

**ANALISIS PENYEBAB LONGSOR
DI KAWASAN PERBUKITAN MALANG SELATAN
KECAMATAN PAGAK KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Oleh :

Dewi Nurrohmah Wulansari



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2009

ANALISIS PENYEBAB LONGSOR

DI KAWASAN PERBUKITAN MALANG SELATAN
KECAMATAN PAGAK KABUPATEN MALANG

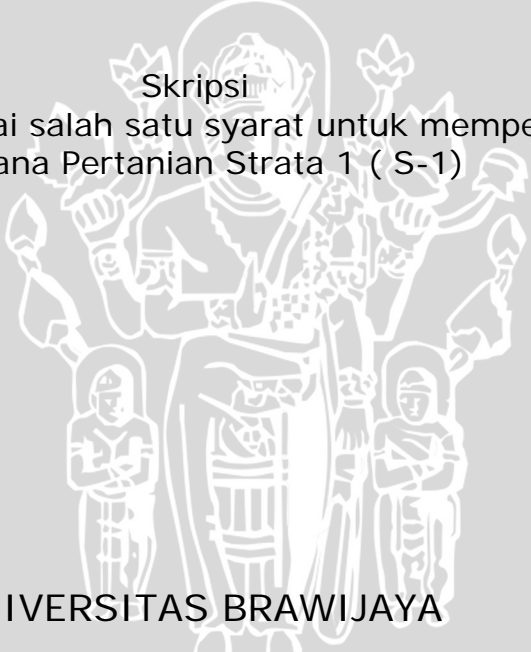
Oleh :

Dewi Nurrohmah Wulansari

0510430010 - 43

Skripsi

Disampaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian Strata 1 (S-1)



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG

2009

RINGKASAN

Dewi Nurrohmah Wulansari. 0510430010–43. Analisis Penyebab Longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan Kecamatan Pagak Kabupaten Malang. Di bawah bimbingan : Soemarno sebagai Pembimbing Utama dan Sugeng Priyono sebagai Pembimbing Pendamping

Longsor merupakan proses kejadian alam yang diakibatkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi ditunjang dengan kondisi tanah yang labil. Semakin curam kemiringan lereng maka akan semakin tinggi pula potensi terjadinya longsor. Wilayah Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya di Kecamatan Pagak memiliki komposisi tanah rentan terhadap proses penjenjuran oleh air hujan sehingga rawan terhadap bahaya longsor.

Penelitian dilaksanakan pada titik longsor perwakilan di wilayah Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya. Klasifikasi dan penyeleksi longsor didasarkan pada kondisi longsor dan tipe penggunaan lahan yang terbagi menjadi tiga yaitu hutan produksi, kebun campuran dan tegalan. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi karakteristik lapisan semi kedap dan mengetahui kedalaman bidang gelincir tanah melalui estimasi kondisi lapisan semi kedap di kawasan Perbukitan Malang Selatan yang berpengaruh terhadap kejadian dan volume longsor.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan semi kedap yang teridentifikasi di kawasan Perbukitan Malang Selatan yang berpotensi memicu longsor berupa akumulasi liat yang padat dan relatif mampat. Bentuk lapisan semi kedap dan komposisi tekstur pada penampang longsor menentukan kedalaman bidang gelincir tanah. Hal ini berkaitan dengan kondisi bidang gelincir tanah yaitu identifikasi pembentukan bidang gelincir tanah paling dalam ditemukan pada penampang longsor Desa Sempol pada kedalaman 82 cm dengan komposisi lapisan liat semi kedap pada kedalaman 100 cm sedangkan pembentukan bidang gelincir paling dangkal ditemukan pada penampang longsor Desa Telogorejo pada kedalaman 27 cm dengan bentuk kombinasi lapisan liat semi kedap dengan pecahan fragmen batuan gamping pada kedalaman 27-107 cm. Pembentukan bidang gelincir juga ditentukan komposisi laju aliran air dan komposisi tekstur antar lapisan tanah. Semakin halus komposisi tekstur maka laju KHJ akan semakin rendah sehingga estimasi bentuk bidang gelincir tanah dapat terlihat dari perbedaan nilai KHJ antar lapisan tanah. Semakin dalam bentuk bidang gelincir tanah, maka semakin besar volume longornya. Volume longsor terbesar ditemukan pada penampang longsor Desa Sempol yaitu 337.5 m^3 sedangkan untuk volume longsor terbesar ditemukan di Desa Telogorejo yaitu 17.2 m^3 . Penelitian dapat disimpulkan bahwa letak lapisan semi kedap pada kawasan Perbukitan Malang Selatan selalu diikuti oleh pembentukan bidang gelincir tanah sehingga berpengaruh terhadap besarnya volume longsor.

Kata Kunci : Lapisan Semi Kedap, Kedalaman Bidang Gelincir, Permeabilitas Tanah, Komposisi Tekstur, Longsor

repository.ub.ac.id

Analysis of Landslides Faction at Hilly Areas of South Malang of the Pagak Sub District, Malang.

Dewi Nurrohmah Wulansari¹⁾ Soemarno²⁾ Sugeng Prijono³⁾

1) Undergraduated Studen of Soil Science of Agriculture, Brawijaya University

2) Researcher in Soil Science Faculty of Agriculture, Brawijaya University

ABSTRACT

Landslides are common natural symptom caused by high rainfall intensity and influenced by the unstable soil condition. Steepness of land has a significant effect on landslide. For the Hilly areas of the South Malang, and especially at Pagak sub district, soil materials are quickly saturated by high rainfall intensity, so susceptible to landslides.

The research was done at the landslides point of the Hilly areas. Landslides selection and classification were decision from landslides condition and landuse types using three characteristics, that is production forest, mixing of garden and dry field. The research purposed are identifying characteristic of semi impermeable layers that influence the landslides and measure the soil slip surface depths through semi impermeable layer condition at hill areas of the South Malang has big influence of landslides potential.

The results showed that semi impermeable layer that is identified at Hilly areas of the South Malang. It has potencies to cause landslides is accumulation of dense and relative compact clay. Semi impermeable layer and texture compotition at soil component are determining of soil slip surface making. It is related with the soil slip surface, that is identification of the deepest slip surface formation found at the cross section of landslide of the Sempol village at the depth of 82 cm with composition of semi impermeable clay layers at 100 cm depth while the shallowest slip surface formation is found at the cross section at the Telogorejo village at 27 cm depth with formation of semi impermeable layer combination with limestone fragment pieces at 27-107 cm depth. The slip surface formation also be determined by water flow rate and texture composition among soil layer. Smoothest of texture has big influence to the low of soil permeability. Soil slip surface making can be seen from any different of soil permeability. Deepest of soil slip surface has a significant effect on the landslides volume. The biggest of landslides volume are identified by measure soil material of landslides case consist Sempol village is 337.5 m³, whereas the smallest of landslides volume are identified soil material of landslides case consist Telogorejo village is 17.2 m³. The research can be concluded that position of semi impermeable layers at soil component always followed by soil slip surface formation above or in the layer. It has big influence to the landslide volume.

Key Word : Semi Impermeable Layer, Soil of Slip Surface Depth, Soil Permeability, Texture Compotition, Landslide

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan ridho dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik skripsi yang berjudul “Analisis Penyebab Longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang“, yang diajukan sebagai tugas akhir dalam rangka menyelesaikan studi di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Selama proses penulisan skripsi, penulis banyak mendapatkan masukan, saran dan dukungan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah, Ibu, adik serta seluruh keluarga penulis atas do'a, semangat serta dukungan selama ini.
2. Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS sebagai pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
3. Dr. Ir. Sugeng Prijono, MS sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan motivasi kepada penulis.
4. Dr. Ir. Sudarto, MS dan Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS selaku dosen penguji atas segala saran dan masukannya..
5. Ketua Jurusan, seluruh dosen dan staf Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas segala nasihatnya.
6. Teman-teman Tanah angkatan 2005 yang selalu memberikan motivasi dan semangatnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini, masih dipenuhi dengan kesalahan dan keterbatasan, meskipun demikian, penulis tetap berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi semua pihak

Malang, Juli 2009

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surakarta, pada tanggal 01 Agustus 1987 dan merupakan putra pertama dari dua bersaudara dari seorang ayah bernama Hendri Sunarto dan ibu bernama Mila Karimah Sa'diyah. Penulis memulai pendidikan dasar di SDN Magetan III Magetan (1993-1999), SMP Negeri 1 Magetan (1999 - 2002), dan SMU Negeri 1 Magetan (2002 - 2005).

Penulis masuk Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui UMPTN tahun 2005. Selama masa kuliah, penulis aktif di kegiatan Akademik maupun Keorganisasian. Penulis pernah menjabat sebagai asisten praktikum mata kuliah Interpretasi Foto Udara (IFU) pada semester enam, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan (STEL) pada semester tujuh. Selain itu penulis pernah menjabat sebagai anggota Divisi I Pengembangan Sumber Daya Manusia Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya periode 2004-2005 dengan melaksanakan berbagai kegiatan antara lain peningkatan mutu dan kualitas mahasiswa Ilmu Tanah melalui pemberian fasilitas dan bimbingan belajar baik kegiatan akademis (perkuliahan) maupun non akademis (ekstra kurikuler).



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **ANALISIS PENYEBAB LONGSOR DI PERBUKITAN
MALANG SELATAN KECAMATAN PAGAK,
KABUPATEN MALANG**

Nama Mahasiswa : **DEWI NURROHMAH WULANSARI**

N I M : 0510430010 – 43

Jurusan : TANAH

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Utama,

Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
NIP. 130 884 237

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 130 935 806

Tanggal Persetujuan :

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Dewi Nurrohmah Wulansari
 Nim : 0510430010 – 43
 Jurusan : Tanah
 Program studi : Ilmu Tanah
 Judul : **ANALISIS PENYEBAB LONGSOR DI PERBUKITAN
 MALANG SELATAN KECAMATAN PAGAK,
 KABUPATEN MALANG**
 Menyetujui : Dosen Pembimbing

Utama,

Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
 NIP. 130 884 237

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

Tanggal Persetujuan :

**MENGESAHKAN
MAJELIS PENGUJI**

Dr. Ir. Sugeng Priyono, MS
Penguji Utama

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
Penguji Kedua

Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
Penguji Ketiga

Dr. Ir. Sudarto, MS
Penguji Keempat

Tanggal Lulus :

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dewi Nurrohmah Wulansari
NIM : 0510430010 – 43
Jurusan/PS : Tanah / Ilmu Tanah

Menyerahkan bahwa Skripsi yang berjudul :

**“Analisis Penyebab Longsor Di Perbukitan Malang Selatan Kecamatan Pagak,
Kabupaten Malang”**

Merupakan karya tulis yang penulis buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana terdapat pernyataan kami tidak benar, kami sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya.

Malang,
Yang menyatakan

Dewi Nurrohmah Wulansari
NIM. 0510430010 - 43

Mengetahui :

Utama,

Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS
NIP. 130 884 237

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

Ketua Jurusan

Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 130 935 806

DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATAPENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
SURAT PERNYATAAN SKRIPSI.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
GLOSARI	xvii
I. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.3 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Lahan	Error! Bookmark not defined.
2.2 Definisi Longsor	6
2.3 Penyebab Longsor	Error! Bookmark not defined.
2.4 Tipe dan Mekanisme Longsor	Error! Bookmark not defined.
2.5. Perbukitan Malang Selatan	Error! Bookmark not defined.
2.6. Bidang Gelincir.....	Error! Bookmark not defined.
2.7. Material Penyusun Bidang Gelincir.....	Error! Bookmark not defined.
2.8. Hubungan Material Penyusun Bidang Gelincir dengan Longsor	Error! Bookmark not defined.
2.9. Konduktivitas Hidraulik Jenuh.	Error! Bookmark not defined.
III. METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Waktu dan Tempat	Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Penelitian.	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Tahapan Persiapan.	Error! Bookmark not defined.
3.3.2 Pra Survei.	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Survei utama	Error! Bookmark not defined.
3.4 Analisis Laboratorium	Error! Bookmark not defined.
3.5 Analisis Data dan Pelaporan	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1. Kondisi Umum Wilayah Penelitian	Error! Bookmark not defined.

4.1.1	Lokasi	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Iklim	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Geologi dan Lithologi	Error! Bookmark not defined.
4.1.4	<i>Landform</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.5	Tanah	Error! Bookmark not defined.
4.1.6	Lereng dan Relief.	Error! Bookmark not defined.
4.1.7	Penggunaan Lahan	Error! Bookmark not defined.
4.2	Sebaran Titik Longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan	47
4.3	Karakterisasi Titik Longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan.	
	Error! Bookmark not defined.	
4.3.1	Deskripsi Longsor Perwakilan Sumberkerto 1	50
4.3.2	Deskripsi Longsor Perwakilan Sumberkerto 2	56
4.3.3	Deskripsi Longsor Perwakilan Pagak	62
4.3.4	Deskripsi Longsor Perwakilan Gampingan.	68
4.3.5	Deskripsi Longsor Perwakilan Telogorejo	74
4.3.6	Deskripsi Longsor Perwakilan Sempol	81
4.4	Bidang Gelincir tanah	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Hubungan Lapisan Semi Kedap dengan Bidang Gelincir	89
4.4.2	Hubungan Tekstur dan KHJ dengan Bidang Gelincir	91
4.4.3	Hubungan Kedalaman Bidang Gelincir dan Volume Longsor	93
4.5	Pembahasan Umum	Error! Bookmark not defined.
4.5.1	Faktor Penyebab Longsor (Faktor Internal dan Eksternal).....	94
V.KESIMPULAN DAN SARAN		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN		103

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Tipe gerakan massa tanah (Varnes,1978).....	Error! Bookmark not defined.
2.	Komposisi Kimia Mineral Liat (William and Stainlave, 1993).	Error! Bookmark not defined.
3.	Kelas-Kelas Konduktivitas Hidraulik Jenuh (Foth, 1984)...	Error! Bookmark not defined.
4.	Alat dan bahan penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
5.	Pengkelasan lereng berdasarkan kenampakan pada foto udara ..	Error! Bookmark not defined.
6.	Variabel Pengukuran dan Metode yang Digunakan	Error! Bookmark not defined.
7.	Deskripsi <i>Landform</i> Kecamatan Pagak.....	Error! Bookmark not defined.
8.	Identifikasi Longsor yang terseleksi di kawasan Perbukitan Malang Selatan	Error! Bookmark not defined.
9.	Hasil Karakterisasi dan Rekapitulasi Longsor	88
10.	Korelasi Letak lapisan semi kedap air dengan kedalaman bidang gelincir ...	Error! Bookmark not defined.
11.	Kisaran sebaran tanah Kecamatan Pagak.....	104



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Alur Pemikiran Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
2.	Penampang Longsor dengan lapisan lapisan liat kedap (Ohlmacher, 2001).....	Error! Bookmark not defined.
3.	Tipe Pergerakan Longsor (Varnes, 1978).....	Error! Bookmark not defined.
4.	Analogi gerakan massa akibat bentukan bidang luncur (Panitia Teknik, 2005)	Error! Bookmark not defined.
5.	Penampang Profil Tanah (Buol <i>et al.</i> , 2003)	Error! Bookmark not defined.
6.	Kenampakan lapisan kedap air pada penampang profil tanah (Wine, 1996)	Error! Bookmark not defined.
7.	Alur Kerja Penelitian	Error! Bookmark not defined.
8.	Alur Kerja Laboratorium	Error! Bookmark not defined.
9.	Sebaran curah hujan, hari hujan dan hari terang Kecamatan Pagak	Error! Bookmark not defined.
10.	Kondisi Lahan titik Longsor perwakilan Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak	Error! Bookmark not defined.
11.	Identifikasi Longsor Desa Sumberkerto	Error! Bookmark not defined.
12.	Bentukan lapisan semi kedap.....	Error! Bookmark not defined.
13.	Skema laju KHJ pada penampang longsor Desa Sumberkerto 1	Error! Bookmark not defined.
14.	Skema Komposisi sebaran tekstur Desa Sumberkerto1.....	Error! Bookmark not defined.
15.	Kondisi Lahan titik longsor perwakilan Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak	Error! Bookmark not defined.
16.	Identifikasi Longsor Desa Sumberkerto 2	Error! Bookmark not defined.
17.	Bentukan Lapisan Semi Kedap berupa Lapisan Liat.....	Error! Bookmark not defined.
18.	Skema Laju nilai KHJ penampang longsor Desa Sumberkerto 2.....	Error! Bookmark not defined.

