akan memberikan efek jumlah pori makro

yang semakin tinggi sehingga dapat meloloskan air. Tanah yang cepat jenuh dan terdapat lapisan yang lebih padat di bawahnya akan dapat memicu cepatnya terjadi longsor karena terdapat bidang gelincir di bawahnya.

Berdasarkan perbedaan persentase liat, debu, dan pasir lokasi Kemiri 1 memiliki potensi longsor terbesar karena memiliki bidang gelincir yang dangkal, yaitu 32 cm. Kemudian disusul oleh lokasi Pandesari (119 cm) dan Tulungrejo (120 cm). Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi longsor terendah karena memiliki bidang gelincir yang dalam, yaitu 227 cm (Tabel 2).

Tabel 2. Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan persentase liat, debu, dan pasir

Lokasi	Kedalaman bidang gelincir	Lapisan	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)
Kemiri 1	Lapisan 1-2 (32 cm)	1	58	31	11
		2	14	51	35
Kemiri 2	Lapisan 4-5 (227 cm)	4	6	57	37
		5	8	37	55
Pandesari	Lapisan 3-4 (119 cm)	3	53	34	13
		4	48	28	24
Tulungrejo	Lapisan 6-7 (120 cm)	6	34	45	21
		7	21	47	32

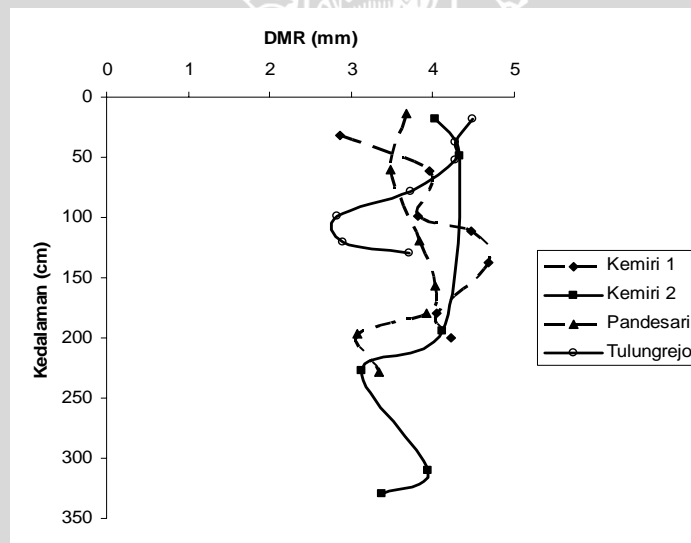
b. Kemantapan Agregat

Secara umum keempat lokasi penelitian memiliki indeks DMR yang hampir sama, yaitu berkisar antara 2.83-4.68 mm. Nilai ini termasuk dalam kategori sangat stabil sekali. Namun perbedaan yang cukup mencolok akan membentuk lapisan padat yang berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Lokasi Kemiri 1 yang didominasi oleh fraksi liat memiliki indeks DMR yang fluktuatif per lapisannya (Gambar 11). Pada lapisan 3-4 terjadi peningkatan indeks DMR yang cukup tinggi, yaitu 0.66 mm. Peningkatan yang cukup tinggi ini akan berpotensi menjadi bidang bidang gelincir bagi longsor. Lapisan 3-4 memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor. Kemiri 2 memiliki indeks DMR yang hampir sama dengan Kemiri 1. Pada lapisan 4-5 terjadi peningkatan indeks DMR yang cukup tinggi, yaitu 0.72 mm (Gambar 11). Peningkatan yang cukup tinggi ini akan berpotensi menjadi bidang bidang gelincir bagi longsor. Hal ini didukung dengan peningkatan persentase liat pada lapisan 5

sebesar 18 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapisan 4-5 memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor pada lokasi ini.

Secara umum indeks DMR pada lokasi Pandesari tidak memiliki pola, dimana terjadi penurunan dan peningkatan yang fluktuatif (Gambar 11). Lokasi ini memiliki kisaran indeks DMR terendah jika dibandingkan dengan ketiga lokasi lainnya. Pada lapisan 2-3 dan 6-7 terdapat peningkatan indeks DMR yang cukup besar, yaitu 0.36 dan 0.26 mm. Lapisan 2-3 dengan peningkatan indeks DMR tertinggi memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor. Pada lokasi Tulungrejo indeks DMR mengalami fluktuasi per lapisannya (Gambar 11). Pada lapisan 6-7 terdapat peningkatan indeks DMR yang besar, yaitu 0.81 mm. Hal ini menandakan bahwa lapisan 6-7 memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor.



Gambar 11. Indeks DMR pada keempat lokasi penelitian

Berdasarkan perbedaan indeks DMR lokasi Pandesari memiliki potensi kejadian longsor terbesar karena memiliki letak bidang gelincir yang dangkal, yaitu 60 cm. Kemudian disusul lokasi Kemiri 1 (99 cm) dan Tulungrejo (120 cm). Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi kejadian longsor yang terkecil karena memiliki letak bidang gelincir yang dalam, yaitu 227 cm (Tabel 3).

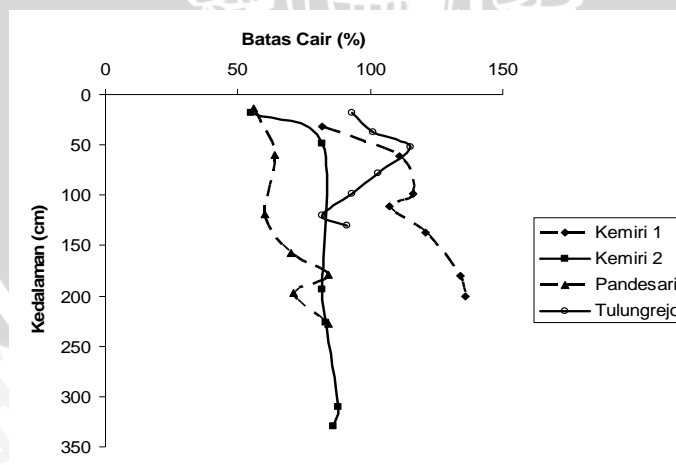
Tabel 3. Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan indeks DMR

Lokasi	Kedalaman bidang gelincir	Lapisan	DMR (mm)
Kemiri 1	Lapisan 3-4 (99 cm)	3	3.81
		4	4.47
Kemiri 2	Lapisan 4-5 (227 cm)	4	3.12
		5	3.94
Pandesari	Lapisan 2-3 (60 cm)	2	3.48
		3	3.83
Tulungrejo	Lapisan 6-7 (120 cm)	6	2.9
		7	3.71

c. Kapasitas Menahan Air

1. Batas Cair

Batas cair adalah kandungan air tertinggi dimana tanah berubah dari fase padat menjadi fase cair (Utomo, 1985). Semakin tinggi batas cairnya akan semakin lama menjadi fase cair. Batas cair dipengaruhi oleh tekstur tanah dan porositasnya. Semakin tinggi porositasnya akan memiliki nilai batas cair yang semakin tinggi. Nilai batas cair yang semakin tinggi akan lebih tahan terhadap longsor. Hal ini dikarenakan tanah membutuhkan waktu yang lebih lama dan jumlah air yang lebih banyak untuk berubah menjadi fase cair dan terjadi longsor. Namun perbedaan batas cair yang tinggi akan berpotensi menjadi bidang gelincir. Nilai batas cair pada keempat lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Nilai batas cair pada keempat lokasi penelitian

Lokasi Kemiri 1 memiliki nilai batas cair yang meningkat dan menurun secara fluktuatif. Pada lapisan 3-4 terdapat penurunan nilai batas cair tanah. Sedangkan pada lapisan 1-2 terdapat peningkatan nilai batas cair yang tinggi, yaitu sebesar 29 %. Hal ini menandakan lapisan 1 lebih cepat jenuh dan cepat menjadi fase cair jika dibandingkan lapisan 2 yang membutuhkan waktu yang lebih lama. Lapisan 2 yang memiliki nilai batas cair lebih tinggi akan berpotensi menjadi bidang gelincir.

Secara umum lokasi Kemiri 2 memiliki nilai batas cair yang relatif sama pada seluruh penampang profilnya, yaitu berkisar antara 55-88 %. Namun pada lapisan 1-2 terdapat peningkatan nilai batas cair yang tinggi, yaitu sebesar 27 %. Lapisan 1 akan lebih cepat menjadi jenuh dan menjadi cair dibandingkan dengan lapisan 2. Hal ini menyebabkan lapisan 2 berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Lokasi penelitian Pandesari memiliki kisaran nilai batas cair terendah jika dibandingkan dengan ketiga lokasi penelitian lainnya. Secara umum nilai batas cair pada lokasi ini mengalami penurunan dan peningkatan yang fluktuatif. Pada lapisan 4-5 terdapat peningkatan nilai batas cair yang cukup tinggi, yaitu sebesar 14 %. Lapisan 5 yang memiliki nilai batas cair lebih tinggi akan berpotensi menjadi bidang gelincir. Hal ini dikarenakan lapisan 5 membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menjadi cair. Lokasi penelitian Tulungrejo memiliki kisaran nilai batas cair tertinggi kedua setelah lokasi Kemiri 1. Secara umum nilai batas cair pada lokasi ini mengalami penurunan dan peningkatan yang fluktuatif. Peningkatan nilai batas cair tertingginya adalah 14 % pada lapisan 2-3. Hal ini menandakan bahwa lapisan ini berpotensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor.

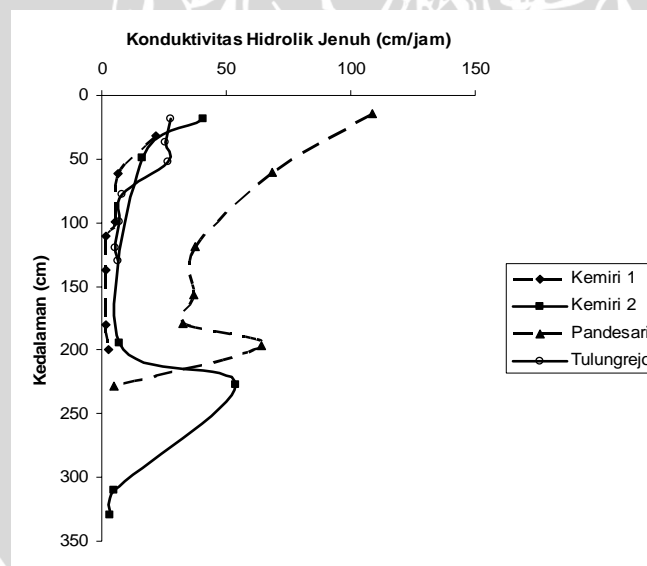
Berdasarkan perbedaan nilai batas cair lokasi Kemiri 2 memiliki potensi kejadian longsor terbesar karena memiliki letak bidang gelincir yang dangkal, yaitu 18 cm. Kemudian disusul lokasi Kemiri 1 (32 cm) dan Tulungrejo (37 cm). Lokasi Pandesari memiliki potensi kejadian longsor yang terkecil karena memiliki letak bidang gelincir yang dalam, yaitu 157 cm (Tabel 4).

Tabel 4. Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan batas cair

Lokasi	Kedalaman bidang gelincir	Lapisan	Batas cair (%)
Kemiri 1	Lapisan 1-2 (32 cm)	1	82
		2	111
Kemiri 2	Lapisan 1-2 (18 cm)	1	55
		2	82
Pandesari	Lapisan 4-5 (157 cm)	4	70
		5	84
Tulungrejo	Lapisan 2-3 (37 cm)	2	101
		3	115

2. Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ)

Konduktivitas Hidrolik Jenuh yang untuk selanjutnya akan disebut KHJ merupakan kemampuan tanah mengalirkan air pada saat jenuh. Nilai KHJ yang semakin tinggi berarti semakin mudah mengalirkan air, sedangkan nilai KHJ yang semakin rendah berarti semakin sulit mengalirkan air pada saat jenuh. Nilai KHJ pada keempat lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Nilai KHJ tanah pada keempat lokasi penelitian

Secara umum nilai Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) tanah pada lokasi Kemiri 1 mengalami penurunan seiring dengan kedalaman tanah. Pada lapisan 1-2 dan 3-4 terjadi penurunan nilai KHJ yang cukup tinggi, masing-masing sebesar

15.01 dan 3.71 cm/jam. Seiring dengan peningkatan persentase liat menyebabkan meningkatnya pori mikro tanah. Pori mikro tanah yang sudah jenuh akan lebih sulit dilalui oleh air dibandingkan dengan pori makro tanah. Hal ini dikarenakan kecilnya ukuran pori yang harus dilalui oleh air. Soepardi (1983) menyebutkan bahwa tanah pasir memiliki daya hantar air yang lebih besar daripada tanah liat dengan dominasi pori mikronya. Berdasarkan penurunan nilai KHJ tersebut maka lapisan 1-2 memiliki potensi terbesar untuk menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Lokasi Kemiri 2 memiliki kisaran nilai KHJ yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 3.32 - 53.58 cm/jam. Hal ini disebabkan pada lokasi ini terdapat rekahan-rekahan sebesar 1-10 mm, sehingga memudahkan mengalirkan air ke bawah. Pada lapisan 4-5 terdapat penurunan nilai KHJ yang terbesar, yaitu sebesar 48.54 cm/jam. Hal ini menandakan bahwa lapisan 4-5 berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor karena aliran air dari lapisan atas tertahan pada lapisan 5.

Lokasi Pandesari memiliki kisaran nilai KHJ tertinggi jika dibandingkan dengan ketiga lokasi lainnya. Hal ini dikarenakan adanya dominasi fraksi debu dan pasir sehingga sangat mudah meloloskan air. Pada lapisan 6-7 terdapat penurunan nilai KHJ tanah yang besar, yaitu sebesar 59.6 cm/jam. Penurunan yang cukup jauh ini menyebabkan aliran air tertahan pada lapisan 7, sehingga lapisan 7 berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Secara umum lokasi penelitian Tulungrejo memiliki nilai KHJ tanah yang menurun seiring dengan kedalaman tanah. Hal ini didukung dengan semakin tingginya persentase fraksi liat pada lapisan bawah. Nilai KHJ yang relatif tinggi terjadi pada lapisan 1 sampai 3, sedangkan yang relatif rendah terjadi pada lapisan 4 sampai 7. Pada lapisan 3-4 terjadi penurunan nilai KHJ tanah yang cukup tinggi, yaitu sebesar 18.15 cm/jam. Hal ini menunjukkan bahwa aliran air jenuh dari lapisan 3 akan tertahan pada lapisan 4 sehingga berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor.

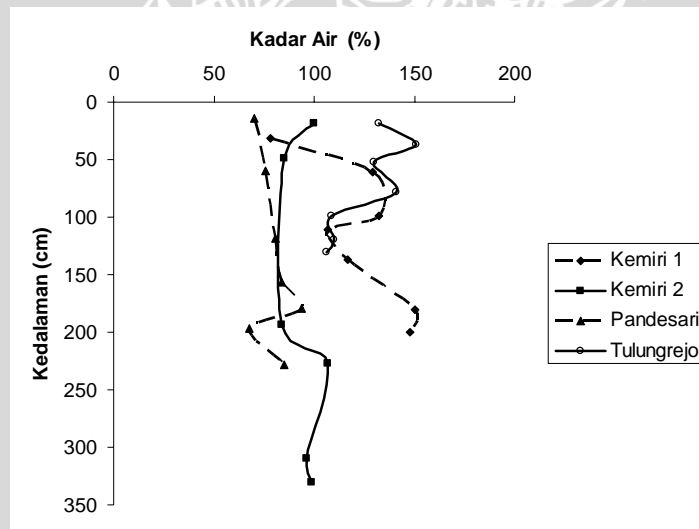
Berdasarkan perbedaan nilai KHJ tanah lokasi Kemiri 1 memiliki potensi kejadian longsor terbesar karena memiliki letak bidang gelincir yang dangkal (32 cm). Kemudian disusul lokasi Tulungrejo (52 cm) dan Pandesari (197 cm). Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi kejadian longsor yang terkecil karena memiliki letak bidang gelincir yang dalam (227 cm) (Tabel 5).

Tabel 5. Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan KHJ

Lokasi	Kedalaman bidang gelincir	Lapisan	Konduktivitas Hidrolik Jenuh (cm/jam)
Kemiri 1	Lapisan 1-2 (32 cm)	1	21.54
		2	6.53
Kemiri 2	Lapisan 4-5 (227 cm)	4	53.58
		5	5.04
Pandesarı	Lapisan 6-7 (197 cm)	6	64.23
		7	4.63
Tulungrejo	Lapisan 3-4 (52 cm)	3	26.87
		4	8.36

3. Kemampuan Maksimal Menahan Air

Kemampuan maksimal menahan air adalah kadar air pada tekanan pF 0. Pada keadaan ini seluruh pori-pori tanah terisi oleh air. Kadar air yang terkandung merupakan jumlah air maksimal yang dapat ditahan oleh tanah tersebut. Nilai kadar air maksimal pada keempat lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 14.



Gambar 14. Nilai kadar air maksimal tanah pada keempat lokasi penelitian

Lokasi Kemiri 1 memiliki nilai kadar air maksimal yang cenderung fluktuatif. Pada lapisan 1-2 terjadi peningkatan kadar air maksimal yang tinggi sebesar 51 %. Hal ini menandakan lapisan 2 membutuhkan waktu yang lebih lama dan jumlah air yang lebih banyak untuk mencapai jenuh sehingga berpotensi

menjadi bidang gelincir bagi longsor. Lapisan 1 akan cepat jenuh dan menambah baban pada lapisan 2. Lokasi Kemiri 2 memiliki nilai kadar air maksimal yang cenderung fluktuatif pada seluruh penampang profilnya. Penurunan terjadi dari lapisan 1 sampai 3. Pada lapisan 3-4 terjadi peningkatan nilai kadar air maksimal sebesar 23 %. Hal ini menandakan bahwa lapisan ini memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor.

Lokasi Pandesari memiliki kisaran nilai kadar air maksimal terendah dibandingkan dengan ketiga lokasi lainnya. Secara umum lokasi ini memiliki nilai kadar air maksimal yang cenderung fluktuatif. Pada lapisan 6-7 terdapat peningkatan kadar air maksimal sebesar 17 %. Lapisan 7 akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan jumlah air yang lebih banyak dibandingkan lapisan 6. Hal ini menandakan bahwa lapisan ini memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor. Lokasi Tulungrejo memiliki nilai kisaran kadar air maksimal yang cukup tinggi. Nilai kadar air maksimal pada lokasi ini cenderung fluktuatif pada seluruh penampang profilnya. Pada lapisan 1-2 terdapat peningkatan kadar air maksimal sebesar 19 %. Hal ini menandakan bahwa lapisan ini memiliki potensi terbesar menjadi bidang gelincir bagi longsor. Soepardi (1983) menyatakan bahwa keberadaan fraksi liat akan meningkatkan nilai kapasitas maksimal menahan air. Pori-pori mikro liat akan mampu menahan air lebih banyak. Namun, tanah Andisol dengan kandungan bahan amorf tinggi akan meningkatkan nilai kapasitas maksimal menahan air. Agustina (2004) menyatakan bahwa kandungan bahan amorf yang tinggi pada Andisol akan meningkatkan kapasitas maksimal menahan airnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keberadaan fraksi liat tidak selalu meningkatkan kapasitas maksimal menahan air terutama pada tanah Andisol dengan dominasi fraksi debu.

Berdasarkan perbedaan nilai kadar air maksimal lokasi Tulungrejo memiliki potensi kejadian longsor terbesar karena memiliki letak bidang gelincir yang dangkal, yaitu 18 cm. Kemudian disusul lokasi Kemiri 1 (32 cm) dan Kemiri 2 (194 cm). Lokasi Pandesari memiliki potensi kejadian longsor yang terkecil karena memiliki letak bidang gelincir yang dalam, yaitu 197 cm (Tabel 6).

Tabel 6. Kedalaman bidang gelincir berdasarkan perbedaan kadar air maksimal

Lokasi	Kedalaman bidang gelincir	Lapisan	Kadar air maksimal (%)
Kemiri 1	Lapisan 1-2 (32 cm)	1	78
		2	129
Kemiri 2	Lapisan 3-4 (194 cm)	3	84
		4	107
Pandesari	Lapisan 6-7 (197 cm)	6	68
		7	85
Tulungrejo	Lapisan 1-2 (18 cm)	1	132
		2	151

4.1.2 Agen Penyemen Tanah

a. Kation Calsium, Magnesium, dan Kalium Dapat Ditukar

Agregasi merupakan proses penggumpalan partikel penyusun tanah. Banyak faktor yang mempengaruhi proses agregasi, meliputi aspek fisika, biologi, dan kimia tanah. Pada aspek kimia sementasi agregasi banyak dibantu oleh kation-kation basa. Sebagai contoh adalah Calsium, Magnesium, dan Kalium yang untuk selanjutnya disebut Ca, Mg, dan K. Kation Ca dan Mg yang merupakan kation divalen memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada kation K yang monovalen. Kation polyvalen seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan dijerap kuat dan menetralkan muatan negatif dari liat. Kation tersebut akan menarik lempeng liat yang lain dan menjadi gumpalan atau terflokulasi (Brady, 2002). Semakin banyak kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan dapat lebih banyak mengikat dan menetralkan muatan negatif liat sehingga terbentuklah agregat primer. Kation K yang merupakan kation monovalen juga berfungsi sebagai agen penyemen tanah namun memiliki kekuatan dibawah Ca dan Mg dan lebih tinggi daripada Na yang bersifat mendispersi agregat. Minner (1998) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penambahan gypsum (CaSO_4) pada tanah di daerah *arid* dan *semiarid* akan dapat membantu agregasi tanah. Kation Ca pada gypsum (CaSO_4) akan dapat menggantikan Na dalam pertukaran kation pada tanah dan membantu proses agregasi tanah.

Peran total kation Ca, Mg, dan K dalam proses agregasi dicerminkan dalam hubungan total kation Ca, Mg, dan K dengan Indeks DMR. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa total kation Ca, Mg, dan K tidak berpengaruh

nyata terhadap nilai indeks DMR (Lampiran 7), tetapi berpengaruh nyata terhadap nilai batas cair dan KHJ tanah (Lampiran 8).

b. Kation Natrium

Kation Natrium yang untuk selanjutnya disebut Na merupakan kation basa yang bersifat mendispersi agregat. Hal ini dikarenakan kation Na memiliki ukuran yang besar. Kation monovalen terutama Na^+ dengan ukuran molekul yang lebih besar akan memisahkan partikel liat dan menyebabkan gumpalan agregat terdispersi. Ada dua hal yang menyebabkan pendispersian adalah muatan Na^+ yang tidak dapat menetralkan muatan negatif liat dan ukuran molekul Na^+ yang besar menyebabkan ikatan antar partikel liat menjadi sulit (Brady, 2002). Keberadaan kation Na dapat membalik proses agregasi tanah menjadi proses pendispersian agregat (Minner, 1998). Kation Na banyak terdapat pada tanah di daerah *arid* dan *semiarid*. Sodium juga memiliki sifat yang sama dengan Na, yaitu mendispersi tanah. Tingginya konsentrasi sodium menyebabkan agregat terdispersi dan mengembang (Warrance *et al.*, 2003). Gaya ini menyebabkan partikel liat yang terikat bersama menjadi terganggu karena terlalu besarnya ion sodium yang ada diantara mereka. Ketika pemisahan ini terjadi, partikel liat mejauh, menyebabkan agregat mengembang dan terdispersi. Dengan demikian hubungan Na dengan agregasi secara teori terlihat dari mudah tidaknya tanah terdispersi yang dicerminkan dengan rendah tingginya nilai indeks DMR. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Na tidak berpengaruh nyata terhadap nilai indeks DMR (Lampiran 7). Keberadaan kation Na dalam jumlah banyak akan semakin mendispersi lempeng liat, sehingga kemantapan agregat tanah akan menurun atatu tanah menjadi kurang mantap. Kation Na justru berpengaruh nyata terhadap nilai batas cair dan KHJ tanah (Lampiran 8).

c. Bahan Amorf

Keberadaan bahan amorf dalam tanah sangat berpengaruh pada sifat fisik tanahnya, karena merupakan bawaan dari tanah itu sendiri. Agustina (2004) menyebutkan bahwa tanah yang memiliki bahan amorf memiliki berat isi yang

rendah, stabilitas agregat yang tinggi, retensi air yang tinggi, dan porositas yang tinggi. Kondisi tersebut secara langsung akan berpengaruh pada konduktivitas hidrolik jenuh dan kapasitas infiltrasi yang tinggi. Keberadaan bahan amorf dalam jumlah besar dalam abu vulkan berkontribusi terhadap pembentukan agregat yang stabil. Bahan amorf ini mampu mengikat lempeng liat yang bermuatan negatif. Wada (1986) menyebutkan bahwa bahan amorf ini juga memberikan kontribusi pada daya menahan air dari Andisol.