19. Skema Komposisi sebaran tekstur Desa Sumberkerto2..... **Error! Bookmark not defined.**
20. Kondisi lahan pada titik longsor perwakilan Desa Pagak, Kecamatan Pagak **Error! Bookmark not defined.**
21. Identifikasi Longsor Desa Pagak**Error! Bookmark not defined.**
22. Bentuk lapisan semi kedap berupa lapisan liat yang padat**Error! Bookmark not defined.**
23. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Pagak**Error! Bookmark not defined.**
24. Skema Komposisi sebaran Tekstur pada penampang longsor Desa Pagak ... **Error! Bookmark not defined.**
25. Kondisi Lahan titik longsor perwakilan Desa Gampingan, Kecamatan Pagak .. **Error! Bookmark not defined.**
26. Identifikasi Longsor Desa Gampingan**Error! Bookmark not defined.**
27. Bentuk lapisan semi kedap air pada penampang longsor. **Error! Bookmark not defined.**
28. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Gampingan **Error! Bookmark not defined.**
29. Skema komposisi sebaran tekstur tanah Desa Gampingan.. **Error! Bookmark not defined.**
30. Kondisi bentuk lahan titik longsor perwakilan Desa Telogorejo **Error! Bookmark not defined.**
31. Identifikasi Longsor Desa Telogorejo**Error! Bookmark not defined.**
32. Komposisi susunan lapisan liat diatas bentuk batu gamping .**Error! Bookmark not defined.**
33. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Telogorejo **Error! Bookmark not defined.**
34. Skema komposisi sebaran Tekstur pada penampang longsor Desa Telogorejo**Error! Bookmark not defined.**
35. Kondisi titik longsor perwakilan Desa Sempol, Kecamatan Pagak.**Error! Bookmark not defined.**
36. Identifikasi Longsor Desa Sempol.....**Error! Bookmark not defined.**

37. Bentuk Lapisan semi kedap berupa material tanah bertekstur liat nyata **Error!**

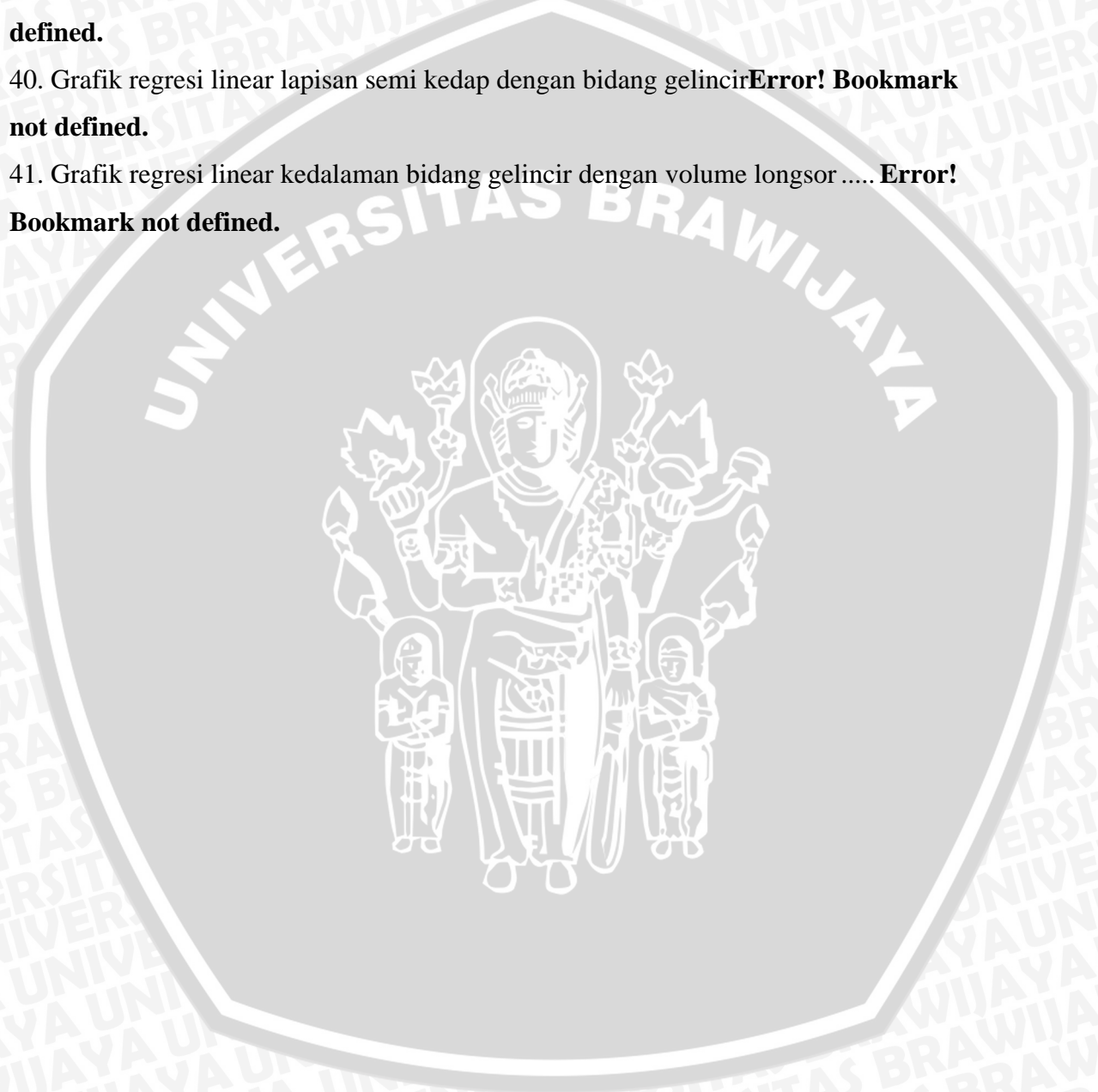
Bookmark not defined.

38. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Sempol.. **Error! Bookmark not defined.**

39. Skema komposisi sebaran tekstur tanah Desa Sempol **Error! Bookmark not defined.**

40. Grafik regresi linear lapisan semi kedap dengan bidang gelincir **Error! Bookmark not defined.**

41. Grafik regresi linear kedalaman bidang gelincir dengan volume longsor **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1.	Peta Sebaran Titik Longsor Kecamatan Pagak.....	103
2.	Peta Administrasi Kecamatan Pagak	104
3.	Peta Geologi Kecamatan Pagak.....	105
4.	Peta Landform Kecamatan Pagak.....	106
5.	Peta Lereng Kecamatan Pagak.....	107
6.	Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Pagak.	108
7.	Peta Kisaran Sebaran Tanah Kecamatan Pagak.....	109
8.	Peta Mozaik foto Kecamatan Pagak	110
9.	Klasifikasi Tanah Titik Longsor Sumberkerto 1	111
10.	Klasifikasi Tanah Titik Longsor Sumberkerto 2	112
11.	Klasifikasi Tanah Titik Longsor Pagak	113
12.	Klasifikasi Tanah Titik Longsor Gampingan	114
13.	Klasifikasi Tanah Titik Longsor Telogorejo.....	115
14.	Klasifikasi Tanah Titik Longsor Sempol.....	116
15.	Data Pengamatan Parameter Kimia Tanah	117
16.	Data Pengamatan Parameter Fisika Tanah	118
17.	Data Curah Hujan Kecamatan Pagak tahun 1999-2008	119
18.	Data Suhu dan Temperatur Udara Kecamatan Pagak tahun 2004-2008.....	120

DAFTAR SINGKATAN

- BI : Berat Isi
- BJ : Berat Jenis
- BO : Bahan Organik adalah sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati baik sisaorganisme, seresah, sisa cabang atau ranting tumbuhan di permukaan tanah yang belum terlapuk secara sempurna serta masih belum tercampur dengan tanah.
- GPS : *Geographic Position System*
- ICA : Indeks Cengkeraman Akar yaitu kemampuan akar dalam mencengkeram tanah (pertumbuhan akar ke arah lateral horizontal) berfungsi untuk mempertahankan kestabilan tanah dari bahaya erosi berkepanjangan
- IJA : Indeks Jangkar Akar yaitu kemampuan akar dalam menjangkar tanah (Pertumbuhan akar ke arah bawah) berfungsi untuk mempertahankan kestabilan lereng.
- KB : Kejenuhan Basa merupakan perbandingan jumlah kation basa dan jumlah semua kation (kation basa dan kation asam) yang terdapat dalam kompleks jerapan tanah.
- KHJ : Konduktivitas Hidraulik Jenuh merupakan kecepatan bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh.
- KTK : Kapasitas Tukar Kation merupakan banyaknya kation yang dapat dijerap oleh tanah per satuan berat (biasanya per 100g).
- pH : Derajat kemasaman dan kebasaaan suatu tanah (*Parameter of Humidity*)
- PPJP : Pedologi Penginderaan Jauh dan Pemetaan
- SIG : Sistem Informasi Geografi



GLOSARI

- Agregat** : Kombinasi atau susunan partikel-partikel tanah primer (pasir,debu,liat) sampai pada partikel-partikel sekunder atau (ped) (Foth, 1984).
- Alfisol** : Tanah mineral yang mempunyai epipedon okrik atau umbrik, horizon argilik dan mengikat air pada potensi kurang dari -15 bar untuk paling sedikit 3 bulan bila tanah cukup hangat untuk tanaman-tanaman yang tumbuh diluar rumah dan mempunyai rata-rata temperatur tanah tahunan kurang dari 8⁰ C atau kejenuhan basanya 35% atau lebih pada bagian lebih bawah dari horizon argilik bila diukur pada pH 8.2 (Foth, 1984).
- Aquifer** : Formasi geologi berporos yang berfungsi sebagai pengisi dan pengikat air dalam jumlah yang cukup untuk memberikan sumber masukan energi bagi kehidupan manusia.
- Berat Jenis** : Kerapatan dari partikel padat secara keseluruhan.
- Berat Isi Claypan** : Perbandingan antara massa padatan tanah dengan volume tanah
: Lapisan yang padat dan kompak dalam sub soil yang mempunyai kandungan liat lebih tinggi dari bahan yang mendasari dan dipisahkan oleh ikatan yang jelas. Dibentuk oleh gerakan liat kebawah atau sintesa liat pada tempat dimana pembentukan tanah terjadi (Foth, 1984).
- Deformasi** : Proses perusakan bentuk benda sehingga mengurangi fungsi dan kemampuan benda.
- Edapologis** : Ilmu yang mempelajari hubungan tanah dengan pertumbuhan tanaman (Hardjowigeno, 1995).
- Elluviiasi** : Gerakan bawah tanah dalam suspensi (dalam larutan) dari satu lapisan atau dari lapisan-lapisan dalam tanah (Foth, 1984).
- Endopedon** : Horizon bawah tanah yang dapat mencakup seluruh horizon B atau lebih tipis dari horizon B (Rayes, 2007).
- Entisol** : Tanah-tanah mineral yang tidak mempunyai horizon pedogenik yang jelas di dalam 1 meter permukaan tanah (Foth, 1984).
- Flokulasi** : Agen/komponen kimia (misal: *Sodium metaphospat*) dan mekanik (mencampur, menyatukan dan getaran ultrasonik) yang berfungsi sebagai pemecah ikatan kation yang terabsorpsi oleh liat maupun oleh kation²⁺ dan kation³⁺ (Hillel, 1998).
- Fragmen** : Bagian terkecil yang menyusun komposisi tanah/batuan.

- Gaya Endogen** : Gaya yang disebabkan oleh aktivitas didalam lithosfer yang dapat mempengaruhi terjadinya suatu peristiwa alam tertentu.
- Gaya Eksogen** : Gaya yang disebabkan oleh aktivitas diluar lithosfer yang dapat mempengaruhi terjadinya suatu peristiwa alam tertentu.
- Horizon** : Suatu lapisan tanah yang terletak sejajar dengan permukaan bumi dengan watak-watak yang dikendalikan oleh proses-proses pembentukannya. Merupakan tubuh nyata dan sub bagian dari individu tanah yang meluas secara lateral (Poerwowidodo, 1991).
- Horizon B** : Horizon penciri dengan menampilkan satu atau lebih watak khas berikut yaitu tempat penimbunan liat silikat, besi dan alumunium atau humus baik secara tunggal maupun majemuk, adanya sisa seskuioksida secara tunggal atau tercampur terbentuk melalui pelarutan dan pemindahan karbonat dan garam sangat dapat larut, pelapisan seskuioksida cukup untuk memberi warna kelimat sangat kuat dan mencolok (Poerwowidodo, 1991).
- Impermeable** : Kondisi kedap air dimana tidak mampu terlewati oleh zat atau larutan.
- Illuviiasi** : Proses penimbunan bahan tanah yang dipindahkan dari satu horizon ke horizon lainnya dalam tanah, biasanya dari horizon lebih atas ke horizon lebih bawah dalam profil tanah (Foth, 1984).
- Inceptisol** : Tanah muda yang lebih berkembang daripada entisol umumnya mempunyai horizon kambik karena tanah belum berkembang lanjut dan mempunyai kesuburan yang relatif baik (Hardjowigeno, 1995).
- Kekar** : Suatu sifat yang menunjukkan kemampuan dan keutuhan suatu kondisi/benda.
- Konsistensi** : Ketahanan suatu bahan terhadap perubahan bentuk dan pemecahan.
- Konsolidasi** : Proses penyatuan atau perekatan fragmen-fragmen tanah berukuran kecil menjadi sesuatu zat padat yang utuh dan kompak.
- Korosi** : Proses pelepasan ikatan (dispersi) fragmen batuan yang dapat meningkatkan aktivitas dan pergerakan air melewati rongga batuan (pengikisan permukaan batuan).
- Lateral** : Arah yang menyebar secara horizontal.