Utami dan Van Ranst (2000) menyebutkan bahwa semakin tinggi persentase alofan yang merupakan bahan amorf maka agregat akan sulit terdispersi. Pada Andisol, alofan tidak hanya sebagai pembentuk agregat, tetapi juga sebagai perekat mineral liat untuk menjadi agregat yang lebih besar. Sebuah fraksi liat yang cukup besar hanya bisa dihasilkan dari pelepasan bagian dari alofan itu sendiri (Utami dan Van Ranst, 2000).

Agregat yang sulit terdispersi oleh air pada tanah yang mengandung bahan amorf menunjukkan tanah yang mantap. Air hujan yang jatuh akan sulit mendispersi agregat pada tanah yang mengandung bahan amorf. Sehingga agregat tidak cepat rusak dan penyumbatan ruang pori makro menjadi lebih rendah, menyebabkan kapasitas infiltrasi tinggi dan mengurangi potensi longsor.

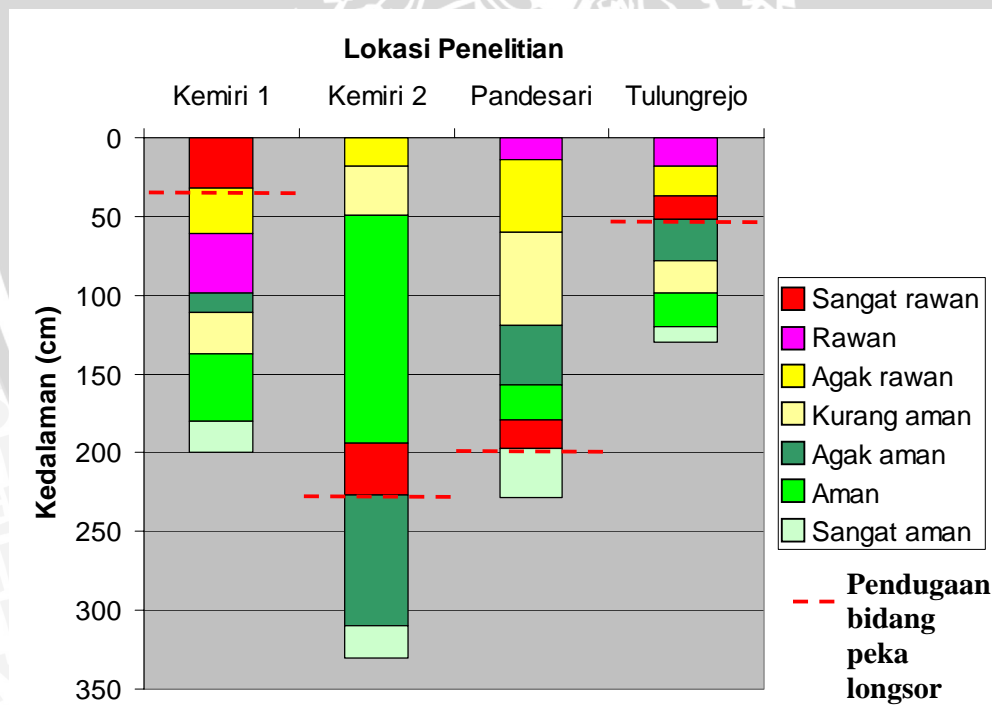
Peran bahan amorf dalam proses agregasi dicerminkan dalam hubungannya dengan Indeks DMR. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan amorf berpengaruh nyata terhadap nilai indeks DMR (Lampiran 7), nilai batas cair dan K_{HJ} tanah (Lampiran 8).

4.1.3 Pendugaan Bidang Peka Longsor Berdasarkan Sifat Fisik Tanah

Bidang peka longsor merupakan bidang lapisan tanah yang rawan terjadi longsor. Perbedaan sifat fisik yang mencolok antara dua lapisan akan memberikan potensi kejadian longsor. Berdasarkan perbedaan sifat fisik tanah maka akan memberikan gambaran tingkat kerawanan kejadian longsor pada setiap lapisan. Penilaian kekontrasan sifat fisik didasarkan pada selisih liat, selisih K_{HJ}, selisih batas cair, dan selisih DMR. Penggabungan beberapa faktor ini didasarkan pada pembentukan bidang gelincir yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Selisih K_{HJ} merupakan yang diperhitungkan terlebih dahulu baru kemudian berturut-turut

selisih liat, selisih batas cair dan selisih DMR. Selisih KHJ diperhitungkan terlebih dahulu karena merupakan aliran air pada saat jenuh, dimana longsor terjadi setelah tanah jenuh oleh air. Aliran air pada saat jenuh sangat mempengaruhi potensi kejadian longsor. Kemudian selisih liat yang didasarkan pada pembentukan lapisan padat karena tingginya persentase liat. Lapisan padat ini akan menghambat aliran air. Selisih batas cair diperhitungkan karena pada dasarnya longsor terjadi setelah tanah mencapai batas cairnya. Selisih DMR berpengaruh terhadap mantap tidaknya tanah tersebut sehingga mempengaruhi pembentukan bidang gelincir bagi longsor.

Gambar 15 menunjukkan kekontrasan sifat fisik antar lapisan. Warna merah menunjukkan kekontrasan yang paling tinggi atau sangat rawan dan paling berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor. Berturut-turut semakin berwarna kuning dan hijau muda menunjukkan tingkat kekontrasan sifat fisik yang semakin menurun.



Gambar 15. Pendugaan bidang peka longsor pada keempat lokasi penelitian berdasarkan sifat fisik tanah

Lokasi Kemiri 1 memiliki bidang peka longsor pada lapisan 1-2. Lapisan 1 memiliki sifat yang kontras dengan lapisan 2. Peningkatan persentase liat pada lapisan 2 menyebabkan penurunan nilai KHJ tanah yang cukup tinggi, yaitu sebesar 15.01 cm/jam. Lapisan 1 dengan nilai KHJ yang tinggi akan cepat mengalirkan air pada saat jenuh. Aliran air yang cepat tersebut tertahan di lapisan 2 yang memiliki KHJ yang lebih rendah, sehingga lapisan 2 akan berperan menjadi bidang gelincir bagi lapisan 1. Peningkatan persentase liat juga mengakibatkan lapisan 2 memiliki indeks DMR yang lebih tinggi daripada lapisan 1. Perbedaan nilai batas cair yang tinggi menyebabkan lapisan 1 lebih cepat berubah menjadi fase cair jika dibandingkan dengan lapisan 2. Hal ini ditunjang dengan lapisan 1 yang merupakan lapisan olah tanaman sehingga lebih gembur dan cepat jenuh.

Lokasi Kemiri 2 memiliki bidang peka longsor pada lapisan 4-5. Perbedaan persentase liat yang lebih tinggi pada lapisan 5 menyebabkan lapisan 5 lebih padat daripada lapisan 4 dan lebih sulit dilalui oleh air. Lapisan 5 hanya memiliki nilai KHJ tanah sebesar 5.04 cm/jam sedangkan lapisan 4 memiliki nilai KHJ sebesar 53.58 cm/jam. Hal ini menandakan bahwa lapisan 4 akan lebih mudah dilalui air pada saat jenuh dibandingkan dengan lapisan 5, sehingga lapisan ini akan berfungsi sebagai bidang gelincir bagi longsor karena air tertahan pada lapisan ini. Peningkatan indeks DMR pada lapisan 5 juga memberikan kontribusi pada pembentukan bidang gelincir pada lapisan ini.

Lokasi Pandesari memiliki bidang peka longsor pada lapisan 6-7. Perbedaan nilai KHJ tanah yang tinggi, yaitu sebesar 59.6 cm/jam menyebabkan lapisan 7 lebih sulit mengalirkan air pada saat jenuh air. Lapisan ini juga memiliki nilai batas cair lebih tinggi. Aliran air dari lapisan atas akan tertahan pada lapisan ini. Lapisan 6 yang memiliki nilai KHJ yang lebih tinggi akan lebih cepat mengalirkan air dan mudah terjadi longsor karena aliran air tertahan pada lapisan 7, sehingga berperan sebagai bidang gelincir bagi longsor. Lokasi Tulungrejo memiliki bidang peka longsor pada lapisan 3-4. Perbedaan nilai KHJ yang tinggi menyebabkan lapisan 4 akan lebih sulit mengalirkan air pada saat jenuh. Air akan tertahan di lapisan 4 dan menjadi bidang gelincir bagi longsor.

4.2 Indeks Faktor Longsor (IFL)

4.2.1 Hubungan Nilai IFL dengan Waktu Simulasi Longsor

Longsor disebabkan oleh berbagai faktor yang saling berhubungan. Salah satunya adalah sifat fisik tanah. Sifat fisik tanah ini sangat mempengaruhi ketahanan tanah terhadap hujan dan longsor. Tekstur tanah terutama fraksi liat dan debu akan sangat mempengaruhi ketahanan tanah terhadap daya hancur hujan. Persentase liat yang tinggi akan menyebabkan lapisan tersebut lebih padat dan akan sulit dilalui air, sehingga berpotensi menjadi bidang gelincir. Perbedaan persentase liat dan debu yang tinggi antara dua lapisan akan meningkatkan potensi kejadian longsor dan menyebabkan waktu simulasinya menjadi semakin cepat. Nurhada (2006) menyebutkan bahwa fraksi liat dan debu merupakan faktor koreksi dari kekuatan geser tanah (*shear strength*). Fraksi liat dan debu ini juga akan sangat mempengaruhi nilai dari indeks DMR, batas cair dan KHJ tanah. Persentase liat yang tinggi akan menyebabkan nilai indeks DMR yang semakin tinggi. Tingginya nilai batas cair akan menyebabkan semakin lama berubah menjadi fase cair. Tanah-tanah dengan dominasi debu akan memiliki nilai KHJ tanah yang lebih besar dibandingkan dengan yang didominasi oleh fraksi liat. Tingginya perbedaan nilai KHJ tanah antara dua lapisan memberikan potensi yang lebih besar pada longsor dan menyebabkan waktu simulasinya menjadi semakin cepat. Andreas (2007) menyebutkan bahwa selisih nilai KHJ yang tinggi akan meningkatkan potensi kejadian longsor.

Pada dasarnya longsor disebabkan oleh berbagai faktor yang saling berhubungan, antara lain sifat fisik tanah. Secara umum sifat fisik tanah ini saling berhubungan dalam menyebabkan kejadian longsor. Latar belakang inilah yang mendasari dibuatnya Indeks Faktor Longsor untuk selanjutnya akan disebut IFL. Indeks Faktor Longsor merupakan gabungan dari selisih liat+debu, DMR, batas cair dan KHJ tanah. Sifat-sifat ini saling berhubungan dalam menyebabkan kejadian longsor, sehingga digabungkan menjadi satu faktor penyebab kejadian longsor. Indeks Faktor Longsor akan dapat menggambarkan perbedaan sifat fisik tanah per lapisan yang dapat memicu kejadian longsor. Nilai IFL yang semakin tinggi menggambarkan semakin besarnya perbedaan sifat fisik tanah antar lapisan.

Sebaliknya semakin rendah nilai IFL maka semakin kecil perbedaan sifat fisik antar lapisan.

Rumus IFL 1 merupakan hasil dari analisa regresi berganda antara selisih liat+debu, selisih DMR, selisih batas cair, dan selisih KHJ dengan waktu simulasi longsor (Lampiran 1). Sehingga didapatkan nilai konstanta masing-masing faktor (Lampiran 10). Pada analisa regresi berganda, setiap parameter dimasukkan satu persatu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai koefisien determinasi (R^2) pada masing-masing langkah. Nilai koefisien determinasi menggambarkan keeratan hubungan masing-masing faktor (selisih KHJ, selisih liat+debu, selisih batas cair, dan selisih DMR) dengan waktu simulasi longsor. Hasil analisa regresi berganda dan perubahan nilai R^2 disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisa regresi berganda

No	Regresi berganda	Nilai R^2
1	$KL = 89 + (-0.21 * \text{Selisih Liat+Debu})$	0.0004
2	$KL = 76 + (-0.34 * \text{Selisih Liat +Debu}) + (36.5 * \text{Selisih DMR})$	0.007
3	$KL = 201.1 + (-1.18 * \text{Selisih Liat+Debu}) + (71.3 * \text{Selisih DMR}) + (12.32 * \text{Selisih Batas Cair})$	0.2554
4	$KL = 197.4 + (-1.14 * \text{Selisih Liat+Debu}) + (66.4 * \text{Selisih DMR}) + (12.26 * \text{Selisih Batas Cair}) + (0.1 * \text{Selisih KHJ})$	0.2572

Keterangan : KL : Kecepatan Longsor

Berdasarkan Tabel 7 maka dapat dilihat perubahan nilai koefisien determinasi (R^2) pada setiap langkah pada analisa regresi berganda. Penambahan nilai selisih batas cair mampu meningkatkan nilai koefisien determinasi yang cukup tinggi. Begitu pula dengan selisih KHJ, walaupun peningkatannya tidak sebesar pada selisih batas cair. Namun hasil akhir perhitungan regresi berganda menunjukkan nilai R^2 : 0.2572 yang berarti tidak berhubungan erat. Hal ini menunjukkan bahwa hanya 25.72 % waktu simulasi longsor bisa dijelaskan oleh selisih sifat fisik. Sedangkan sisanya, 74.28 % waktu simulasi lainnya dijelaskan oleh sebab-sebab lainnya. Hal ini disebabkan adanya perlakuan lereng 60^0 pada boks sampel. Sehingga dapat disimpulkan pada kemiringan lereng 60^0 sifat fisik tanah tidak lagi berperan terhadap kejadian longsor. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Wibowo (2007) yang menyebutkan bahwa pada kemiringan batas lapisan 40^0 sifat fisik tanah masih berperan terhadap longsor, sedangkan pada

kemiringan batas lapisan 70° gaya gravitasi yang menarik massa tanah lebih dominan.

Namun dikarenakan hasil analisa IFL 1 yang menunjukkan hubungan yang tidak erat maka dilakukan analisa lain untuk membandingkan nilai IFL. Berdasarkan latar belakang inilah dibuat IFL 2 dan 3. Rumus IFL 2 didasarkan pada nilai korelasi masing-masing faktor (selisih KHJ, selisih liat+debu, selisih batas cair, dan selisih DMR) dengan waktu simulasi longsor. Sedangkan rumus IFL 3 merupakan pembagian bobot pengaruh masing-masing faktor (selisih KHJ, selisih liat+debu, selisih batas cair, dan selisih DMR) terhadap waktu total simulasi longsor. Bobot dari tertinggi sampai terendah berturut-turut sebagai berikut : selisih KHJ, selisih liat+debu, selisih batas cair, dan selisih DMR. Rumus IFL 1, 2, dan 3 dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\text{IFL 1} = 197.4 + (-1.14 \cdot X_1) + (66.4 \cdot X_2) + (12.26 \cdot X_3) + (0.1 \cdot X_4)$$

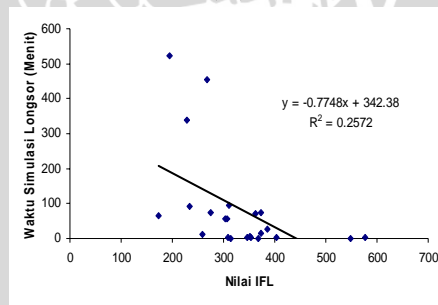
$$\text{IFL 2} = (-0.02 \cdot X_1) + (0.077 \cdot X_2) + (0.575 \cdot X_3) + (0.099 \cdot X_4)$$

$$\text{IFL 3} = (0.3 \cdot X_1) + (0.15 \cdot X_2) + (0.15 \cdot X_3) + (0.4 \cdot X_4)$$

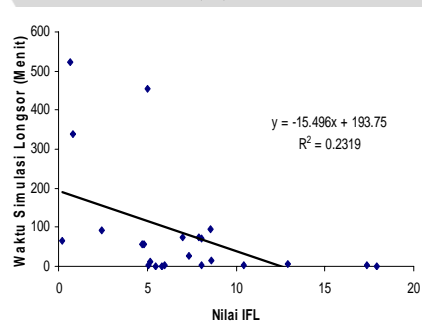
Dimana : X_1 = Selisih liat + selisih debu X_3 = Selisih batas cair

X_2 = Selisih DMR X_4 = Selisih KHJ

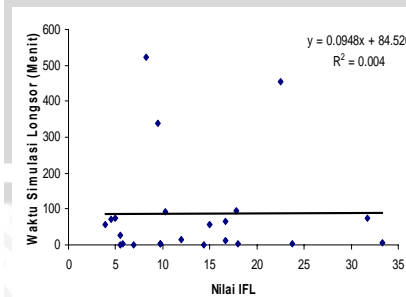
(A)



(B)



(C)



Gambar 16. Hubungan nilai IFL dengan waktu simulasi longsor : (A) IFL 1, (B) IFL 2, dan (C) IFL 3

Lokasi Kemiri 1 memiliki nilai IFL tertinggi sebesar 575.99 pada lapisan 1-2. Nilai terendah adalah 173.56 pada lapisan 6-7. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan 1-2 memiliki perbedaan sifat fisik tertinggi dibandingkan dengan lapisan lainnya. Lapisan 1-2 yang memiliki nilai IFL tertinggi juga memiliki waktu simulasi longsor tercepat. Secara tidak langsung ini menggambarkan bahwa lapisan yang memiliki nilai IFL atau kontras yang paling tinggi merupakan lapisan yang paling rentan terhadap kejadian longsor, sehingga memiliki waktu total simulasi longsor yang tercepat.

Nilai IFL sebesar 548.48 pada lapisan 1-2 merupakan nilai yang tertinggi pada lokasi Kemiri 2. Nilai terendahnya adalah 195.18 pada lapisan 2-3. Lapisan 1-2 yang memiliki waktu simulasi longsor tercepat memiliki nilai IFL tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan 1-2 memiliki perbedaan sifat fisik yang paling kontras dibandingkan dengan lapisan-lapisan lainnya.

Lokasi Pandesari memiliki nilai IFL tertinggi sebesar 403.16 pada lapisan 5-6. Nilai terendahnya adalah 259.11 pada lapisan 2-3. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan 5-6 memiliki perbedaan sifat fisik yang paling kontras dibandingkan dengan lapisan lainnya. Namun hasil simulasi longsor menunjukkan hasil yang berbeda. Waktu simulasi tercepat pada lapisan 3-4 memiliki nilai IFL yang rendah. Banyaknya akar pada lapisan 1-2 menyebabkan lapisan atas tanah memiliki waktu simulasi yang lebih lama. Berkurangnya jumlah akar pada lapisan 3-4 menyebabkan lapisan ini cepat mengalami longsor walaupun tidak memiliki perbedaan sifat fisik yang mencolok.

Lokasi Tulungrejo memiliki nilai IFL tertinggi 373.3 pada lapisan 3-4 dan yang terendah adalah 303.47 pada lapisan 1-2. Hampir samanya karakteristik tanah dan lahan pada lokasi Pandesari dan Tulungrejo menyebabkan lapisan yang memiliki nilai IFL tertinggi pada lokasi Tulungrejo juga tidak memiliki waktu simulasi tercepat. Keberadaan akar yang cukup banyak pada lapisan 1-3 menyebabkan tanah pada lapisan atas memiliki waktu simulasi yang lebih lama walaupun memiliki perbedaan sifat fisik yang cukup kontras. Akar mampu mencengkeram kuat agregat-agregat tanah sehingga tidak mudah hancur oleh air.

4.2.2 Hubungan IFL, Waktu Simulasi Longsor dengan Bidang Gelincir

Lokasi penelitian Kemiri 1 terletak di Desa Kemiri Kecamatan Jabung Kabupaten Malang. Secara umum lokasi ini didominasi terstruktur berlempung sampai berliat. Vegetasi yang dominan pada lokasi ini adalah ketela dan tebu. Lapisan 1-2 pada lokasi ini yang memiliki waktu simulasi longsor tercepat (2.3 menit) memiliki nilai Indeks Faktor Longsor (IFL) tertinggi, yaitu 575.99. Nilai IFL ini menunjukkan bahwa pada lapisan 1-2 memiliki perbedaan atau kontras yang paling tinggi jika dibandingkan dengan lapisan yang lainnya, sehingga dapat memicu kejadian longsor. Hal ini juga menandakan bahwa lapisan yang memiliki nilai IFL atau kontras yang paling tinggi merupakan lapisan yang paling rentan terhadap kejadian longsor.

Peningkatan persentase liat, batas cair, dan penurunan nilai K_{HJ} tanah pada lapisan 1-2 pada lokasi ini menyebabkan lapisan bawah memiliki waktu simulasi longsor yang relatif lebih lama. Perbedaan yang mencolok ini menyebabkan pergerakan air menjadi lebih lama pada lapisan bawah. Lapisan 1-2 yang memiliki waktu simulasi longsor tercepat merupakan lapisan yang paling peka terhadap longsor. Persentase liat yang rendah dan merupakan lapisan olah tanaman menyebabkan lapisan ini lebih cepat mengalami longsor. Aliran air jenuh pada lapisan 1 akan tertahan pada lapisan 2 yang lebih padat. Sehingga air tidak lagi mengalir secara horizontal, melainkan secara lateral dan akhirnya menambah beban yang pada tanah. Lapisan 2 yang lebih padat akan berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor karena aliran air tertahan pada lapisan ini.