- Landform* : Bentuk lahan yang mengisi permukaan bumi tersusun dari batuan utuh yang melapuk secara morfologis dipengaruhi oleh gaya endogen dan eksogen bumi.
- Landuse* : Sistem kenampakan lahan yang dimanfaatkan manusia yang memberikan input pemenuhan kebutuhan manusia itu sendiri. (misal hutan, sawah, tegalan).
- Pelapukan* : Semua perubahan fisika dan kimia yang dihasilkan pada batuan, pada atau dekat permukaan bumi oleh bahan-bahan atmosfer (Foth, 1984).
- Plastisitas* : Kemampuan tanah untuk diubah dan dibentuk kembali terus menerus dan tetap oleh gaya yang relatif sedang, menjadi bentuk yang bermacam-macam (Utomo, 1984).
- Regolith* : Selimut yang tidak kuat pada batuan yang dapat dilapuk dan bahan tanah pada permukaan bumi (Stemberk, 2002).
- Solum* : Bagian profil tanah yang atas dan paling banyak dilapuk meliputi horizon A dan B (Hardjowigwno, 1995).
- Struktur* : Agregasi partikel-partikel primer tanah kedalam partikel padu yang terpisahkan dari agregat lainnya oleh suatu bidang belah alami (Poerwowidodo, 1991).
- Tegangan Geser* : Gaya yang dimiliki oleh suatu benda per satuan luas bidang gerak (Ludwig, 2007).
- Zona Patahan* : Daerah/wilayah yang mampu mengindikasikan perubahan tekanan dan peningkatan gaya gravitasi. Misalnya tekanan menuju beban lebih rendah dari gaya gravitasi yang menarik beban ditunjang dengan daya tampungan maksimum untuk beban lebih kecil menyebabkan terputusnya beban dengan membentuk sudut patahan tertentu.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konversi dan alih fungsi hutan lindung menjadi lahan pertanian maupun lahan pemukiman terjadi di berbagai lokasi di Indonesia. Menurut Departemen Kehutanan RI (2006), penurunan luasan hutan mencapai 50% dari total luasan ideal hutan yang ditentukan dengan prosentase kurang dari 15% dari luas daratan atau hanya sebesar 19.828 km², sedangkan luasan pemukiman meningkat hingga mencapai 60%, sisanya sebesar 15% luasan areal pertanian dan 10% luasan areal perkebunan. Kondisi ketidakseimbangan ini dapat meningkatkan potensi bencana alam khususnya tanah longsor.

Longsor merupakan proses geologi yang berupa gerakan perpindahan material dalam jumlah yang besar berupa batuan, *regolith*, atau tanah, dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang kemudian mampu tertumpuk di kaki lereng atau hanyut bersama dengan aliran air sungai yang selanjutnya diendapkan pada tempat yang relatif datar (Suprayogo *et al.*, 2005). Sumiyatinah dan Yohanes (2000) mengkaji tanah longsor yang terjadi di Cadas Pangeran Jawa Barat, melaporkan bahwa lokasi longsor yang teridentifikasi terjadi pada kondisi lahan terjal, dengan relief bergunung dan mempunyai kelereng sebesar 35%, membawa material longsor berupa tanah, bebatuan, batu besar, vegetasi secara langsung masuk ke dalam sistem sungai. Material longsor yang terbawa proses longsor diestimasi terletak pada kondisi lahan miring dan curam yang jatuh dan mengalir akibat besarnya gaya gravitasi yang berpengaruh terhadap ketidakstabilan material penyusun lereng. *Debris Flow* yang mengandung air, lumpur, bebatuan, potongan kayu mengalir dengan cepat mengalir ke dalam sistem pembuangan air yang sempit dan dalam diantara perbukitan terjal. Aliran cepat ini mengalir di dataran aluvial tempat permukiman warga Dusun Cadas, dengan kondisi kedalaman sungai yang dangkal.

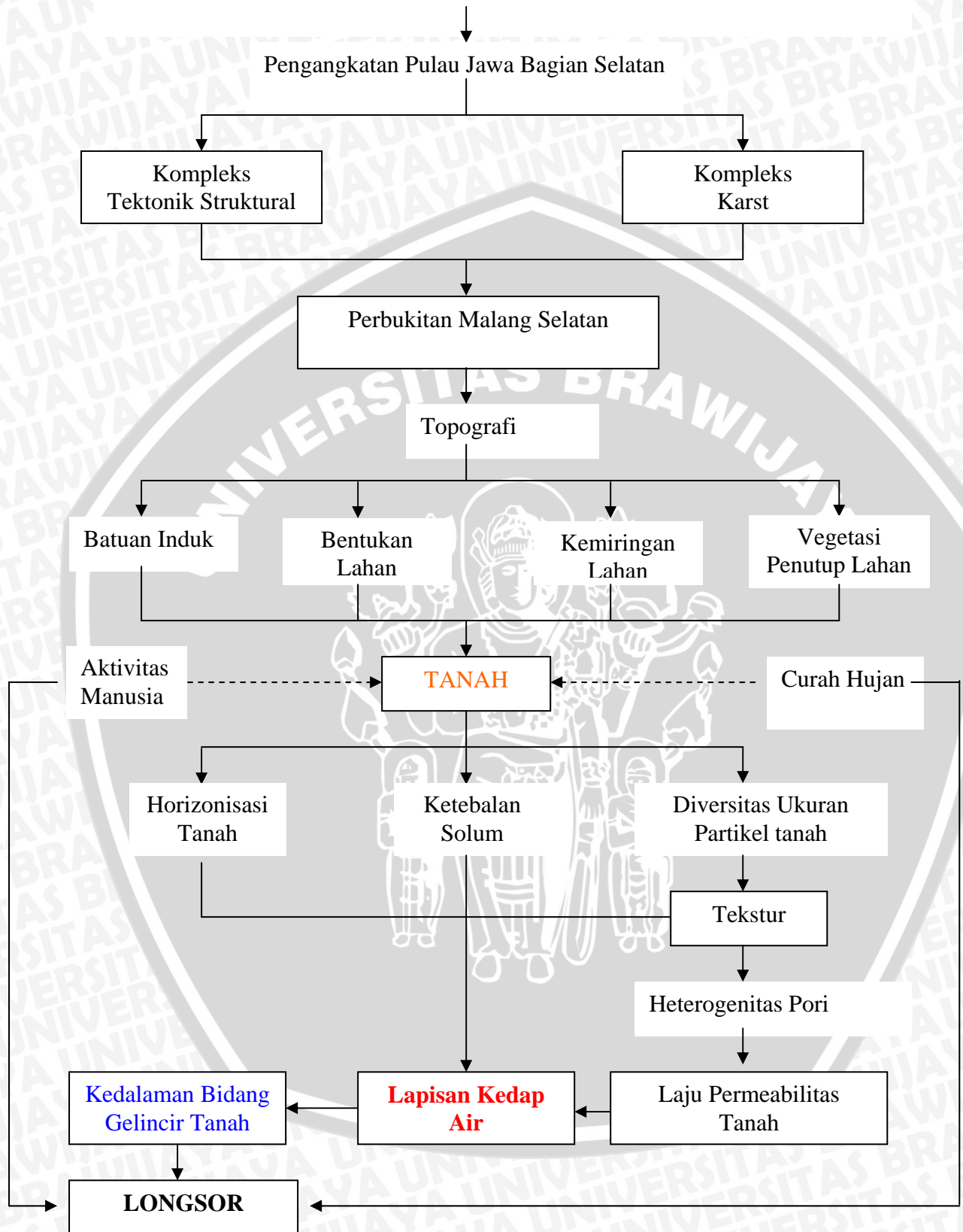
Intensitas curah hujan yang cukup tinggi, ditunjang dengan kondisi tanah yang kurang stabil mengakibatkan longsor (Hardiyatmo, 2006). Kurang stabil ini dapat diartikan sebagai kondisi morfogenik tanah yang tidak dapat mengikat air dalam jumlah yang banyak. Baik dilihat dari faktor kerentanan pergerakan tanah hingga mencapai tingkat kelolosan air yang ditentukan oleh variasi sebaran tekstur tanah.

Proporsi fraksi tanah baik dari butir pasir, debu, dan liat akan sangat mempengaruhi respon terhadap masukan air (infiltrasi) tanah sehingga mampu menentukan peluang terjadinya longsor.

Kondisi ketidakstabilan tanah bukan hanya ditentukan oleh kondisi sebaran dan proporsi testur tanah akan tetapi terdapatnya lapisan semi kedap yang mampu menghambat distribusi air pada lapisan tanah yang lebih dalam. Secara spesifik terbentuknya lapisan semi kedap (*semi impermeable*) dalam suatu kondisi pedologis tanah akan berpengaruh terhadap kemampuan perkembangan tanah itu sendiri dalam mempertahankan kestabilan tanah terutama dari bahaya longsor. Menurut Rybar *et al.* (2002), lapisan semi kedap merupakan lapisan yang lambat di dalam menghantarkan air sehingga dapat menciptakan bidang luncur atau bidang gelincir terhadap tanah, atau *regolith* yang telah mengalami pelapukan di atasnya. Masukan air ke dalam tanah tidak mampu terdistribusikan secara optimal oleh batuan, dan akan mengalir secara lateral sehingga saat terjadi hujan deras, terjadi permukaan yang tergelincir sehingga menghasilkan longoran tanah, atau *regolith* di atas batuan tersebut dalam jumlah yang banyak. Bidang gelincir tanah teridentifikasi seiring dengan peningkatan kedalaman lapisan tanah.

Wilayah Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya di Kecamatan Pagak memiliki komposisi lapisan semi kedap yang rentan bahaya longsor. Semakin curam kemiringan lereng lahan, semakin besar kemungkinan terjadi longsor. Wilayah Perbukitan Malang Selatan, Kecamatan Pagak terletak pada daerah seluas 1801,6 ha dari total luasan Kecamatan Pagak yaitu 9008 ha ($\pm 20\%$ dari total luasan Kecamatan Pagak yang rawan longsor) dan wilayah bergelombang di kaki Perbukitan Malang Selatan dapat teridentifikasi sekitar 5404,8 ha yang rawan longsor ($\pm 60\%$ dari total luasan kecamatan pagak yang rawan longsor) dan sisanya wilayah yang tergolong landai mencapai 1794,4 ha, masih tergolong aman dari bahaya longsor. Total wilayah yang rawan longsor di Kecamatan Pagak seluas 7206,4 ha pada tingkat penggunaan lahan tertentu. Adanya kejadian longsor di Kecamatan Pagak, prioritas utama dalam melakukan analisis penyebab longsor yaitu pengamatan kedalaman bidang gelincir melalui identifikasi lapisan semi kedap air yang tersusun di dalam tanah yang relatif lambat untuk mendistribusikan air baik secara pedologis maupun secara fisika, berpengaruh terhadap besarnya longsor, sehingga pendeskripsian lapisan semi kedap ini perlu dianalisis secara lebih lanjut.

Benturan Lempeng Tektonik Eurasia dengan Lempeng Tektonik Indo-Australia



Gambar 1. Alur Pemikiran Penelitian



1.2 Tujuan

1. Mengidentifikasi karakteristik lapisan semi kedap yang berpengaruh terhadap kejadian longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya.
2. Mengidentifikasi kedalaman bidang gelincir tanah melalui estimasi kondisi lapisan semi kedap di kawasan Perbukitan Malang selatan terhadap volume longsor yang terjadi.

1.3 Rumusan Masalah

1. Apakah karakteristik lapisan semi kedap yang berbeda berpengaruh terhadap peluang terjadinya longsor?
2. Semakin dalam bentukan lapisan semi kedap apakah selalu diikuti dengan semakin dalam pula pembentukan bidang gelincirnya?
3. Semakin dalam bidang gelincir tanah apakah volume tanah yang terlongsor akan semakin besar?

1.4. Hipotesis

1. Kejadian longsor di kawasan perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya dipicu oleh adanya lapisan semi kedap pada kedalaman tertentu dengan karakteristik yang berbeda
2. Perbedaan kedalaman lapisan semi kedap air akan menentukan kedalaman bidang gelincir yang terbentuk.
3. Semakin dalam bidang gelincir, volume tanah terlongsor semakin besar.

1.5 Manfaat

1. Mampu mengidentifikasi dan menganalisis kejadian longsor yang sudah terjadi, sehingga dapat memberikan informasi yang akurat dan terpercaya kepada warga masyarakat akan bahaya longsor dan muncul upaya rehabilitasi sebagai usaha meminimalisasian bahaya longsor yang mungkin terjadi kembali.
2. Mampu meramalkan potensi longsor disuatu daerah dengan melihat dari aspek kondisi geologinya terutama berkaitan dengan kondisi lapisan semi kedap air yang ada dan faktor-faktor pembatas yang erat kaitannya terhadap proses longsor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lahan

Lahan merupakan lingkungan fisis dan biotik yang berkaitan dengan daya dukungnya terhadap kehidupan dan kesejahteraan hidup manusia. Lingkungan fisis meliputi relief (topografi), iklim, tanah, dan air, sedangkan lingkungan biotik meliputi hewan, tumbuhan, dan manusia (William, 1980).