Lokasi penelitian Kemiri 2 letaknya sama dengan lokasi Kemiri 1, yaitu di Desa Kemiri Kecamatan Jabung Kabupaten Malang. Lokasi ini didominasi oleh terstruktur liat. Vegetasi yang dominan pada lokasi ini adalah tebu dan rumput gajah. Lapisan 1-2 pada lokasi ini yang memiliki waktu simulasi longsor tercepat memiliki nilai IFL tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan 1-2 memiliki perbedaan sifat fisik yang paling kontras dibandingkan dengan lapisan-lapisan lainnya. Lapisan olah tanaman pada lapisan 1 menyebabkan lapisan ini lebih gembur sehingga mudah mengalirkan air. Pergerakan air yang cepat pada lapisan 1 menyebabkan lapisan ini cepat jenuh. Namun pergerakan air yang lambat pada lapisan 2 menyebabkan lapisan ini sulit dilalui oleh air dan tertahan pada lapisan

ini. Akibatnya lapisan 1 lebih cepat jenuh, bobotnya bertambah dan terjadi longsor. Dalam hal ini lapisan 2 bertindak sebagai bidang gelincir bagi longsor.

Lokasi penelitian Pandesari terletak di Desa Pandesari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang. Lokasi ini didominasi oleh tekstur debu. Vegetasi dominan pada lokasi ini adalah kalindra dan rumput gajah. Lapisan 5-6 pada lokasi ini yang memiliki nilai IFL yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada lapisan 5-6 memiliki perbedaan sifat fisik lapisan yang paling kontras jika dibandingkan dengan lapisan-lapisan yang lainnya. Lapisan 3-4 yang memiliki waktu simulasi tercepat tidak memiliki nilai IFL yang tinggi. Keberadaan akar yang cukup banyak pada lapisan 1-2 menyebabkan waktu simulasinya menjadi lebih lama. Akar mampu mencengkeram kuat tanah dan mengurangi potensi kejadian longsor. Berdasarkan nilai IFL tertinggi pada lapisan 5-6, maka lapisan ini tetap berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor karena memiliki perbedaan sifat fisik yang paling mencolok.

Lokasi penelitian Tulungrejo terletak di Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kotatiff Batu. Pada lokasi penelitian ini juga didominasi oleh tekstur debu, sama seperti di Pandesari namun persentase debunya lebih tinggi. Vegetasi dominan pada lokasi ini adalah apel, rumput gajah, dan wortel. Lapisan 4-5 pada lokasi ini yang memiliki waktu simulasi longsor tercepat, namun tidak memiliki nilai IFL tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan akar pada lapisan 1-3 mampu mengurangi potensi pembentukan bidang gelincir karena perbedaan sifat fisik yang mencolok. Akar-akar ini mampu mengurangi daya hancur air terhadap agregat tanah. Hal ini dikarenakan akar mampu mencengkeram kuat agregat tanah. Berdasarkan nilai IFL tertinggi pada lapisan 3-4, maka lapisan ini tetap berpotensi menjadi bidang gelincir bagi longsor karena memiliki perbedaan sifat fisik yang paling mencolok.

Tingkat kelolosan air ditentukan oleh variasi sebaran tekstur tanah. Proporsi fraksi ukuran butir pasir, debu, dan liat akan mempengaruhi respon terhadap masukan air (Kartasapoetra, 2000). Lapisan yang lebih halus dan padat di bagian bawah menjadikan lapisan tersebut lebih sulit dilalui air dan potensial sebagai bidang gelincir terjadinya longsor. Adanya lapisan ini menyebabkan air mengalir ke samping (lateral), bukan ke bawah (horizontal). Penyebaran air ke

arah lateral terjadi akibat tarikan gaya kapiler tanah, terutama ke arah tanah dengan pori-pori yang lebih sempit dan tanah lebih kering (Asdak, 2002). Selain membuat tanah menjadi berat, air menjadi faktor yang mempengaruhi kekuatan geser suatu tanah. Air yang masuk kedalam tanah membuat gaya vertikal tanah yang menahan tanah tetap stabil menjadi berkurang. Hal ini disebabkan karena air yang masuk kedalam tanah terhenti pada suatu bagian tanah oleh adanya lapisan yang sulit ditembus oleh air dan menjadi membuat bidang gelincir pada lapisan yang sulit ditembus air tersebut. Adanya air pada bidang gelincir tersebut menjadi semacam lapisan licin bagi tanah yang berada di atasnya sehingga kekuatan gaya vertikal tanah menjadi berkurang dan menjadi lebih kecil daripada gaya horizontal tanah maka terjadilah longsor.

4.3 Kecepatan Terjadinya Longsor

4.3.1 Identifikasi Bidang Peka Longsor Berdasarkan Waktu Simulasi Longsor

Bidang peka longsor merupakan bidang atau lapisan yang paling cepat mengalami longsor setelah melalui kondisi penjuhan dan simulasi longsor. Dikarenakan penjuhan yang dilakukan adalah pada penampang profil di lapangan bukannya pada setiap lapisan pada boks sampel sehingga data penjuhan tanah tidak dapat mewakili lama penjuhan setiap lapisan pada boks. Data penjuhan hanya bisa mewakili apabila kecepatan terjadinya longsor dibandingkan antar 4 lokasi penelitian. Sehingga untuk identifikasi bidang peka longsor pada masing-masing lokasi hanya digunakan waktu simulasi longsor.

Lokasi Kemiri 1 memiliki waktu simulasi longsor tercepat sebesar 2.3 menit pada lapisan 1-2, sedangkan yang terlama adalah 91.73 menit pada lapisan 2-3 (Tabel 8). Peningkatan persentase liat, peningkatan nilai batas cair, dan penurunan nilai Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) tanah pada lapisan bawah menyebabkan lapisan bawah memiliki waktu simulasi yang lebih lama. Perbedaan sifat fisik ini menyebabkan pergerakan air menjadi lebih lama pada lapisan bawah. Lapisan 1-2 yang memiliki waktu simulasi longsor tercepat merupakan lapisan yang paling peka terhadap longsor. Persentase liat yang rendah dan

merupakan lapisan olah tanaman menyebabkan lapisan ini lebih cepat jenuh dan mengalami longsor.

Tabel 8. Waktu simulasi longsor pada keempat lokasi penelitian

Lokasi	Lapisan	Kedalaman (cm)	Pengambilan Boks	Waktu Simulasi (Menit)
Kemiri 1	1	0 - 32	1-2	2.3
	2	32 - 61	2-3	91.73
	3	61 - 99	3-4	57.78
	4	99 - 111	4-5	72.93
	5	111 - 137	5-6	28.083
	6	137 - 180	6-7	65.03
	7	180 - 200		
Kemiri 2	1	0 - 18	1-2	0.45
	2	18 - 49	2-3	522.28
	3	49 - 194	3-4	453.3
	4	194 - 227	4-5	74.85
	5	227 - 310	5-6	338.2
	6	310 - 330		
Pandesari	1	0 - 14	1-2	94.4
	2	14 - 60	2-3	11.8
	3	60 - 119	3-4	0.216
	4	119 - 157	4-5	1.75
	5	157 - 179	5-6	2.13
	6	179 - 197	6-7	4.55
	7	197 - 228		
Tulungrejo	1	0 - 18	1-2	57.32
	2	18 - 37	2-3	72.45
	3	37 - 52	3-4	16.2
	4	52 - 78	4-5	1.13
	5	78 - 99	5-6	1.78
	6	99 - 120	6-7	2.46
	7	120 - 130		

Secara umum lokasi Kemiri 2 memiliki waktu simulasi terlama dibandingkan ketiga lokasi lainnya (Tabel 8). Hampir semua lapisan yang diambil memiliki waktu simulasi longsor lebih dari 1 jam. Hanya lapisan 1-2 yang waktunya 0.45 menit. Waktu simulasi terlamanya adalah 522.23 menit pada lapisan 2-3. Lapisan olah tanaman menyebabkan lapisan 1-2 lebih gembur jika dibandingkan lapisan lainnya sehingga waktu simulasi longsonya cepat. Lapisan 1-2 merupakan lapisan yang paling peka longsor karena waktu simulasinya merupakan yang terendah. Persentase liat hampir sama pada lapisan bawah

menyebabkan lapisan bawah memiliki waktu total simulasi longsor yang lebih lama.

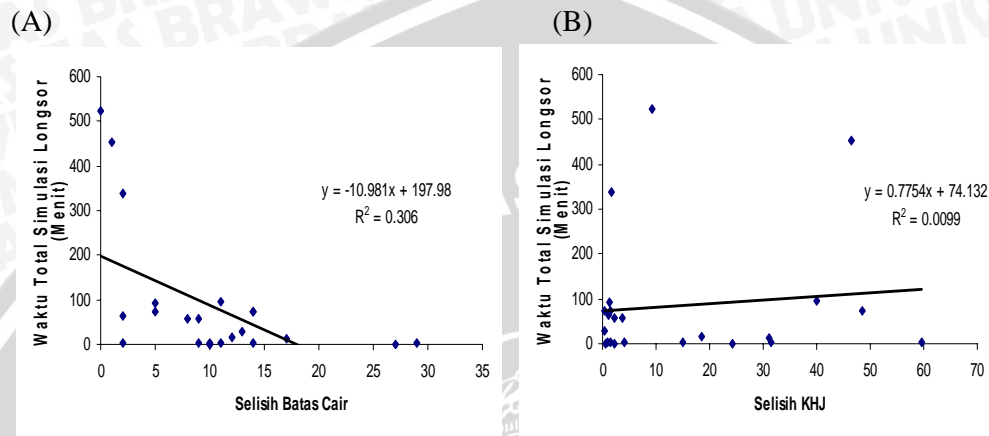
Lokasi penelitian Pandesari memiliki waktu simulasi longsor tercepat pada lapisan 3-4, yaitu sebesar 0.216 menit (Tabel 8). Waktu simulasi longsor terlama adalah 94.4 menit pada lapisan 1-2. Keberadaan akar yang cukup banyak pada lapisan 1 sampai 2 menyebabkan lapisan ini memiliki waktu simulasi longsor yang lebih lama daripada lapisan 3-4. Lapisan 3-4 merupakan lapisan yang paling peka longsor karena memiliki waktu simulasi tercepat.

Lokasi Tulungrejo memiliki waktu simulasi tercepat pada lapisan 4-5, yaitu sebesar 1.13 menit (Tabel 8). Waktu simulasi longsor terlama adalah 72.45 menit pada lapisan 2-3. Keberadaan akar yang cukup banyak pada lapisan 1 sampai 3 menyebabkan lapisan ini memiliki waktu simulasi longsor yang lebih lama daripada lapisan 4-5. Lapisan 4-5 merupakan lapisan yang paling peka longsor karena memiliki waktu simulasi tercepat.

Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi longsor terbesar karena letak bidang gelincir yang dangkal (18 cm). Kemudian disusul lokasi Kemiri 1 (32cm) dan lokasi Tulungrejo (78 cm). Potensi terkecil adalah lokasi Pandesari dengan kedalaman bidang gelincir 119 cm. Lokasi Kemiri 1 dan 2 termasuk kejadian longsor dangkal karena dangkalnya letak bidang peka longsor atau bidang gelincir. Sedangkan lokasi Tulungrejo dan Pandesari termasuk kejadian longsor dalam karena dalamnya letak bidang peka longsor atau bidang gelincir.

Hasil analisa sidik ragam antara selisih sifat fisik dengan waktu simulasi longsor menunjukkan bahwa selisih batas cair dan KHI tanah berpengaruh nyata terhadap waktu simulasi longsor (Lampiran 9). Gambar 17 menunjukkan hubungan antara selisih batas cair tanah dan selisih KHI dengan waktu simulasi longsor pada keempat lokasi penelitian. Selisih KHI dan batas cair tanah pada analisa regresi menunjukkan hubungan yang tidak erat. Nilai KHI yang semakin tinggi berarti semakin mudah mengalirkan air, sedangkan nilai KHI yang semakin rendah berarti semakin sulit meloloskan air pada saat jenuh. Batas cair adalah kandungan air tertinggi dimana tanah berubah dari fase padat menjadi fase cair (Utomo, 1985). Semakin tinggi batas cairnya maka akan semakin lama akan menjadi fase cair. Nilai batas cair yang semakin tinggi akan lebih tahan terhadap

gaya rusak air dan mengurangi potensi longsor. Peningkatan porositas tanah akan menyebabkan nilai batas cair yang semakin tinggi. Lapisan yang memiliki batas cair yang berbeda jauh dengan lapisan di atasnya maka akan berpotensi menjadi bidang gelincir.

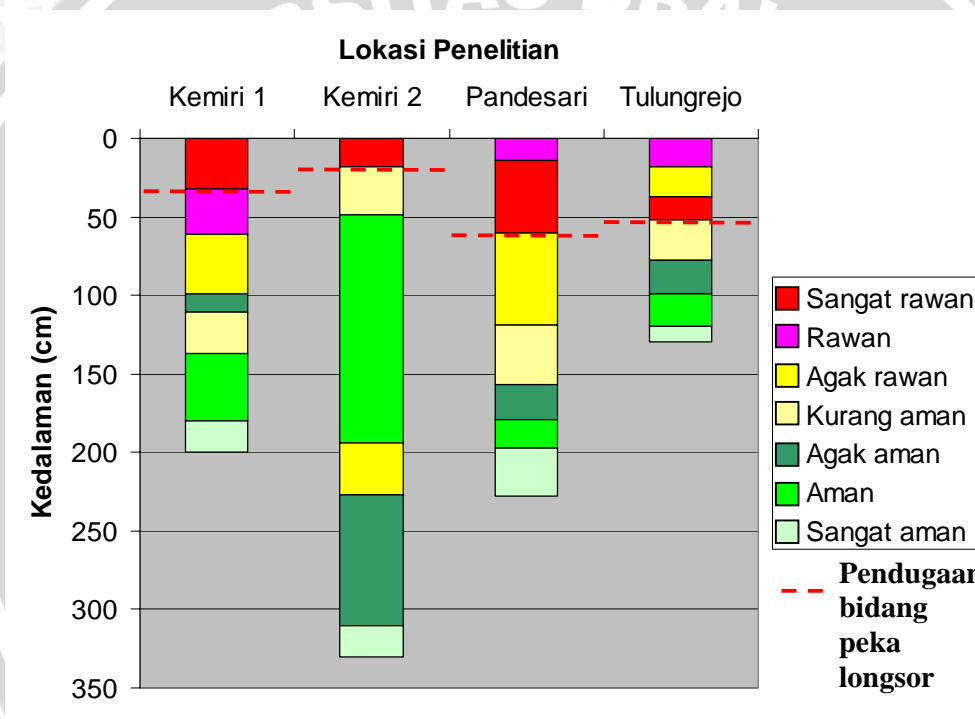


Gambar 17. Hubungan selisih sifat fisik dengan waktu simulasi longsor : (A) selisih batas cair, dan (B) selisih KHI

4.3.2 Perbandingan Kecepatan dan Bidang Peka Longsor Keempat Lokasi Berdasarkan Kecepatan Terjadinya Longsor

Kecepatan dan bidang peka longsor keempat lokasi dapat diperkirakan dari waktu tercepat kejadian longsor yang meliputi tahap penjuanan dan simulasi longsor. Bidang peka longsor pada lokasi Kemiri 1 terletak pada lapisan 1-2 (Gambar 18). Lapisan ini memiliki waktu total simulasi sebesar 30.3 menit yang merupakan yang kejadian longsor tercepat pada lokasi ini. Berdasarkan perbedaan sifat fisik tanah, lapisan 1 dan 2 ini memang memiliki perbedaan sifat fisik yang mencolok. Lapisan 1 yang merupakan lapisan olah tanaman lebih gembur dibandingkan lapisan 2 sehingga mudah dilalui air. Peningkatan persentase liat yang cukup besar pada lapisan 2 menyebabkan lapisan ini lebih padat dan memiliki nilai Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) yang lebih rendah. Nilai KHJ yang rendah menyebabkan lapisan 2 lebih sulit mengalirkan air dan berfungsi sebagai bidang gelincir. Aliran air jenuh dari lapisan 1 akan tertahan pada lapisan 2.

Lapisan 1-2 pada lokasi Kemiri 2 merupakan bidang peka longsor pada lokasi ini (Gambar 18). Waktu total simulasi longsor sebesar 15.45 menit pada lapisan 1-2 merupakan yang kejadian longsor tercepat. Perbedaan sifat fisik yang paling mencolok pada lapisan 4-5 tidak memiliki waktu total simulasi longsor tercepat. Adanya *clay coating* yang merupakan indikasi adanya proses *iluviasi* liat pada lapisan 2 sampai 5 menyebabkan lapisan bawah memiliki waktu total simulasi longsor yang lebih lama. Lapisan olah tanaman pada lapisan 1 menyebabkan waktu total simulasi longsohnya menjadi cepat.



Gambar 18. Pendugaan kecepatan dan bidang peka longsor pada keempat lokasi penelitian berdasarkan waktu total simulasi longsor

Lokasi Pandesari memiliki bidang peka longsor pada lapisan 2-3 (Gambar 18). Lapisan ini memiliki waktu total simulasi longsor tercepat sebesar 81.8 menit yang merupakan kejadian longsor tercepat di lokasi ini. Banyaknya terdapat perakaran tanaman pada lapisan atas menyebabkan lapisan ini lebih lama waktu total simulasi longsohnya. Akar tumbuh-tumbuhan dapat memperkuat lereng, dan air yang diserap oleh akar akan mengurangi kelembaban tanah,

sehingga juga memperkuat lereng dan mengurangi potensi longsor (Hardiyatmo, 2006).

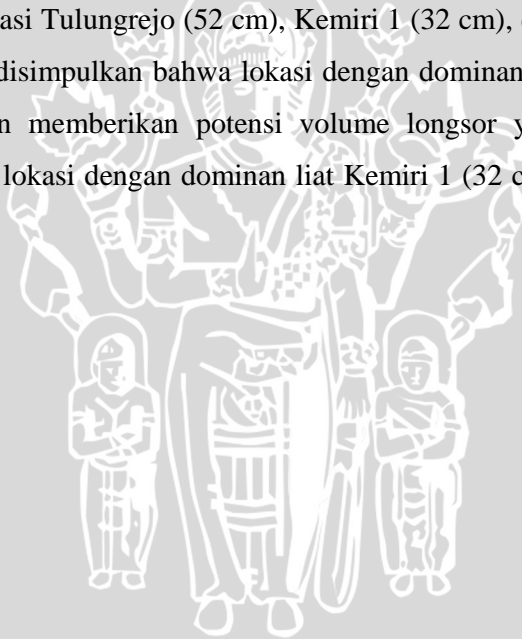
Lokasi Tulungrejo memiliki bidang peka longsor pada lapisan 3-4 (Gambar 18). Lapisan ini memiliki waktu total simulasi longsor kejadian longsor tercepat sebesar 74.2 menit. Banyaknya terdapat perakaran tanaman pada lapisan atas menyebabkan lapisan ini lebih lama waktu total simulasi longsornya. Akar-akar ini mencengkeram kuat agregat tanahnya sehingga agregat tanah sulit hancur. Penurunan nilai KHJ tanah yang cukup tinggi pada lapisan 4 menyebabkan lapisan ini lebih sulit mengalirkan air. Akibatnya lapisan 3 lebih cepat jenuh sedangkan lapisan 4 lebih lama jenuhnya. Lapisan 4 berperan sebagai bidang gelincir karena lebih sulit mengalirkan air.

Secara umum pendugaan bidang peka longsor berdasarkan perbedaan sifat fisik tanah dan simulasi longsor memiliki perbedaan. Hanya pada lokasi Kemiri 1 dan Tulungrejo yang sama. Perbedaan keadaan di lapangan dan di laboratorium menyebabkan memberikan hasil yang berbeda. Pada lokasi Kemiri 1 peningkatan persentase liat, batas cair, dan penurunan nilai KHJ tanah menyebabkan lapisan 1-2 memiliki waktu total simulasi longsor tercepat. Lapisan bawah yang lebih padat karena persentase liat yang lebih banyak menyebabkan lapisan bawah memiliki waktu total simulasi longsor yang lebih lama. Pada lokasi Kemiri 2 ketidakcocokan antara pendugaan bidang peka longsor berdasarkan perbedaan sifat fisik dengan simulasi longsor disebabkan oleh hampir seragamnya penampang profilnya, sehingga waktu simulasinya menjadi fluktuatif. Selain itu ditemukan *clay coating* pada lapisan 2 sampai 5 yang menandakan adanya *iluviasi* liat yang nyata pada lapisan tersebut. Akar yang banyak terdapat pada lapisan 1-2 pada lokasi Pandesari menyebabkan lapisan 1-2 memiliki waktu total simulasi longsor yang lebih lama dibandingkan dengan lapisan 2-3. Pada lokasi Tulungrejo perbedaan nilai KHJ tanah yang cukup mencolok pada lapisan 3-4 menyebabkan lapisan 3 lebih mudah longsor. Hal ini didukung dengan banyaknya akar pada lapisan atas menyebabkan lapisan ini memiliki waktu total simulasi longsor yang lebih lama dibandingkan dengan lapisan 3-4.

Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi kejadian longsor terbesar. Hal ini dikarenakan letak bidang gelincir atau bidang peka longsor yang dangkal, yaitu

18 cm dan waktu total simulasi longsor tercepat sebesar 15.45 menit. Kemudian disusul oleh lokasi Kemiri 1 (32 cm dan 30.3 menit), Tulungrejo (52 cm dan 74.2 menit). Lokasi Pandesari merupakan lokasi dengan potensi kejadian longsor terkecil. Hal ini dikarenakan posisi bidang gelincir yang paling dalam pada kedalaman 60 cm dan memiliki waktu total simulasi tercepat yang paling lama dibandingkan ketiga lokasi lainnya (81.8 menit).