Lahan dapat dikatakan mempunyai nilai biotis dan ekonomis yang tinggi bila lahan mampu memberikan suplai nyata baik dalam bentuk kondisi dukung tanah sebagai penunjang pertumbuhan tanaman, hingga fungsi lahan sebagai penentu peningkatan nilai ekonomis masyarakat secara potensial sehingga dapat dikatakan lahan yang potensial. Menurut Mulyani (2006), yang mengkaji potensi lahan kering masam di Kecamatan Sanggoleo, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat menyebutkan bahwa, lahan potensial merupakan lahan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Dalam arti sempit, lahan potensial selalu dikaitkan dengan produksi pertanian, yaitu lahan yang dapat memberikan hasil pertanian yang tinggi walaupun dengan biaya pengelolaan yang rendah. Dalam arti luas, lahan potensial dikaitkan dengan fungsinya bagi kehidupan manusia, yaitu lahan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan lahan walaupun sudah dinyatakan bahwa lahan tersebut potensial. Kondisi curah hujan yang tinggi tiap tahun mampu menurunkan kualitas lahan secara terus-menerus. Bentuk lahan yang relatif bergelombang hingga berbukit, kemiringan lahan yang relatif curam, dan kondisi penggunaan lahan yang kurang sesuai, tidak diimbangi dengan konservasi lahan yang optimal mampu menunjang terjadinya degradasi lahan sehingga meningkatkan laju sebaran lahan kritis. Menurut Wahyuningrum (2003), yang mengkaji kondisi lahan kritis bekas aktivitas pembabatan hutan di wilayah Pegunungan Kendeng Utara, Jawa Timur, menegaskan bahwa lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan secara fisik, kimia, dan biologi atau lahan yang tidak mempunyai nilai ekonomis. Penilaian kekritisannya suatu lahan, dapat dilihat dari kemampuan lahan tersebut, sedangkan untuk mengetahui kemampuan suatu lahan dapat dilihat dari besarnya resiko, ancaman, atau hambatan dalam pemanfaatan lahan tersebut. Menurut Siradz *et al.* (2006), yang mengkaji karakteristik kimiawi ekosistem bentang lahan Karst terdegradasi di Kabupaten Gunung Kidul menyatakan bahwa

lahan kritis disebabkan oleh longsor, erosi atau *soil creep* (tanah merayap) pada kawasan Perbukitan Karst dengan lereng terjal dan miskin tumbuhan penutup. Proses longsor, erosi, maupun rayapan tanah mengakibatkan lapisan tanah yang paling atas (*top soil*) terkelupas, sisanya tanah yang tandus bahkan sering merupakan batuan padas (keras) sebagai batuan induk yang tersingkap. Longsor merupakan ancaman besar bagi perkembangan dan stabilitas tanah menyebabkan kondisi kritis pada sistem lahan dan menurunkan tingkat produktivitas lahan sehingga perlu mendapatkan perhatian yang serius di dalam pengelolaan dan konservasi lahan yang sesuai.

2.2 Definisi Longsor

Longsor (*Landslides*) adalah proses geologi yang sebenarnya merupakan salah satu bentuk gerakan massa (*mass wasting*). Gerakan massa adalah perpindahan material batuan, *regolith*, dan tanah, dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena pengaruh gaya gravitasi. Hasil longSORan bisa tertumpuk di kaki lereng, atau hanyut bersama dengan aliran air sungai yang selanjutnya diendapkan pada dataran banjir, di pantai, atau ditempat rendah lainnya (Suprayogo *et al.*, 2005).

Gerakan massa merupakan perpindahan material pembentuk lereng, berupa batuan, bahan rombakan, tanah, bergerak ke bawah atau ke luar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah yang mengalami pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan ke luar lereng (Hardiyatmo, 2006).

LongSORan adalah pergerakan massa tanah dan batuan ke arah miring, mendatar atau vertikal pada suatu lereng. Pada prinsipnya, longSORan terjadi karena terganggunya keseimbangan lereng akibat pengaruh gaya-gaya yang berasal dari dalam lereng (misal gaya gravitasi bumi, dan tekanan air pori di dalam tanah) atau gaya-gaya yang berasal dari luar lereng (misal getaran kendaraan dan pembebanan yang berlebihan pada lereng) (Karnawati, 2005).

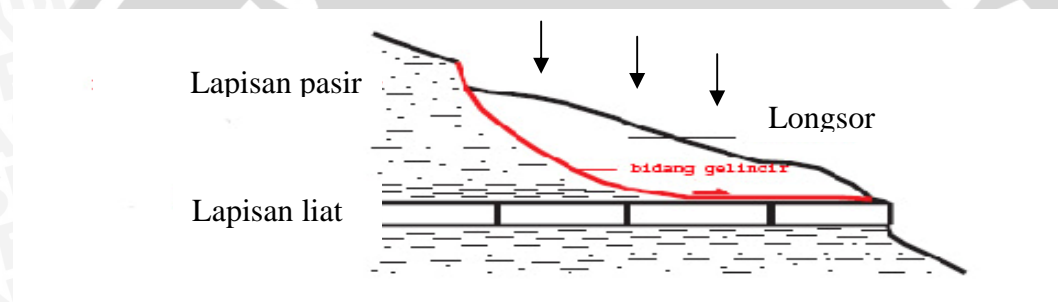
2.3 Penyebab Longsor

Gerakan massa merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan di daerah tropis, seperti di Indonesia khususnya di pulau Jawa. Gerakan massa umumnya disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi dan kadang getaran

atau gempa juga menyokong kejadian tersebut. Gerakan massa yang berupa tanah longsor terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor yang merupakan batas bergerak massa tanah dan batuan.

Keruntuhan terjadi saat tegangan geser rata-rata di sepanjang bidang longsor yang sama dengan kuat geser tanah atau batuan yang dapat ditentukan dari uji laboratorium maupun uji lapangan. Saat terjadi yang keruntuhan bertahap, longsor tanah terjadi pada tegangan geser yang kurang dari kuat geser puncaknya. Keruntuhan bertahap umumnya diikuti dengan distribusi tegangan tidak seragam di sepanjang bidang longsor tanah yang memotong material dan berbeda sifat tegangannya (Hardiyatmo, 2006)

Ilustrasi Penampang longsor :



Gambar 1. Penampang Longsor dengan lapisan kedap berupa lapisan liat kedap (Ohlmacher,2001)

Longsor disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi, lereng yang terjal, kondisi batuan yang kurang kuat, bidang tidak sinambung, tata guna lahan, dan aktivitas manusia. Semakin tinggi ketidakstabilan lahan, maka semakin tinggi pula potensi longsor yang terjadi.

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah, air akan masuk dan

terakumulasi di bagian dasar lereng sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan di permukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga akan berfungsi mengikat tanah.

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180° apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar (Mustikaningrum, 2008).

Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal (Hardiyatmo, 2006).

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Lahan persawahan, akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek serta jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor, sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.

Aktivitas manusia bisa menjadi faktor penyebab terjadinya longsor, ketika aktivitas ini beresonansi dengan kerentanan dan kondisi alamnya. Contoh aktivitas manusia adalah penebangan pepohonan secara serampangan di daerah lereng, penambangan bebatuan, tanah, atau barang tambang lain yang menimbulkan ketidakstabilan lereng, pemompaan, dan pengeringan air tanah yang menyebabkan turunnya level air tanah, pengubahan aliran air kanal dari jalur alaminya, kebocoran pada pipa air yang mengubah struktur (termasuk tekanan dalam tanah) dan tingkat kebasahan tanah dan bebatuan (daya ikatnya), pengubahan kemiringan kawasan (seperti pada pembangunan jalan, rel kereta atau bangunan), dan pembebanan berlebihan dari bangunan di kawasan perbukitan

Bidang tidak sinambung yang mampu membuat suatu lapisan dalam tanah baik itu pelapisan batuan, memiliki penciri: bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar, bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat, bidang kontak antara batuan yang dapat melewatkan air dengan lapisan kedap air maupun bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat (Aridata, 1998).

2.4 Tipe dan Mekanisme Longsor.

2.4.1 Tipe Longsor (*Mass Movement*).

Tipe Longsor berhubungan erat dengan pergerakan tanah baik dipengaruhi oleh gaya endogen maupun gaya eksogen. Pergerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah tegak, mendatar, miring dari kedudukan semula, karena pengaruh gravitasi, arus air, dan beban.

Tabel 1. Tipe gerakan massa tanah (Varnes,1978)

Jenis Gerakan		Jenis Material	
		Batu	Tanah
Runtuhan		Runtuhan Batu	Runtuhan Bahan Rombakan
		Jungkiran Batu	Jungkiran Bahan Rombakan
Rotasi	Sedikit	Nendatan Batu	Nendatan Bahan Rombakan
		Gelinciran Batu	Gelinciran Bahan Rombakan
Gelinciran		Bongkahan Batu	Bongkahan Bahan Rombakan
		Gelinci Batu	Gelinci Bahan Rombakan
Translasi	Banyak	Gelinci Batu	Gelinci Bahan Rombakan
Gerakan Lateral		Gerakan Lateral batu	Gerakan Lateral Bahan Rombakan
		Aliran Batu	Aliran Bahan Rombakan
Majemuk		Aliran Batu	Rayapan Tanah
			Gabungan dua atau lebih tipe gerakan

2.4.1.1 Runtuhan (*Falls*).

Runtuhan merupakan gerakan tanah yang disebabkan keruntuhan tarik yang diikuti dengan tipe gerakan jatuh bebas akibat gravitasi. Pada tipe runtuhan ini, massa tanah atau batuan lepas dari suatu lereng atau tebing curam dengan sedikit atau tanpa terjadi pergeseran (tanpa bidang longsor) kemudian meluncur sebagian besar di udara seperti jatuh bebas, loncat, atau menggelundung. Runtuhan batuan adalah runtuhan massa batuan yang lepas dari batuan induknya. Runtuhan bahan rombakan adalah runtuhan yang terdiri dari fragmen-fragmen lepas sebelum runtuh (Varnes,1978).

2.4.1.2 Longsor (*Slides*).

Longsor adalah gerakan yang terdiri dari tegangan geser dan perpindahan sepanjang bidang longsor di mana massa berpindah, melongsor, dari tempat semula dan terpisah dari massa tanah yang mantap (Hardiyatmo, 2006).

Dalam hal ini, keruntuhan geser tidak selalu terjadi secara serentak pada suatu bidang longsor, tapi dapat berkembang dari keruntuhan geser setempat. Jenis longsor dibedakan menurut bentuk bidang longsor yaitu rotasi (nendatan) yang mempunyai bidang longsor berbentuk: setengah lingkaran, log spiral, hiperbola atau bentuk lengkung tidak teratur dan translasi yang ditentukan oleh bidang lemah seperti sesar, kekar, perlapisan, dan adanya perbedaan kuat geser antar lapisan atau bidang kontak antara batuan dasar dengan bahan rombakan di atasnya, dapat dibagi lagi menjadi material yang bergerak relatif utuh dan terdiri dari satu atau beberapa blok dan material yang bergerak dan sangat berubah bentuknya atau terdiri dari banyak blok yang berdiri sendiri (Hillel, 1998).

2.4.1.3 Robohan (*Topples*).

Robohan (*Topples*) adalah gerakan material roboh dan biasanya terjadi pada lereng batuan yang sangat terjal sampai tegak yang mempunyai bidang-bidang ketidaksinambungan yang relatif vertikal. Tipe gerakan ini hampir sama dengan dengan jatuhnya, hanya gerakan batuan longsor adalah mengguling hingga roboh yang mengakibatkan batuan terlepas dari permukaan lerengnya (William and Willkins, 2002).

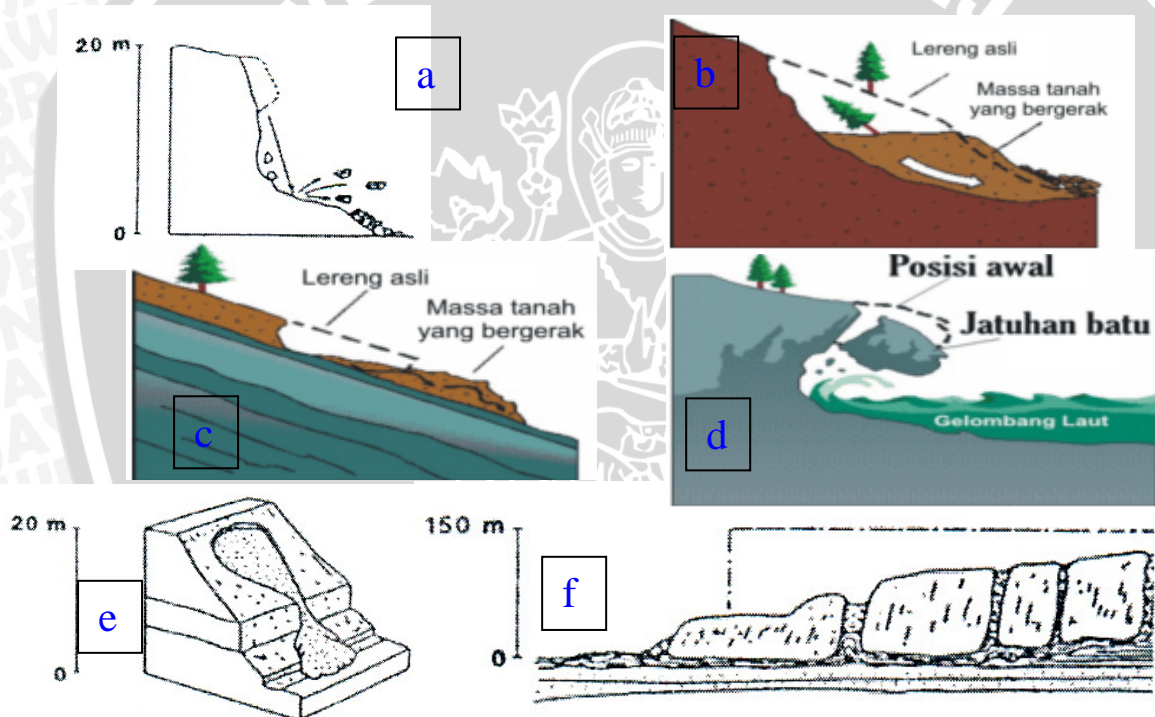
2.4.1.4 Penyebaran Lateral (*Lateral Spreading*).

Penyebaran lateral adalah gerakan menyebar ke arah lateral yang ditimbulkan oleh retak geser atau retak tarik. Tipe gerakan ini dapat terjadi pada batuan atau tanah. Penyebaran lateral dapat dibedakan menjadi gerakan yang menghasilkan sebaran yang menyeluruh dengan bidang geser atau zona aliran plastis yang sulit dikenali dengan baik dan gerakan yang mencakup retakan dan penyebaran material yang relatif utuh (batuan dasar atau tanah), akibat pencairan (*liquefaction*) material di bawahnya. (Hardiyatmo, 2006).

2.4.1.5 Aliran (Flows).

Aliran adalah jenis gerakan tanah di mana kuat geser tanah kecil sekali atau boleh dikatakan tidak ada, dan material yang bergerak berupa material kental. Termasuk dalam tipe ini adalah gerakan yang lambat, berupa rayapan pada massa tanah plastis yang menimbulkan retakan tarik tanpa bidang longsor.

Rayapan di sini dianggap sama dengan arti rayapan pada mekanika bahan yaitu deformasi yang terjadi terus menerus di bawah tegangan yang konstan. Pada material yang tidak terkonsolidasi, gerakan ini umumnya berbentuk aliran, baik cepat atau lambat, kering atau basah. Aliran dapat dibedakan dalam dua tipe menurut materialnya yaitu aliran tanah (termasuk bahan rombakan) dan aliran batuan (Rybar *et al.*, 2002).



Gambar 2. Tipe Pergerakan Longsor (Varnes, 1978) a).Runtuhan (Falls), b).Longsoran Rotasi (Rotational Slides), c).Longsoran Translasi (Translational Slides), d).Robohan (Topples), e).Aliran (Flows), f).Penyebaran lateral (Lateral Spreading).

2.4.2 Mekanisme Longsor (Mecanism of Landslides)

Mekanisme terjadinya longsor umumnya banyak dipicu oleh beberapa hal yaitu faktor topografi (kemiringan lereng yang sangat terjal), curah hujan yang sangat deras dan perubahan penutupan lahan yang ekstrim dengan skala bentangan lahan

yang luas (Suprayogo *et al.*, 2005). Faktor intensitas hujan yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan pergerakan tanah mampu memicu terjadinya longsor.

Saat kejadian hujan biasa dalam arti yang tidak terlalu deras maka jumlah air yang masuk kedalam tanah masih mampu menekan jumlah air yang mengalir dipermukaan. Pada saat hujan yang sangat deras aliran permukaan menyebabkan hanyutnya massa tanah yang tergerus dengan massa air. Massa air dan tanah melalui alur yang sama pada suatu lereng menjadi semakin banyak ke arah lereng bawah sehingga menyebabkan daya gerus air semakin besar. Kondisi ini menyebabkan dorongan yang kuat untuk menyeret lapisan tanah yang dilalui, sedangkan perpindahan massa (longsor) pada wilayah yang mempunyai dominasi tanah berbatu dengan kelerengan batuan yang terjal, bisa terjadi dengan sangat cepat dan berbahaya (Tubbs, 1975).

2.5. Perbukitan Malang Selatan

Pembentukan relief muka bumi dipengaruhi oleh dua proses utama yaitu proses endogenik merupakan proses terbentuknya relief berdasarkan tenaga dari dalam bumi, sedangkan proses eksogenik menentukan bentuk lahan dipengaruhi oleh tenaga dari luar bumi. Proses endogenik dan eksogenik tidak dapat berdiri sendiri melainkan saling berhubungan satu sama lain, menghasilkan relief muka bumi yang bermacam-macam, misalnya pegunungan, perbukitan, gunung berapi serta dataran angkatan (Pitty, 1971).

Aktivitas lempeng juga berpengaruh terhadap relief dan bentuk muka bumi disebut proses tektonik (Munir, 2003). Bentuk relief Pulau Jawa dipengaruhi oleh aktivitas dua lempeng tektonik, yaitu lempeng tektonik Eurasia sebagai lempeng benua yang ringan, sedangkan lempeng tektonik Indo-Australia sebagai lempeng samudera yang berat, menyebabkan perubahan susunan bentuk lahan Pulau Jawa secara keseluruhan. Pergerakan lempeng tektonik mampu mengubah permukaan bumi yang polos menjadi lebih beragam (Wiradisastra, 1989).

Perbukitan Malang Selatan merupakan hasil dari proses endogen bumi berupa aktivitas lempeng tektonik Eurasia dan Indo-Australia yang dinamis. Tumbukan antar lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia pada kecepatan yang tinggi, mengakibatkan desakan lempeng Eurasia sebagai lempeng ringan, ke arah vertikal, merubah relief muka bumi khususnya Pulau Jawa bagian selatan dengan membawa banyak material dasar laut berupa bahan kapur dan fosil makhluk bawah laut sehingga

terbentuk kompleks Karst dan Tektonik Struktural berupa Angkatan, Pelipatan, Retakan dengan komposisi *joint* dan sesar. Proses pembentukan Karst dan kompleks Tektonik Struktural di kawasan Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya disebabkan oleh gaya epirogenesa negatif, mengarah pada bentukan muka bumi secara vertikal yang lambat meliputi daerah yang luas (Paripurno *et al.*, 2008).

Perbukitan Malang Selatan terbagi menjadi dua zona *landform* utama yaitu bentukan relief Karst dan Tektonik yang masing-masing melibatkan komposisi batu gamping sebagai batuan induk penyusun relief lahan. Batu gamping (*limestone*) merupakan hasil dari pengendapan material dasar laut yang terangkat di permukaan bumi, dipengaruhi oleh gaya tektonik lempeng Eurasia dan Indo-Australia.

Karst merupakan suatu kawasan yang memiliki karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batu gamping yang intensif (Samodra, 1999). Karst mempunyai bentang alam khas yang berkembang di suatu kawasan batuan karbonat (batu gamping dan dolomit) atau batuan lain yang mudah larut dan telah mengalami proses *karstifikasi* atau pelarutan sampai tingkat tertentu. Bentukan lahan Karst ditunjukkan oleh adanya bukit-bukit karst berbentuk kerucut, lembah dolin atau poljes, gua-gua dengan stalaktit dan stalagmit serta sungai bawah tanah. Kompleks Karst yang menyusun kawasan Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya meliputi Perbukitan Karst, Gawir Plateu Karst dan Bukit-bukit Karst.

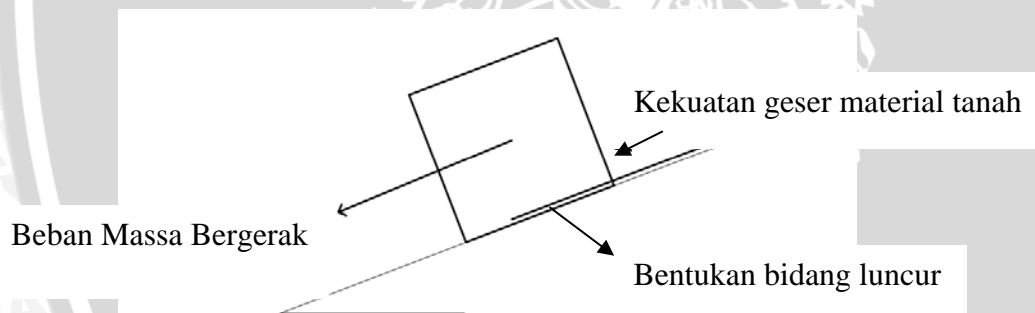
Kompleks Tektonik Struktural yang menyusun kawasan Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya, didominasi oleh relief lahan berupa Dataran Tektonik, Perbukitan Tektonik, dan *Peneplaine* Tektonik yang tersebar luas. Batuan induk yang tersusun berupa batu gamping dan batu pasir.

Kawasan Karst mampu terbentuk seiring dengan perbedaan tinggi tempat dengan drainase internal yaitu melibatkan banyak aliran air untuk melarutkan batu gamping, sedangkan kawasan Tektonik Struktural memiliki pola drainase eksternal sehingga lebih banyak menghantarkan air di permukaan tanah, tidak terjadi proses pelarutan batu gamping secara nyata (Widagdo *et al.*, 1997).

2.6. Bidang Gelincir.

Bidang gelincir merupakan suatu bentukan bidang yang mampu menyebabkan kondisi licin dan peluncur pada tingkat perlapisan tanah atau batuan yang kontras akibat kenaikan muka air tanah dan perbedaan kondisi kejenuhan antar lapisan tanah dan bidang kedap yang ada di bawahnya (Suprayogo *et al.*, 2005). Kejadian gerakan

massa (longsoran) bersamaan dengan musim penghujan yaitu pada saat intensitas curah hujan tinggi dalam waktu relatif lama. Dalam gerakan massa, air memegang peranan bukan sebagai tenaga, tetapi merupakan faktor pemicu yaitu menjadi bidang pelicin dan menambah berat massa hancuran batuan (Kumajas, 2006). Bidang longsoran mempunyai sifat dan karakteristik yang sulit terlewati oleh air dan ditunjang dengan akumulasi kandungan liat yang tinggi seiring dengan penurunan lapisan tanah menyebabkan air hujan yang tinggi masuk kedalam tanah melalui perkolasi dan sulit menembus lapisan *impermeable* sebagai batas lapisan yang terdiskontinuitas dengan lapisan di atasnya maka air akan bergerak secara lateral dan mengalami perkolasi yang tinggi sehingga mampu menjenuhi lapisan di atas lapisan kedap air. Akibat dari penjenuhan tanah dengan komposisi kandungan air yang tinggi maka beban yang ditanggung oleh tanah bertambah berat (berat volume bertambah) dibandingkan dengan lapisan yang sulit di tembus oleh air (liat maupun batuan) sehingga sangat potensial untuk menjadi bidang luncur pada peralihan tanah (Gambar 4).



Gambar 3. Analogi gerakan massa akibat bentukan bidang luncur (Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, 2005)

Air juga berfungsi sebagai wahana dalam mempercepat gerakan massa hancuran karena menyebabkan massa tersebut menjadi lebih encer. Air hujan masuk lewat celah retakan dan mineral lempung akan mengikat air sehingga terjadi proses pengembangan (*swelling*) tanah. Pada kondisi ini, tanah terdesak hingga terjadi permukaan bergelombang. Bila infiltrasi air makin meningkat jumlahnya maka pengikatan air oleh tanah lempung semakin besar mengakibatkan tanah mengalami proses pelembekan (*softening*) (William and Willkins, 2002). Pada kondisi ini daya dukung tanah akan menurun drastis, sehingga terjadi peningkatan kekuatan geser tanah yang relatif tinggi diatas lapisan yang sulit tertembus air. Menurut Hardiyatmo

(2006), yang mengkaji kecepatan longsoran di wilayah Perbukitan Karst, di Furre Norwegia yaitu hubungan intensitas hujan yang turun sebesar 70 mm per hari selama 7 hari berturut-turut menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan material penyusun tanah yang mempunyai kuat geser residu sangat rendah yaitu lempung yang berkelakuan seperti benda cair sehingga berkecepatan longsoran sebesar 0,1–0,3 m per menit (Terzaghi, 1950).

2.7. Material Penyusun Bidang Gelincir.

Bidang gelincir tanah terbentuk akibat aktivitas penjuanan air yang terakumulasi dan bergerak lateral diatas permukaan pelapisan tanah atau batuan yang sulit ditembus oleh air. Pelapisan tanah tersebut dapat dikategorikan menjadi dua macam yaitu lapisan atau batuan kedap dan lapisan atau batuan yang semi kedap (*semi impermeable*), yang keduanya mampu memicu terjadinya bidang gelincir yang mempunyai kekuatan geser tanah yang tinggi dan berakibat longsoran.

2.7.1 Pengertian Lapisan Kedap.

Lapisan kedap merupakan salah satu penyebab terjadinya longsor yang merupakan faktor alam yang sulit untuk diantisipasi dan hanya mampu menurunkan resiko yang ditimbulkan. Misal seperti kejadian longsor yang mana faktor bahan maupun batuan induk merupakan agen penyusun dari tanah sehingga jika lingkungan tidak memberikan suplai atau asupan keseimbangan alam (penutupan lahan yang baik) maka akan terbentuk lapisan kedap yang berasal dari aktivitas pelapukan batuan induk sehingga mampu memberikan peluang terjadinya longsor. Lapisan atau batuan yang tidak ditembus air dapat menciptakan bidang luncur terhadap tanah atau regolith yang terletak diatasnya dapat membentuk suatu lapisan kedap (Suprayogo *et al.*, 2005). Air yang masuk kedalam tanah tidak dapat menembus lapisan batuan dan akan mengalir secara lateral. Pada saat hujan deras dapat terjadi permukaan gelincir yang menghasilkan longsoran tanah ataupun regolith di atas batuan tersebut.

2.7.2 Tipe dan Karakteristik Lapisan Kedap.

Lapisan kedap juga terdominasi oleh lapisan liat kedap (*claypan*). Lapisan liat kedap (*claypan*) bersifat rapat dan kompak, merupakan lapisan bawah tanah (*sub horizon*) yang sulit ditembus oleh akar tanaman, memiliki kandungan dan komposisi

liat yang sangat tinggi, saat memiliki kandungan air dan udara (saat basah) bersifat plastis dan relatif *impermeable* (Hillel, 1998).

Lapisan liat kedap dapat dikategorikan sebagai suatu lapisan yang padat di bawah permukaan yang mempunyai kandungan liat lebih tinggi daripada bahan yang terletak di atasnya, padas liat ini dipisahkan dengan batas yang jelas, dibentuk oleh pergerakan liat ke bawah atau sintesa liat di tempat selama proses pembentukan tanah. Padas liat biasanya keras saat kering, dan plastis serta lengket jika basah. Padas liat biasanya menahan pergerakan air, udara, dan pertumbuhan akar tanaman.

Morfologi lapisan liat kedap terbentuk karena adanya sedimentasi dan *elluviasi* dari liat bersama seskuioksida dan bahan organik di horizon B disebabkan oleh sedikitnya air perkolasi sehingga tidak dapat meresap lebih jauh kedalam tanah, butir tanah yang mengembang menutup pori tanah sehingga air perkolasi bergerak lambat, penyaringan oleh pori-pori halus yang tersumbat dan flokulasi liat bermuatan negatif oleh besi oksida yang bermuatan positif di horizon B dan kejenuhan basa yang lebih tinggi pada bagian bawah solum (Munir, 1996). Lapisan liat kedap dapat ditemukan pada berbagai kedalaman dalam penampang suatu profil. Lapisan liat kedap cenderung ditemukan pada pertemuan antara dua lapisan tanah yang sangat berbeda, dengan penetrasi liat, bahan terlarut, atau suspensi yang ditahan oleh lapisan liat, muka air tanah, atau lapisan batu.

Lapisan liat semi kedap yang berkembang di daerah Karst dan Tektonik memiliki komposisi Ca dan Mg yang tinggi dapat dikategorikan sebagai mineral liat Mormorilonit dan Illit. Menurut Foth (1994), yang mengkaji asal-usul mineral liat menyebutkan bahwa mika, feldspar, dan mineral-mineral feromagnesium dapat lapuk secara langsung menjadi mineral tanah liat silikat seperti jenis mormorilonit. Sifat lingkungan yang menentukan peningkatan pelapukan seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan yang tinggi akan mempercepat pelapukan dan pembentukan mineral liat secara kimiawi. Pembentukan Mormorilonit memerlukan penyediaan magnesium yang berlimpah serta lingkungan yang netral dan sedikit asam (Brady *et al.*, 1982). Pencucian tanah yang berkepanjangan yang menghasilkan Mormorilonit dapat mengarah pada pengembangan keasamaan yang tinggi dan cocok bagi perombakan Mormorilonit.