Kesimpulan diatas didasarkan pada asumsi bahwa perlakuan hujan buatan dihentikan apabila sudah ada lapisan yang mengalami longsor. Namun apabila diasumsikan keempat lokasi diberikan hujan yang sama intensitasnya dan lama waktu hujannya (misal 100 menit) maka lokasi Pandesari memiliki potensi terbesar. Hal ini dikarenakan letak bidang peka longsor (bidang gelincir) yang dalam (60 cm) sehingga akan melibatkan volume longsor yang lebih besar. Kemudian disusul lokasi Tulungrejo (52 cm), Kemiri 1 (32 cm), dan Kemiri 1 (18 cm). Sehingga dapat disimpulkan bahwa lokasi dengan dominan debu (Pandesari dan Tulungrejo) akan memberikan potensi volume longsor yang lebih besar dibandingkan dengan lokasi dengan dominan liat Kemiri 1 (32 cm) dan Kemiri 2 (18 cm).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Perbedaan sifat fisik tanah memberikan perbedaan potensi kedalaman bidang peka longsor pada keempat lokasi penelitian. Lokasi Kemiri 1 memiliki potensi longsor terbesar karena memiliki bidang peka longsor pada kedalaman 32 cm. Kemudian disusul lokasi Tulungrejo (52 cm) dan Pandesari (197 cm). Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi terkecil karena letak bidang peka longsor yang dalam (227 cm)
2. Total Kation Ca, Mg, K tidak berpengaruh nyata terhadap nilai Indeks DMR, tetapi berpengaruh nyata pada nilai batas cair dan nilai KHJ tanah. Bahan amorf berpengaruh nyata terhadap indeks DMR, batas cair dan KHJ tanah. Kation Na sebagai pendispersi agregat tidak berpengaruh nyata terhadap nilai indeks DMR, tetapi berpengaruh nyata pada nilai batas cair dan nilai KHJ tanah.
3. Hasil analisa Indeks Faktor Longsor menunjukkan hubungan yang tidak erat dengan waktu simulasi longsor. Hal ini disebabkan adanya perlakuan lereng 60° pada boks sampel. Pada kemiringan lereng ini sifat fisik tanah tidak lagi berperan terhadap kejadian longsor.
4. Waktu simulasi longsor dipengaruhi oleh nilai selisih batas cair dan KHJ tanah..
5. Lokasi Kemiri 2 memiliki potensi kejadian longsor terbesar. Hal ini dikarenakan letak bidang gelincir atau bidang peka longsor yang dangkal, yaitu 18 cm dan waktu total simulasi longsor tercepat sebesar 15.45 menit. Kemudian disusul oleh lokasi Kemiri 1 (32 cm dan 30.3 menit), Tulungrejo (52 cm dan 74.2 menit) dan Lokasi Pandesari (60 cm dan 81.8 menit). Namun apabila diasumsikan keempat lokasi diberikan hujan yang sama intensitasnya dan lama waktu hujannya maka lokasi dominan debu, Pandesari (60 cm) dan Tulungrejo (52 cm) akan memberikan potensi volume longsor yang lebih besar dibandingkan dengan lokasi dengan dominan liat Kemiri 1 (32 cm) dan Kemiri 2 (18 cm).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang serupa agar alat yang digunakan (boks sampel dan alat simulasi) beserta metodenya menjadi lebih baik sehingga meningkatkan akurasi data yang didapatkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, C. 2004. Kajian Kandungan Mineral Amorfus Sebagai Faktor Penentu Konduktivitas Hidrolik Jenuh di Sumberjaya, Lampung Barat. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Andreas, E.P. 2007. Hubungan Lapisan Kedap Air Terhadap Kejadian Longsor Di DAS Konto Hulu, Malang. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Anonymous. 2007. Faktor Penentu Kepekaan Tanah Terhadap Longsor dan Erosi. Available online on http://bbsdlp.litbang.deptan.go.id/Pedum_BAB%20II.htm. (Di Akses Tanggal 10 Agustus 2007).
- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Brady, N.C., and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soil. Prentice Hall. New Jersey.
- Budiman, N. 2007. Polimer Pencegah Tanah Longsor Atau Erosi. Available online on <http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=48>. (Di Akses Tanggal 10 Agustus 2007).
- Duncan, M.M., dan D. P Franzmeier. 1999. Role of Free Silicon, Aluminium, and Iron in Fragipan Formation. Available online on <http://soil.scijournals.org/cgi/content/full/63/4/923?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=Si%2C+AL&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcecetype=HWCIT>. (Di Akses Tanggal 23 Maret 2007).
- Gerrard, A.J. 1981. Soils and Landforms : An Integration of Geomorphology and Pedology. Department of Geography. University of Birmingham.
- Hardiyatmo, C.H. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika pressindo. Jakarta.
- Hermawan., dan I.B. Sudjarwo. 2006. Inventarisasi Geologi Teknik Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Available online on http://www.dgtl.esdm.go.id/peta_web/GT_KEBUMEN.html?POSTNUKESID=d9fc7b20f324303d289b54720a899b79. (Di Akses Tanggal 12 Desember 2006).
- Hillel, D. 1998. Pengantar Fisika Tanah. Mitra Gama Widya. Jogjakarta.

- Kartasapoetra. 2000. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kuswaji, D.P., Y. Priyana, dan Priyono. 2006. Analisis Tingkat Bahaya Longsor Tanah di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara. Available online on <http://eprints.ums.ac.id/253/01/6>. KUSWAJI DWI P.pdf. (Di Akses Tanggal 12 Desember 2006).
- Minner, D. 1998. Applying Gypsum in Iowa - when is it really needed?. Available online on <http://www.hort.iastate.edu/turfgrass/extension/gypsum.pdf>. (Di Akses Tanggal 12 Agustus 2007).
- Munir, M. 2003. Geologi Lingkungan. Bayumedia Publishing, Malang.
- Mustikaningrum, D. 2006. Kajian Bahaya Longsor di DAS Konto Hulu. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Nurhada, M. 2006. Studi Kepadatan Tanah Dan Kualitas Bahan Organik Perakaran Pohon Hubungannya Dengan Kekuatan Geser Tanah (*Shear Strength*) Di Tebing Sungai Bango Malang. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Purnomo, H. 1990. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). BRLKT-Sub DAS Brantas. Malang.
- Rismunandar. 1984. Air : Fungsi dan Kegunaannya Bagi Pertanian. Sinar Baru Algersindo. Bandung.
- Santoso, B. 1986. Sifat dan Ciri Andosol. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- _____, 1993. Sifat dan Ciri Andisol. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- _____, 1998. Perubahan Sifat-Sifat Andisol Akibat Perubahan Penggunaan Tanah dan Potensinya Untuk Asparagus. Disertasi. Program Pasca Sarjana. Universitas Brawijaya. Malang.
- Shoji, S.M., Nanzyo, and R. Dahlgren. 1993. Volcanic Ash Soils : Genesis, Properties, and Utilization. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Sudarto. 2004. Penelitian Hibah Kompetisi PHK A2. Tidak Dipublikasikan. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

- Suprayogo, D., Widiyanto, S.R. Utami, Sudarto, S. Ismunandar, C. Prayogo, I.D. Lestariningsih, dan D.K.A. Nugroho. 2005. Identifikasi Potensi Longsor dan Upaya Mencegah Bahaya Longsor : Pedoman Untuk Mengurangi Kerugian. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Suryolelono, K.B. 2006. Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik. Dalam Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Available online on http://lib.ugm.ac.id/data/download/1079402588_bencana.doc. (Di Akses Tanggal 12 Desember 2006).
- Tan, K.H. 1984. Andosols. Van Nostrnd Reinhold Company Inc. USA.
- _____. Diterjemahkan oleh Didiek Hadjar Goenadi. 1991. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tim Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2006. Pengenalan Gerakan Tanah. Available online on <http://merapi.vsi.esdm.go.id/?static/gerakantanah/pengenalan.htm>. (Di Akses Tanggal 22 Januari 2007).
- Utami, S.R., and E. Van Ranst. Na-Resin, A Recommended Methodology For Clay Dispersion of Volcanic Ash Soil in Java, Indonesia. Agrivita 21 (2) : 41-52.
- Utomo, W.H. 1985. Dasar-Dasar Fisika Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wada, K. 1986. Ando Soils in Japan. Kyushu University Press. Fukuoka.
- Wahyunto, S., H. Supriatna, W. Wahdini, dan Sunaryo. 2003. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Warrance, N.J., K.E. Pearson, and J.W. Bauder. 2003. The Basics of Salinity and Sodcity Effects on Soil Physical Properties. Available online on http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basics_highlight.shtml. (DI Akses Tanggal 12 Agustus 2007).
- Wibowo, S.B. 2007. Pengaruh Kemiringan Batas Horison Terhadap Waktu Pelongsoran Pada Tekstur Tanah Berdebu dan Berliat. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.
- Widiyanto. 2004. Penelitian Hibah Kompetisi PHK A2. Tidak Dipublikasikan. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Mala

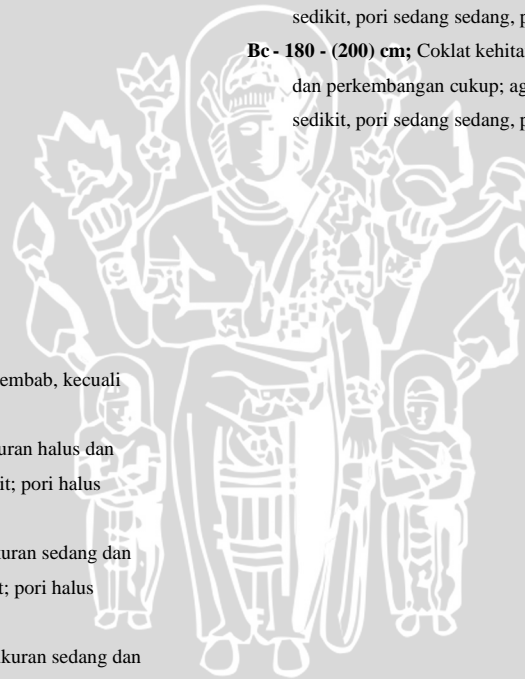
Lampiran 1. Deskripsi Profil

Kode Unit Peta	: Kemiri I
Klasifikasi Soil Tax	: Humic Dystrudepts
Deskripsi lokasi	: Desa Kemiri, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, Jawa Timur
Metode pengamatan	: Profil
Elevasi	: 950 m dpl (Altimeter)
Deskripsi landform	: Dataran tererosi
Lereng dan bentuk lereng	: 30° ; cembung
Arah Lokasi	: 2.5 km barat daya dari Desa Kemiri
Bahan induk	: Abu vulkan tua
Drainase	: Baik
Permeabilitas	: Cepat
Bahaya erosi dan pengendapan	: Cukup
Kedalaman efektif	: 180 cm
Batuan Permukaan	: Tidak ada
Penggunaan lahan	: Kebun
Vegetasi	: Tebu, ketela, bambu, rumput gajah, dan semak
Dideskripsikan oleh	: Anung AF, Dian H, Fibrian TS, Sandy BW

Dalam deskripsi pedon di bawah ini, warna tanah adalah warna dalam keadaan lembab, kecuali dinyatakan lain.

- Ap - 0 - 32 cm**; Cokelat kehitaman (10 YR 3/3); lempung berdebu; struktur granuler, ukuran halus dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedang, akar kasar sedikit; pori halus sedang, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak, beralih ke
- A - 32 - 61 cm**; Cokelat kehitaman (10 YR 3/3); lempung berdebu; struktur granuler, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar kasar sedikit; pori halus sedang, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak, beralih ke
- Bw₁ - 61 - 99 cm**; Cokelat kehitaman (10YR 2/3); lempung berdebu; struktur granuler, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar kasar sedikit; pori halus sedikit, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak, beralih ke

- Bw₂ - 99 - 111 cm**; Coklat sangat gelap (10 YR 2/2); lempung liat berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; lekat, plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; beralih ke
- Bw₃ - 111 - 137 cm**; Coklat kehitaman (10YR 3/3); lempung liat berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; beralih ke
- Bw₃ - 137 - 180 cm**; Coklat kehitaman (10YR 3/3); liat berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; beralih ke
- Bc - 180 - (200) cm**; Coklat kehitaman (10YR 2/3); liat berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedang, pori kasar sedikit



Kode Unit Peta	: Kemiri II
Klasifikasi Soil Tax	: Typic Hapludalfs
Deskripsi lokasi	: Desa Kemiri, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, Jawa Timur
Metode pengamatan	: Profil
Elevasi	: 936 m dpl (Altimeter)
Deskripsi landform	: Dataran tererosi
Lereng dan bentuk lereng	: 25° ; cembung
Arah Lokasi	: 2.5 km barat daya dari Desa Kemiri
Bahan induk	: Abu vulkan tua
Drainase	: Lambat
Permeabilitas	: Sedang
Bahaya erosi dan pengendapan	: Hebat
Kedalaman efektif	: 310 cm
Batuan Permukaan	: Tidak ada
Penggunaan lahan	: Kebun
Vegetasi	: Tebu, ketela, bambu, rumput gajah, dan semak
Dideskripsikan oleh	: Anung AF, Dian H, Fibrian TS, Sandy BW

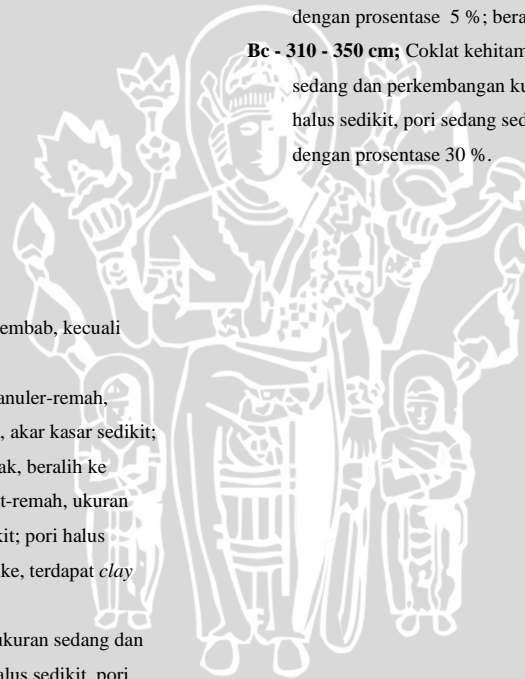
Dalam deskripsi pedon di bawah ini, warna tanah adalah warna dalam keadaan lembab, kecuali dinyatakan lain.