Mineral Mormorilonit pada kondisi Alfisol memiliki pola geometris molekul 2:1. Lembaran oktahedraon aluminium terselip diantara dua lembaran tetrahedron silika untuk membentuk lapisan dasar. Penyusunan lapisan itu secara bertumpuk

mengakibatkan tersusunnya atom oksigen secara berdampingan dari lembaran tetrahedron yang bersebelahan sehingga tidak terdapat ikatan hidrogen antar lapisan. Pengaruh dari bentuk dan ukuran partikel liat mormorilonit adalah pada besarnya luas permukaan yang juga berpengaruh pada kemampuan partikel menyerap air ke permukaannya yang bermuatan negatif. Semakin luas permukaan partikel, semakin banyak jumlah air yang dapat diserap oleh partikel itu sehingga semakin sedikit air yang mampu terdistribusikan ke bawah lapisan liat tersebut. Semua kondisi liat mormorilonit akan mengembang ketika mengalami pembasahan (kandungan air yang tinggi). Pengembangan yang besar terjadi karena pengembangan itu terjadi terus-menerus sampai kadar air yang tinggi, terjadi pada mineral dengan luas permukaan yang besar. Pengembangan yang besar ini dipengaruhi oleh gaya tolak yang dihasilkan oleh penetrasi antar lapisan ion difusi. Menurut Hirmawan (1994), yang menganalisis perkembangan liat mormorilonit dalam studi kestabilan lereng longsor menyatakan bahwa tanah dengan kadar liat yang tinggi seperti contohnya Mormorilonit akan mengalami *cracking* waktu kering dengan lebar retakan 2-5 cm dan cenderung menjadi *impermeable* ketika basah. Hal ini tanah menjadi berkelakuan sangat plastis dan cenderung mudah untuk mengalami longsor pada tingkat kelerengan yang relatif curam.

2.7.4 Tipe dan Karakteristik Lapisan Semi Kedap Air.

Lapisan semi kedap dapat dikategorikan sebagai komposisi material penyusun bidang gelincir yang masih dapat terlewati air walaupun dalam jumlah yang relatif sangat kecil sehingga masih mampu berpotensi menjadi bidang peluncur tanah. Lapisan semi kedap merupakan tahap awal pembentukan lapisan kedap pada batas peralihan tanah. Lapisan semi kedap air yang ditemukan pada penampang profil dapat berupa akumulasi liat silikat yang lebih mampat daripada kondisi tanah di atasnya akan tetapi masih berupa lempeng tipis, porositas tinggi, yang terlewati oleh air, akumulasi liat silikat yang menggumpal menjadi bentuk batuan lunak yang terpecah dan terlewati oleh air dalam jumlah yang relatif sedikit.

Akumulasi liat silikat yang menyusun suatu lapisan semi kedap air pada wilayah Karst dan Tektonik dapat berupa endapan lempung terdapat pada batuan asalnya dan belum tertransportasi disebut sebagai liat residu. Liat dapat diartikan sebagai bahan galian yang terbentuk karena proses pelapukan dari batuan lain menjadi endapan yang berbutir sangat halus. Mineral liat terbentuk dari hasil hancuran iklim

terhadap mineral primer atau batuan yang mengandung mineral *feldspar*, mika, piroksin dan amfibol (Trisnawanti, 2008). Secara fisik, liat membentuk suatu lapisan dan seperti mika kristal yang mengeripik atau seperti *plate* (piring) dan satu pecahan sempurna.

Tabel 2. Komposisi Kimia Mineral Liat (William and Stanislave, 1993).

Senyawa	Jumlah (%)
Silika (SiO ₂)	61.43
Alumina (Al ₂ O ₃)	18.99
Calcium Oksida (Fe ₂ O ₃)	1.22
Magnesium Oksida (MgO)	0.91
Sulfur Trioksida (SO ₃)	0.01
Pottasium Oksida (K ₂ O)	3.21
Sodium Oksida (Na ₂ O)	0.15
H ₂ O hilang pada suhu 105° C	0.6
H ₂ O hilang pada pembakaran diatas 105° C	12.65

Menurut William (1980), yang mengkaji bentukan liat residu pada struktur batuan Kapur pada buku yang berjudul *An production to the Study of Rocks* mengemukakan bahwa Mineral liat khususnya *mormorilonit* atau *illit*, merupakan liat hasil residu batuan kapur yang mempunyai kapasitas dan tendensi (kemampuan) untuk menyerap fareasi anion dan kation dari larutan encer. Keluaran pada *outside* mengubah struktur unit dari mineral liat, menyerap ion diubah dan digunakan kembali menjadi ion lain jika terjadi perubahan di sekeliling lingkungan dan relatif lebih masam. Kondisi ini sesuai dengan pembentukan lapisan semi kedap berupa liat residu dari hasil perombakan batuan asalnya yang berupa batuan kapur yang mana mempunyai tingkat perkembangan liat yang masih muda.

Illit merupakan bentukan mineral liat mempunyai komposisi lempengan ionik yang pada umumnya menyerupai mika dengan membentuk partikel-partikel yang kecil, sangat tipis, dan menyerupai film dan mempunyai permukaan yang tidak rata, semakin ke ujung semakin tipis sehingga kemampuan menangkap dan mendistribusikan air dalam konteks yang relatif tinggi akan tetapi air yang terjepit masih mampu terdistribusikan ke lapisan tanah yang lebih dalam walaupun dengan kuantitas yang sangat rendah. Komposisi mineral illit adalah tipe 2:1 (dua lembaran silika dengan satu lembaran alumina). Beberapa Si⁴⁺ tetrahedron telah tergantikan oleh Al³⁺. Seperti pada mormorilonit, dihasilkan pola geometris yang bermuatan negatif (Foth, 1984). Komposisi mineral illit hanya mampu mengikat air dalam waktu

yang relatif sebentar kemudian mengakumulasikan dan mendistribusikan air dalam jumlah yang relatif sangat kecil kedalam lapisan tanah yang lebih dalam sehingga permukaan mineral illit juga mampu menjadi kondisi semi kedap air yang berpotensi menjadi bidang gelincir tanah.

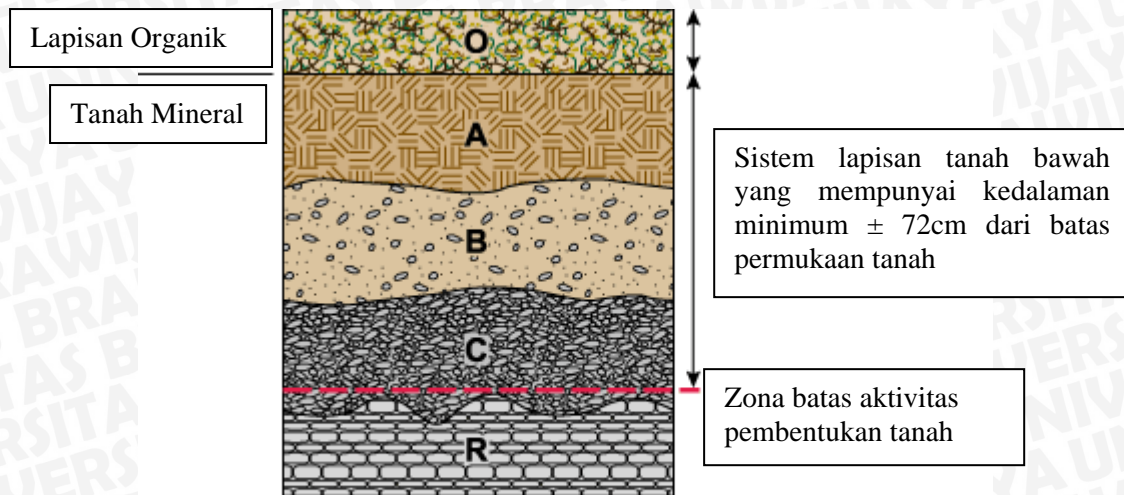
Ciri-ciri bentukan lapisan liat semi kedap pada penampang profil tanah akibat dari akumulasi liat silikat :

- Adanya perbedaan konsistensi antar lapisan tanah dengan tingkatan yang semakin mantap dan keras seiring dengan kedalaman tanah.
- Bentukan struktur liat yang menyerupai lempeng dengan susunan tidak beraturan memanjang tetapi tidak terlalu rapat (litik) dengan jarak antar lempeng 1 cm pada kedalaman tanah lebih dari 50 cm (Brady *et al.*, 1982).
- Bentukan juga berupa gumpalan tanah liat yang relatif mengeras menyerupai batu dengan tingkat kekerasan yang relatif lunak bila terkena air. Bentukan batuan tersebut sering disebut batuan liat semi kedap (Ludwig, 2007).
- Berwarna coklat kehitaman dengan indeks kroma dan value kurang dari $\frac{4}{3}$.
- Memiliki indeks plastisitas yang cukup tinggi.
- Terbentuk pada tingkat kelerengan lebih dari 25%.

2.7.6. Kenampakan Lapisan Kedap Air Pada Penampang Profil Tanah.

Keadaan dan sifat alami bahan induk mempunyai pengaruh nyata terhadap perkembangan tanah termasuk tekstur, komposisi mineral dan tingkat stratifikasi pada tanah-tanah muda maupun tanah-tanah tua yang ada. Konsolidasi batuan tidak berarti sama dengan batuan induk tetapi berfungsi sebagai sumber bahan induk sehingga saat penghancuran batuan pada stadia awal perkembangan tanah mampu membatasi laju dan kedalaman perkembangan tanah dimana laju dan penghancuran batuan melebihi laju perpindahan bahan oleh erosi (Foth, 1984).

Pembentukan tanah sangat dipengaruhi pula oleh komposisi batuan didalam profil tanah. Profil tanah sendiri dapat diartikan penampang vertikal dari tanah yang menunjukkan susunan horizon tanah yang meliputi enam horizon utama berturut-turut dari atas ke bawah yaitu horizon O, A, E, B, C, dan R (Hardjowigeno, 1995).

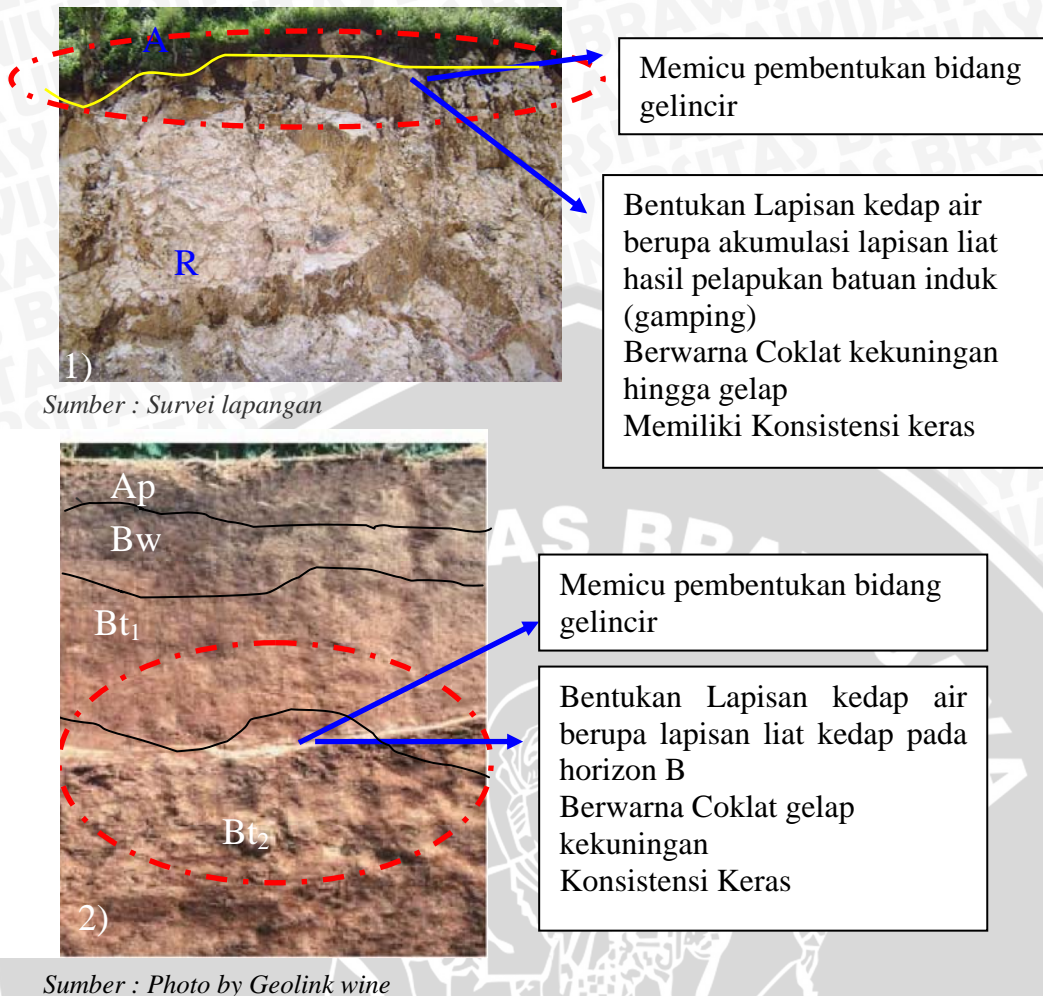


Gambar 4. Penampang Profil Tanah (Buol *et al.*, 2003).

Pembentukan horizon terdapat satu proses pelapukan batuan induk (*bedrock*) menjadi bahan induk yang mampu berpengaruh terhadap perkembangan tanah tersebut selanjutnya termasuk pembentukan lapisan kedap air di dalam penampang suatu tanah. Lapisan kedap baik batu maupun liat kedap dipengaruhi oleh proses pedologis tanah tersebut dibentuk.

Lapisan kedap berkembang dari proses pelapukan batuan induk sehingga ciri dan karakteristik menyerupai bahan induk yang dibentuk misal di daerah berkapur, lapisan kedap banyak ditemukan berupa akumulasi liat kedap yang berada di atas pelapisan batuan kapur gamping (*limestone*) mempunyai komposisi bahan induk yang menyusun berasal dari batuan kapur yang melapuk. Lapisan liat kedap dapat dikategorikan pembentukannya dari proses *illuviasi* liat dalam waktu yang lama dan banyak ditemukan di wilayah kompleks Karst khususnya di daerah yang berlereng majemuk (Schaetzl and Anderson, 2005).

Pada penampang profil tanah, lapisan kedap air berupa lapisan liat kedap banyak ditemukan di horizon B dikarenakan horizon B merupakan sumber aktivitas pembentukan tanah yang paling optimal (Glade *et al.*, 2005). Lapisan kedap air yang tersusun dari lapisan liat kedap maupun batuan mampu menghambat jalannya infiltrasi air yang masuk ke dalam tanah sehingga pada horizon di atas horizon lapisan kedap akan terjadi penjujukan dan mampu memicu pembentukan bidang gelincir sehingga terjadi longsor.



Gambar 5. Kenampakan lapisan kedap air pada penampang profil tanah (Wine, 2006) : 1). Alfisol dengan komposisi lapisan kedap air berupa batuan. 2). Alfisol dengan komposisi lapisan kedap air berupa lapisan liat kedap.

2.8. Hubungan Bentukan Material Penyusun Bidang Gelincir dengan Longsor.

Salah satu penyebab terjadinya longsor adalah adanya bidang kontras (lapisan *impermeable*) pada penampang profil tanah. Proses terjadinya tanah longsor dapat terjadi melalui mekanisme air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng sehingga menambah daya longsor (Hardiyatmo, 2006).

2.9. Konduktivitas Hidraulik Jenuh.

2.9.1. Pengertian Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ).

Peristiwa longsor erat kaitannya dengan tinggi rendahnya tingkat permeabilitas tanah yang dapat dinyatakan dengan Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ) dimana sangat dipengaruhi oleh komposisi tekstur dari tanah diatas lapisan kedap maupun pada lapisan kedap itu sendiri. Juanda *et al.* (2003), mengkaji laju infiltrasi dan keragaman sifat fisik tanah di lahan berlereng menyatakan bahwa kondisi tanah berlereng setelah hujan lebat dengan intensitas hujan per jam yang mencapai 70 mm per jam merupakan ambang batas dimana kelongsoran seringkali terjadi, tidak hanya disebabkan oleh naiknya tegangan air pori seiring dengan naiknya permukaan air tanah, tetapi juga oleh berkurangnya kekuatan geser tanah akibat naiknya derajat kejenuhan tanah atau berkurangnya *suction* tanah. Berkurangnya kekuatan geser tanah akibat adanya proses infiltrasi, secara umum pasti terjadi saat terjadi hujan.

Kelongsoran lereng pada musim hujan, disebabkan utamanya oleh infiltrasi air ke dalam tanah yang menyebabkan tanah menjadi jenuh disertai perubahan pada karakteristik tanah terutama kekuatannya. Berkurangnya *suction* (air pori negatif) tanah sampai mencapai nol oleh infiltrasi menyebabkan kondisi permeabilitas tanah menjadi relatif lambat mencapai titik maksimum pada lapisan tanah kedap air sehingga kondisi licin pada permukaan tanah mampu menyebabkan bidang gelincir pemicu longsoran.

Konduktivitas hidraulik jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh (Utomo, 1985). Hantaran hidraulik tanah timbul karena adanya pori kapiler yang saling bersambungan satu dengan yang lainnya. Air merupakan agen penggerak dimana bersifat menghantarkan suatu aliran hidraulik yang terjadi pada sebuah media yaitu tanah.

Aliran air tanah pada tanah yang jenuh merupakan implikasi dari perbedaan pori tanah yang cenderung kecil dan rapat sehingga kemampuan permeabilitas tanah menjadi semakin rendah pada taraf penurunan kedalaman tanah sehingga berpotensi longsor. Aliran air tanah kondisi jenuh disebabkan oleh gaya penggerak karena adanya beda potensial yang positif. Hal ini terbukti dari penerapan Hukum Darcy, yang menyebutkan bahwa aliran air tanah disebabkan karena adanya beda tekanan yang menurun serta laju aliran (debit) sebanding dengan beda tekanan dan dipengaruhi oleh sifat geometris saluran pori dimana terjadi aliran. Hal ini ditunjang

dengan penelitian Utomo (1985), yang mengkaji keterhantaran hidraulik pada kondisi simulasi aliran air pada kondisi jenuh secara horizontal dimana aliran air tetap dari kiri ke kanan, dari reservoir atas ke bagian bawah dan masing-masing reservoir tinggi air tetap dipertahankan maka terjadi aliran air pada kondisi gradien yang tinggi tekanan. Aliran air cenderung bergerak kebawah walaupun air sebagai satu-satunya gaya penyebab aliran cenderung bergerak keatas akan tetapi lawan gradien tekanan adalah kondisi gravitasi dengan besar yang sama. Kondisi perbedaan arah gradien menyebabkan dua gradien saling tolak menolak dan pada akhirnya arah air cenderung mengikuti arah gravitasi yang selalu bergerak positif. Arah hidraulik yang positif dapat menunjukkan tekanan hidraulik lebih besar daripada tekanan atmosfer sehingga arah aliran air dapat secara konstan bergerak dari atas ke bawah (kondisi yang teridentifikasi pada penampang profil tanah).

Menurut Hillel (1998), air akan mengalir pada pori yang terisi air dengan hisapan yang ada sehingga akan merayap sepanjang lapisan hidrasi diatas permukaan partikel sehingga menyebabkan perbedaan potensial yang positif. Pada kondisi tanah yang jenuh semua pori terisi air dan mengalirkan air sehingga kontinuitas serta keterhantaran dalam keadaan maksimum. Apabila dominasi tanah cenderung memiliki populasi pori – pori tanah yang relatif kecil maka kemampuan tanah dalam mengalirkan air sangat sedikit sehingga lapisan teratas sampai batas kontak lapisan kedap air akan terus menerus terisi air dan tidak mampu mengalir kelapisan yang lebih bawah. Oleh karena itu, terjadi penjumlahan dan berpotensi longsor. Keterhantaran hidraulik jenuh hanya mampu memprediksi kondisi kecepatan aliran air sampai batas maksimal tanah mampu mengalirkan air pada kondisi jenuh sehingga mampu berpotensi sebagai bidang gelincir tanah.

2.9.2. Hubungan Porositas dengan Konduktivitas Hidraulik Jenuh

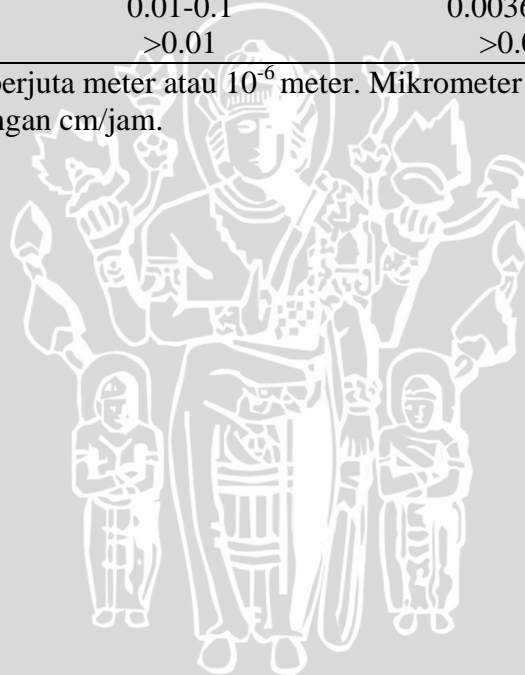
Porositas secara tidak langsung berhubungan dengan konduktivitas hidraulik, untuk aquifer yang berpasir dengan porositas yang lebih tinggi akan memiliki konduktivitas hidraulik yang lebih tinggi (lebih banyak daerah yang terbuka untuk air mengalir), tetapi hubungan antara konduktivitas hidraulik dan porositas ini sangat kompleks, karena kenyataannya tanah liat yang memiliki konduktivitas hidraulik yang sangat rendah ternyata memiliki porositas yang sangat tinggi. Misal porositas batuan seperti batu pasir, serpih, granit, atau batu gamping kemungkinan besar memiliki porositas ganda yang lebih kompleks jika dibandingkan dengan tanah endapan. Batu

sendiri dapat memiliki porositas yang rendah, dan retakannya dapat membentuk porositas yang lebih tinggi, sedangkan yang terjadi pada permukaan tanah, porositas tanah pada umumnya berkurang dengan bertambahnya ukuran partikel. Porositas tanah pada lapisan bawah permukaan bumi lebih rendah daripada tanah di permukaan disebabkan tekanan gravitasi (Erdeka, 2008).

Tabel 3. Kelas-Kelas Konduktivitas Hidraulik Jenuh (Foth,1984)

Kelas	Konduktivitas Jenis	
	Mikrometer per menit (Mikron meter/menit)	cm/jam
Sangat Tinggi	> 100	36
Tinggi	10-100	3,6-36
Sedang	1-10	0,36-3,6
Agak rendah	0,1-1	0,036-0,36
Rendah	0,01-0,1	0,0036-0,036
Sangat Rendah	>0,01	>0,0036

Satu Mikrometer = Seperjuta meter atau 10^{-6} meter. Mikrometer per menit dikalikan 0,36 sama dengan cm/jam.





III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di daerah Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya tepatnya di lokasi longsor yang berada di Desa Gampingan, Desa Pagak, Desa Telogorejo, Desa Sempol dan Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang. Pelaksanaan survei lapangan dilakukan pada bulan Agustus–November 2008. Analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan November 2008–Februari 2009.

3.2 Alat dan Bahan.

Alat dan bahan yang dipergunakan baik dipergunakan saat identifikasi longsor dilapangan maupun untuk persiapan laboratorium sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Tabel 4).

Pengukuran parameter tanah yang lain seperti sifat fisik tanah (tekstur, Berat Isi (BI), Berat Jenis (BJ)) dan sifat kimia lain misal C organik, pH dilakukan di laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya termasuk variabel pengamatan menggunakan alat dan bahan yang tersedia (Tabel 4).

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian

No	Jenis kegiatan	Alat	Bahan
1.	Persiapan	Kompas Stereoskop cermin Mika Penggaris OHP Pen Gunting Software Arc View 3.1	<ul style="list-style-type: none"> • Citra <i>Google earth</i> kecamatan Pagak • Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000 • Peta Lereng sheet Kapanjen 1607-43, sheet Wlingi 1507 – 64 skala 1 : 50.000 • Peta Geologi sheet Turen 1607-4 skala 1 : 100.000 • Foto udara sheet Turen Z12 A no. 4,3 dan Z11F – no. 14, 15, 16, 17 (untuk kec. Pagak) skala 1 : 50.000
2.	Survei Lapangan	Pendugaan Lapisan Kedap Air : <ul style="list-style-type: none"> • Sekop,cangkul • Bor Tanah • Botol semprot • Munsell Soil Color Chart • Clinometer • Petunjuk lapangan • Meteran • Altimeter dan kompas Pengambilan sampel tanah untuk pengukuran Konduktivitas Hidraulik Jenuh : <ul style="list-style-type: none"> • Ring sampel diameter 3 inchi dan panjang 8 cm • Plastik • Label • Spidol permanen 	<ul style="list-style-type: none"> • Form LRREP II • Air
3	Pengolahan Data dan Analisa	<ul style="list-style-type: none"> • Seperangkat komputer dengan <i>Software</i> pendukung. 	



3.3 Metode Penelitian.

3.3.1 Tahapan Persiapan.

Tahapan persiapan dilakukan untuk mengatur dan mengoptimalkan hasil survei lapangan dan analisis laboratorium sehingga memperkecil atau meminimalisasikan kesalahan saat melakukan pelaporan.

Dalam tahapan persiapan dilakukan beberapa kegiatan inti yaitu :

1. Melakukan studi literatur tentang apa dan bagaimana longsor, beserta kondisi lapisan semi kedap yang berpengaruh terhadap longsor.
2. Melakukan tinjauan ulang lokasi dan mengurus perijinan lokasi pengamatan.
3. Mengumpulkan data-data penunjang yang dapat membantu kelengkapan data penelitian. Misalnya persiapan peta dan foto udara di laboratorium Pedologi, Pemetaan dan Penginderaan Jauh (PPJP).
4. Melakukan koreksi peta secara digital melalui software Arc View 3.1 di laboratorium Sistem Informasi Geografi (SIG).
5. Menyusun rencana kerja dan memastikan kelengkapan alat dan bahan yang akan dipergunakan dalam pengamatan.

3.3.1.1 Persiapan Peta Landform.

Tujuan pembuatan peta landform Kecamatan Pagak adalah untuk mengetahui *group landform* apakah yang dapat ditemukan di Kecamatan Pagak. Pembuatan peta landform dilakukan dengan cara menampalkan atau mengoverlaykan peta lereng sheet Kepanjen dengan no.peta 1607-43 skala 1:100.000 dengan peta geologi sheet Turen dengan no. peta 1607-4 skala 1:100.000. *Overlay* peta geologi dan peta lereng maka dapat membuat satuan peta lahan untuk tiap desa di kecamatan Pagak dengan beracuan pada klasifikasi lereng dan perbedaan geologi pada skala kerja peta 1 : 25.000.

3.3.1.2 Persiapan Foto Udara.

Tujuan penggunaan foto udara didalam identifikasi longsor di kecamatan Pagak adalah untuk membantu menganalisis bentukan lahan yang mendominasi di kecamatan Pagak yang meliputi bentukan landform, tingkat kelerengan, dan tipe penggunaan lahan.

Tahapan di dalam persiapan foto udara meliputi :

a. Persiapan delineasi foto udara :

- Menyiapkan Foto udara sheet Turen Z12 A no. 4,3 dan Z11F–no. 14 dan 15 skala 1 : 50.000.
- Menyiapkan peta RBI kecamatan Pagak skala 1 : 25.000
- Melakukan delineasi batas-batas kecamatan Pagak
- Melakukan delineasi penggunaan lahan kecamatan Pagak
- Melakukan delineasi bentukan lahan yang mendominasi meliputi kondisi kelerengan lahan sehingga dapat dianalisis daerah mana saja yang berpotensi terjadi longsor dengan melihat pengkelasan lereng tiap daerah dan dicocokkan dengan tipe penggunaan lahan yang mendominasi tiap daerah tersebut.

Tabel 2. Pengkelasan lereng berdasarkan kenampakan pada foto udara

Kelas Kelerengan	Tingkat kelerengan	Kenampakan di foto udara
Kelas 1	0 – 3 %	Rona terang, Kondisi lahan landai, Penggunaan lahan berupa sawah
Kelas 2	3 – 8 %	Rona terang, Kondisi lahan bergelombang, Penggunaan lahan berupa tegalan atau kebun campuran
Kelas 3	8 – 15 %	Rona agak gelap, Kondisi lahan berombak, ada bentukan torehan tapi belum terlalu curam, Penggunaan lahan berupa tegalan atau kebun campuran
Kelas 4	15 – 25 %	Rona agak gelap, Kondisi lahan berbukit ,ada bentukan torehan curam, Penggunaan lahan berupa hutan produksi
Kelas 5	25 - 40 %	Rona gelap, Kondisi lahan berbukit, ada bentukan torehan curam, Penggunaan lahan berupa hutan atau semak
Kelas 6	> 40 %	Rona sangat gelap, Kondisi lahan bergunung, ada bentukan torehan sangat curam, Penggunaan lahan berupa hutan alami.