- Ap - 0 - 18 cm**; Cokelat gelap kehitaman (10 YR 4/3); lempung liat berdebu; struktur granuler-remah, ukuran halus dan perkembangan lemah; agak lekat, agak plastis; akar halus banyak, akar kasar sedikit; pori halus banyak, pori sedang banyak, pori kasar sedikit; batas berangsur, berombak, beralih ke
- Bt₁ - 18 - 49 cm**; Cokelat kehitaman (10 YR 3/3); liat berdebu; struktur gumpal bersudut-remah, ukuran sedang dan perkembangan lemah; lekat, plastis; akar halus sedang, akar kasar sedikit; pori halus sedang, pori sedang sedang, pori kasar sedang; batas berangsur, berombak, beralih ke, terdapat *clay coating*
- Bt₂ - 49 - 194 cm**; Cokelat kehitaman (10YR 3/3); liat berdebu; struktur granuler-butir, ukuran sedang dan perkembangan cukup; lekat, plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, pori kasar banyak; batas baur, berombak, beralih ke, terdapat *clay coating*

Bt₃ - 194 - 227 cm; Coklat gelap kehitaman (10 YR 4/3); lempung liat berdebu; struktur granuler-butir, ukuran sedang dan perkembangan cukup; lekat, plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, pori kasar banyak; batas berangsur, berombak; terdapat batuan dengan ukuran 5 cm – 20 cm dengan prosentase 15 %; beralih ke, terdapat *clay coating*

Bt₄ - 227 - 310 cm; Coklat kehitaman (10YR 3/3); liat berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan kuat; lekat, plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, pori kasar banyak; batas baur, berombak; terdapat batuan dengan ukuran 5 cm – 20 cm dengan prosentase 5 %; beralih ke, terdapat *clay coating*

Bc - 310 - 350 cm; Coklat kehitaman (10YR 3/3); lempung berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan kuat; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, pori kasar sedang; terdapat batuan dengan ukuran 10 cm - 20 cm dengan prosentase 30 %.



Kode Unit Peta	: Pandesari	Bw₃ - 111 - 124 cm ; Coklat sangat gelap (10YR 2/1); lempung; struktur granuler-remah, ukuran sedang dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; beralih ke
Klasifikasi Soil Tax	: Andic Dystrudepts	Bw₄ - 124 - 197 cm ; Coklat kehitaman (10YR 3/3); lempung liat berdebu; struktur granuler-butir, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; beralih ke
Deskripsi lokasi	: Desa Pandesari, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang, Jawa Timur	Bc - 197 - (230) cm ; Coklat gelap kehitaman (10YR 4/3); lempung liat berdebu; struktur granuler, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori kasar sedikit; terdapat batuan dengan ukuran 20 mm – 20 mm dengan prosentase 20 %.
Metode pengamatan	: Profil	
Elevasi	: 1255 m dpl (Altimeter)	
Deskripsi landform	: Bukit	
Lereng dan bentuk lereng	: 40° ; cembung	
Arah Lokasi	: 1 km timur dari Desa Pandesari	
Bahan induk	: Abu vulkan muda	
Drainase	: Lambat	
Permeabilitas	: Lambat	
Bahaya erosi dan pengendapan	: Cukup	
Kedalaman efektif	: 197 cm	
Batuan Permukaan	: Tidak ada	
Penggunaan lahan	: Hutan	
Vegetasi	: Kaliandra, alpukat, pinus, rumput gajah.	
Dideskripsikan oleh	: Anung AF, Dian H, Fibrian TS, Sandy BW	

Dalam deskripsi pedon di bawah ini, warna tanah adalah warna dalam keadaan lembab, kecuali dinyatakan lain.

- Ap - 0 - 14 cm**; Cokelat sangat gelap (10 YR 3/2); lempung liat berpasir; struktur granuler-butir, ukuran halus dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus banyak, akar sedang banyak, akar kasar sedikit; pori halus banyak dan kasar sedang; batas berangsur, berombak, beralih ke
- A - 14 - 46 cm**; Cokelat sangat gelap (10 YR 3/2); lempung liat berpasir; struktur granuler-remah, ukuran shalus dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedang, akar kasar sedikit; pori halus sedang, pori kasar sedikit; batas berangsur, berombak, beralih ke
- Bw₁ - 46 - 79 cm**; Cokelat sangat gelap (10YR 2/2); lempung; struktur granuler, ukuran halus dan perkembangan cukup; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedikit, akar kasar sedikit; pori halus sedikit, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak, beralih ke
- Bw₂ - 79 - 111 cm**; Coklat sangat gelap (10 YR 2/2); lempung liat berpasir; struktur granuler, ukuran sedang dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedikit, pori kasar sedikit; batas berangsur, berombak; beralih ke

Kode Unit Peta	: Tulungrejo	tidak ada; pori halus banyak, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas berangsur, berombak; berat isi 0,81 g/cm ³ ; beralih ke
Klasifikasi Soil Tax	: Typic Hapludands	Bw₃ - 78 - 99 cm ; Coklat kehitaman (10YR 3/3); lempung berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedang, akar kasar tidak ada; pori halus banyak, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas berangsur, berombak; berat isi 0,75 g/cm ³ ; beralih ke
Deskripsi lokasi	: Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kabupaten Malang, Jawa Timur	Bw₃ - 99 - 120 cm ; Coklat kehitaman (10YR 3/3); lempung berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; tidak lekat, tidak plastis; akar halus tidak ada, akar sedang sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedang, pori sedang sedikit, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; berat isi 0,80 g/cm ³ ; beralih ke
Metode pengamatan	: Profil	Bc - 120 - (130) cm ; Coklat kehitaman (10YR 3/3); lempung berdebu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; agak lekat, agak plastis; akar halus tidak ada, akar sedang sedikit, akar kasar tidak ada; pori halus sedang, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas jelas, berombak; berat isi 0,87 g/cm ³ ; terdapat batuan dengan ukuran 5 mm – 20 mm dengan prosentase 15 %.
Elevasi	: 1415 m dpl (Altimeter)	
Deskripsi landform	: Aluvial kolumial	
Lereng dan bentuk lereng	: 35° ; cekung	
Arah Lokasi	: 2.5 km utara dari Desa Tulungrejo	
Bahan induk	: Abu vulkan muda	
Drainase	: Lambat	
Permeabilitas	: Lambat	
Bahaya erosi dan pengendapan	: Cukup	
Kedalaman efektif	: 120 cm	
Batuan Permukaan	: Tidak ada	
Penggunaan lahan	: Kebun	
Vegetasi	: Apel, bambu, wortel, kubis.	
Dideskripsikan oleh	: Anung AF, Dian H, Fibrian TS, Sandy BW	

Dalam deskripsi pedon di bawah ini, warna tanah adalah warna dalam keadaan lembab, kecuali dinyatakan lain.

- Ap - 0 - 18 cm**; Cokelat sangat gelap (10 YR 2/1); debu; struktur remah, ukuran halus dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus banyak, akar kasar sedikit; pori halus banyak, sedang sedang dan kasar sedikit; batas berangsur, tidak beraturan; berat isi 0,68 g/cm³; beralih ke
- A - 18 - 37 cm**; Cokelat sangat gelap (10 YR 2/1); debu; struktur granuler-remah, ukuran halus dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus banyak, akar kasar sedikit; pori halus banyak, pori sedang sedang, pori kasar sedikit; batas berangsur, tidak teratur; berat isi 0,69 g/cm³; beralih ke
- Bw₁ - 37 - 52 cm**; Cokelat sangat gelap (10YR 2/1); debu; struktur granuler-remah, ukuran sedang dan perkembangan lemah; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedang, akar kasar sedikit; pori halus banyak, pori sedang sedang, pori kasar sedang; batas jelas, berombak; berat isi 0,73 g/cm³; beralih ke
- Bw₂ - 52 - 78 cm**; Coklat sangat gelap (10 YR 3/2); debu; struktur gumpal membulat, ukuran sedang dan perkembangan cukup; tidak lekat, tidak plastis; akar halus sedikit, akar sedang sedang, akar kasar

Lampiran 2. Hasil Analisa Sidik Ragam Agen Penyemen Tanah dengan DMR

1. Bahan Amorf

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	15	4.114	0.2743	1.02	0.505
Perlakuan	1	0.2532	0.2532	0.94	0.356
Residual	10	2.7017	0.2702		
Total	26	7.0689	0.2719		

2. Kation Ca, Mg, dan K

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	18	3.411	0.19	0.16	0.999
Perlakuan	2	0.679	0.339	0.29	0.759
Residual	6	7.065	1.178		
Total	26	11.115	0.429		

3. Kation Na

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	13	3.0318	0.2332	0.71	0.723
Perlakuan	2	0.2258	0.1129	0.34	0.716
Residual	11	3.6047	0.3277		
Total	26	6.8623	0.2639		

Lampiran 3. Hasil Analisa Sidik Ragam Agen Penyemen Tanah dengan Batas Cair dan KHJ

1. Batas Cair

a. Bahan Amorf

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	15	6863.7	457.6	1.12	0.442
Perlakuan	1	1489.1	1489.1	3.63	0.086
Residual	10	41100.4	410		
Total	26	12453.2	479		

b. Kation Ca, Mg, dan K

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	18	7320	406.7	0.58	0.825
Perlakuan	2	947.4	473.7	0.68	0.542
Residual	6	4185.8	697.6		
Total	26	12453.2	479		

c. Kation Na

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	13	7560.7	581.6	1.46	0.268
Perlakuan	2	514.2	257.1	0.65	0.543
Residual	11	4378.3	398		
Total	26	12453.2	479		

2. Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ)

a. Bahan Amorf

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	15	7620.9	508.1	0.54	0.865
Perlakuan	1	606.3	606.3	0.64	0.442
Residual	10	9442.7	944.3		
Total	26	17669.8	679.6		

b. Kation Ca, Mg, dan K

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	18	10048.8	558.3	0.64	0.782
Perlakuan	2	2422.1	1211	1.4	0.317
Residual	6	5199	866.5		
Total	26	17669.8	679.6		

c. Kation Na

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	13	10239.7	787.7	1.74	0.181
Perlakuan	2	2458.3	1229.1	2.72	0.11
Residual	11	4971.9	452		
Total	26	17669.8	679.6		



Lampiran 4. Hasil Analisa Sidik Ragam Selisih Sifat Fisik dengan Waktu
Simulasi Longsor

1. Batas Cair

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	12	178339	14862	0.66	0.749
Perlakuan	2	111278	55639	2.48	1.145
Residual	8	179334	22417		
Total	22	468951	21316		

2. Konduktivitas Hidrolik Jenuh

Change	d.f	s.s	m.s	v.r	F pr.
Ulangan	15	328394	21893	1.07	0.516
Perlakuan	2	37856	18928	0.92	0.456
Residual	5	102701	20540		
Total	22	468951	21316		

Lampiran 5. Hasil Regresi Berganda Untuk IFL

	Estimate	s.e	t(18)	t pr.
Constan	197.4	70.9	2.78	0.612
Selisih liat +debu	-1.14	2.01	-0.56	0.579
Selisih KHJ	0.1	1.53	0.19	0.848
Selisih DMR	66.4	88.5	0.75	0.463
Selisih batas cair	12.26	3.89	3.16	0.005