- Mengidentifikasi faktor pembatas potensi longsor yang teranalisis didalam foto udara baik itu faktor kelerengan maupun bentukan lahannya

b. Persiapan pembuatan mozaik foto udara

Setelah melakukan delineasi foto udara yang meliputi batas wilayah kecamatan, tipe penggunaan lahan, tipe kelerengan beserta bentukan lahan maka tahapan selanjutnya didalam persiapan foto udara adalah **pembuatan Mozaik foto**. Tujuan dari pembuatan mozaik foto dalam analisis potensi longsor adalah mampu memberikan gambaran dan kenampakan detail atau menyeluruh dari daerah yang

akan dianalisis (kecamatan Pagak). Pembuatan mozaik foto ini maka mampu mengamati bentukan lahan, tipe penggunaan lahan secara jelas dan menyeluruh.

3.3.1.3 Koreksi dan pembuatan peta secara digital

Koreksi dan pembuatan peta secara digital melalui software *Arc View 3.1* merupakan tahapan lanjut didalam melakukan penyusunan peta kerja yang dijadikan acuan utama melakukan interpretasi daerah rawan longsor di Kecamatan Pagak. Koreksi dan pembuatan peta secara digital meliputi hasil akhir dari tahapan deliniasi foto udara dimana dilakukan analisis tingkat kecocokan antara pembuatan peta secara manual (foto udara) dengan pembuatan peta secara digital.

Tahapan koreksi dan pembuatan peta secara digital meliputi :

- Persiapan peta RBI Kecamatan Pagak skala kerja 1: 25.000 secara digital untuk melakukan delinesasi batas-batas administrasi (Peta Administrasi Terlampir).
- Persiapan citra *google earth* Kecamatan Pagak tahun 2008 untuk melakukan interpretasi tipe penggunaan lahan kecamatan Pagak (Peta Penggunaan Lahan Terlampir).
- Melakukan analisis peta lereng secara digital melalui editing secara berkala sehingga menghasilkan tampilan peta lereng dengan pengkelasan 6 tingkat kelerengan yaitu 0-3%, 3-8%, 8-15%, 15-25%, 25-40%, >40% (Peta Lereng Terlampir).

3.3.1.4 *Ground checking* lapang.

Setelah melakukan persiapan foto udara dan kemudian di cocokkan dengan tampilan peta secara digital, maka dapat di analisis bentukan lahan, tipe kelerengan dan tipe penggunaan lahan yang selanjutnya dipadukan dengan kondisi wilayah yang sebenarnya di lapangan untuk memperoleh hasil intrepretasi lahan yang optimal.

3.3.2 Pra Survei.

Kegiatan pra survei bertujuan untuk mengetahui kondisi wilayah secara luas dan lebih terperinci sehingga mampu memastikan lokasi pengamatan yang tepat dan sesuai dengan kondisi biofisik lingkungan yang ada.

Kegiatan pra survei dilakukan dalam beberapa tahapan :

1. Melakukan studi literatur secara optimal berfungsi untuk menambah bahan referensi didalam memahami permasalahan longsor yang terjadi, pengumpulan

data penunjang (sekunder) baik data mengenai longsor ataupun data sekunder lainnya misal data curah hujan, data iklim di wilayah Perbukitan Malang Selatan khususnya yang berada di Kecamatan Pagak.

2. Melakukan cek ulang terhadap kondisi wilayah yang akan dijadikan obyek pengamatan yang meliputi :
 - Kondisi akses penghubung (jalan) menuju lokasi pengamatan masih mampu dilewati atau tidak, jarak dari akses penghubung utama (jalan besar) jauh, dekat, atau tepat di pinggir jalan dan alat transportasi jenis apa baik, menuju lokasi longsor apakah hanya mampu dilewati oleh kendaraan roda dua, berjalan kaki atau mampu dilewati oleh kendaraan empat baik mobil atau truk..
 - Jumlah dan kondisi titik longsor yang sudah teridentifikasi sebelumnya di wilayah Perbukitan Malang Selatan (baik waktu kejadian, volume, atau perubahan penggunaan lahannya). Misalnya penentuan jumlah dan kondisi titik longsor yang telah teridentifikasi berdasarkan waktu kejadian ini dapat terlihat dari penampang longornya. Apakah masih longsor baru belum ditumbuhi rumput atau semak yang lebat atau apakah sudah terbilang longsor lama yang sudah ditumbuhi semak lebat dan tanaman perdu lainnya, penentuan jumlah dan kondisi longsor yang telah teridentifikasi berdasarkan volume longsor ini dapat juga terlihat dari seberapa besar massa tanah yang mengalami longsor baik ukuran badan tanah terlongsor maupun jumlah tanah terdeposisi sehingga mampu teridentifikasi volume longsor yang dapat dikategorikan sebagai longsor yang besar atau longsor yang kecil.
 - Penentuan jumlah dan kondisi longsor yang telah teridentifikasi berdasarkan perubahan penggunaan lahannya. Apakah mengalami rehabilitasi penggunaan lahan yang kurang optimal sehingga berpengaruh terhadap potensi terjadinya longsor. Banyak perubahan lahan yang tidak sama seperti yang teridentifikasi di peta *landuse* digital dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Mayoritas kondisi penggunaan lahan tidak sesuai dengan kondisi topografi lahan. Banyak kondisi lahan dengan kelerengan yang curam ($\pm 25-40\%$) memiliki penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan tipe kelerengan misalnya dengan tipe kelerengan 25-40%, sebaiknya tipe penggunaan lahan yang sesuai adalah hutan alami tetapi mengalami perubahan penggunaan lahan yaitu hutan produksi yang masih minim stratifikasi tanaman sehingga sangat berpeluang terhadap terjadinya longsor.

3. Penentuan titik pengamatan longsor.

Pagak mempunyai bentukan wilayah yang didominasi oleh *landform* Karst dan Tektonik terbagi menjadi beberapa jenis tanah yaitu sebagian besar dominan Alfisol, Inceptisol dan sebagian kecil Entisol. Dari hasil survei lapangan, Alfisol paling banyak ditemukan longsor lahan sehingga pengambilan dan pemilihan lokasi longsor selain didasarkan pada kondisi topografi wilayah dengan melihat kenampakan lereng yang sangat berpotensi terhadap longsor yaitu kelerengan \pm 25-40% juga memperhatikan jenis tanah yang mendominasinya. Untuk masing-masing longsor yang teridentifikasi mempunyai penggunaan lahan hutan produksi, tegalan dan kebun campuran yang notabene memiliki lapisan semi kedap berupa lapisan liat semi kedap sehingga berpengaruh terhadap kecepatan terjadinya longsor.

4. Seleksi titik pengamatan longsor

Dari keseluruhan titik longsor yang teridentifikasi pada pra survei, kemudian diseleksi menurut tingkat kelerengan dan penggunaan lahan yang banyak dijumpai longsor. Setelah mengalami seleksi, diidentifikasi enam titik longsor yang mampu mewakili tingkat kelerengan dan masing-masing titik longsor terbagi ke dalam penggunaan lahan yang berbeda (hutan produksi, tegalan dan kebun campuran). Pada masing-masing tipe penggunaan lahan diambil dua kejadian longsor yang disesuaikan dengan identifikasi awal kondisi litologi wilayah yaitu lapisan semi kedap yang mampu menyebabkan terjadinya longsor. Pengambilan sampel dan pemilihan ulangan untuk tiap-tiap penampang longsor diambil pada kondisi kelerengan yang sama dengan pembuatan rintisan dari titik longsor dan masing-masing titik pengambilan sampel beserta ulangan diambil pada jarak 20 meter dari titik longsor (pengambilan sampel tidak pada penampang longsor untuk menghindari peluang pengikisan tanah yang lebih besar) sehingga mendapatkan perbandingan hasil pengukuran tiap parameter.

3.3.3 Survei utama

Survei utama dilakukan pada masing – masing titik longsor yang terseleksi (longsor perwakilan) yang meliputi identifikasi titik longsor dan pendugaan lapisan semi kedap air.

3.3.3.1 Identifikasi Longsor.

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan identifikasi longsor yang terjadi dengan menggunakan metode survei cepat (*rapid survey*) di kawasan Perbukitan Malang Selatan khususnya di wilayah Kecamatan Pagak.

Tahapan yang dilakukan antara lain :

1. Pengecekan posisi atau titik longsor yang terseleksi menggunakan *GPS*.
2. Penentuan tipe longsor yang terjadi.

Penentuan tipe longsor yang terjadi ini dapat dilakukan dalam beberapa tahapan :

- Melihat bentukan longsor yang terjadi apakah bisa dikategorikan sebagai longsor besar atau longsor kecil.
 - Mengkategorikan tipe longsor yang terjadi di kawasan Perbukitan Malang Selatan dan sekitarnya, Dari hasil seleksi, ada lima longsor bisa dikategorikan sebagai longsor permukaan dan satu longsor bisa dikategorikan sebagai robohan.
3. Pengukuran kelerengan pada lokasi longsor
 4. Pengamatan dan pengumpulan data penggunaan lahan yang ada pada lokasi longsor yang berpengaruh terhadap volume longsor yang teridentifikasi.

3.3.3.2 Pendugaan bidang gelincir di setiap titik longsor yang teridentifikasi.

Pendugaan bidang gelincir dilakukan dengan melakukan estimasi kenampakan lapisan semi kedap yang ada pada setiap titik longsor karena lapisan kedap merupakan pemicu terbentuknya bidang gelincir yang dapat menyebabkan longsor.

Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Pengamatan tipe *landuse* (penggunaan lahan) yang terletak pada kondisi penggunaan lahan yang berbeda. Akan tetapi sebagian besar wilayah yang terkena bencana longsor mempunyai tipe penggunaan lahan berupa tegalan, hutan produksi dan kebun campuran. Pengamatan tipe penggunaan lahan (*landuse*) meliputi pengamatan jenis vegetasi untuk masing-masing tipe penggunaan lahan, pengamatan terhadap kondisi perakaran vegetasi khususnya di sekitar titik longsor yang teridentifikasi melalui pembuatan singkapan tanah yang dalamnya menyerupai profil tanah ($\pm 1-2\text{m}$) dan pengamatan kondisi topografi wilayah untuk masing-masing tipe penggunaan lahan pada identifikasi lapisan kedap air yang berbeda.

b. Pengamatan Morfologi Tanah

Pengamatan morfologi tanah dilakukan di masing–masing titik longsor perwakilan yang terseleksi sebagai indikator terbentuknya lapisan semi kedap air. Pengamatan morfologi tanah meliputi Pengamatan dan deskripsi tanah dilakukan dengan membuat singkapan tanah pada rintisan yang diambil dari titik penampang longsor (tidak pada penampang longornya) pada kondisi kelerengan yang sama sehingga dapat diketahui klasifikasi tanahnya baik penentuan warna tanah, penentuan horizon tanah (batas, kejelasan, dan penamaan horizon) kemudian dilakukan pengamatan sifat fisik tanah yang meliputi :

- Pengamatan tekstur tanah di lapangan dilakukan melalui dua metode yaitu metode *feeling* di lapangan dan metode pipet hasil laboratorium. Untuk pengamatan tekstur dengan metode *feeling* di lapangan dengan merasakan komposisi tekstur. Apabila tanah dalam kondisi lembab dominan licin, mengkilat dan lekat berarti liat mendominasi dari proporsi tekstur. Apabila tanah dalam kondisi basah dominan licin dan kurang lekat berarti debu mendominasi dari proporsi tekstur. Sedangkan tanah dalam kondisi basah dominan kasar dan tidak lekat berarti pasir mendominasi dari proporsi tekstur tersebut. Untuk metode pengamatan proporsi tekstur secara lebih akurat menggunakan uji laboratorium (Tabel 6).
- Pengamatan struktur tanah di lapangan dengan menggunakan metode *feeling* meliputi pengambilan contoh tanah pada tiap-tiap horizon yang ditemukan. Kemudian diamati bentukan struktur apakah granuler, gumpal membulat ataupun gumpal bersudut untuk tiap-tiap horizon tersebut.
- Pengamatan konsistensi tanah di lapangan dilakukan melalui dua cara yaitu: melihat konsistensi tanah dengan melihat tingkat kekerasan tanah dalam penampang profil tanah menggunakan pisau geologi (metode tusuk tanah) untuk menentukan batas horizon pada suatu penampang profil tanah, mengamati tingkat konsistensi tanah, dengan menggunakan metode pilin dan uji kelekatan tanah dalam kondisi lembab. Apabila tanah tersebut dalam kondisi basah mampu dipilin, dan cenderung lekat pada kedua ibu jari maka tingkat konsistensinya plastis dan lekat (dominan liat) sedangkan dalam kondisi basah tanah kurang mampu dipilin, dan cenderung tidak lekat pada kedua ibu jari maka tingkat konsistensinya tidak plastis dan tidak lekat (dominan pasir).

- Pengamatan solum tanah dilakukan sebagai pendukung untuk mengidentifikasi lapisan kedap pada masing-masing titik longsor. Pengamatan solum tanah dilakukan dengan cara :
 - a. Penetapan titik longsor yang diamati solumnya. Profil tanah di sekitar titik longsor utama (pada rintisan yang diambil dari titik longsor)
 - b. Pengamatan tanah dilakukan hingga menemukan bahan induk atau lapisan semi kedap
 - c. Pengukuran kedalaman solum mencapai horizon C atau sampai berakhirnya aktivitas perakaran.

3.3.3.3 Pendugaan lapisan semi kedap.

Pendugaan lapisan kedap air dilakukan melalui tahapan :

1. Pendiskripsian tanah pada penampang longsor dengan menggunakan metode singkapan tanah.
2. Mengukur kedalaman tanah hingga lapisan semi kedap air apabila lapisan semi kedap tersebut teridentifikasi batuan.
3. Apabila lapisan semi kedap teridentifikasi sebagai lapisan liat semi kedap maka pendugaan lapisan kedap dilakukan dengan cara mengambil rintisan pada tiap-tiap horizon kemudian diamati perbedaan teksturnya. Jika terdapat perbedaan tekstur yang mencolok antar horizon dalam (endopedon) maka dapat diestimasikan perbedaan tekstur yang mencolok itu merupakan batas lapisan kedap air dengan tanah di atasnya.

3.3.3.4 Pengambilan sampel/contoh tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada daerah rintisan yang diambil dari penampang longsor berjarak 20 meter secara urut sehingga dapat ditentukan pengambilan sampel tanah untuk tiap parameter dilakukan pada :

- Pada horizon satu
- Pada horizon dua
- Pada batas/pelapisan tanah dengan lapisan kedap
- Pada lapisan semi kedap air

Cara pengambilan sampel tanah untuk setiap pengamatan :

1. Pengambilan contoh tanah untuk analisis tekstur dengan metode blok. Contoh tanah diambil setiap lapisan tanah pada penampang longsor. Tanah dipotong berbentuk persegi kemudian dimasukkan plastik lalu diberi label.
2. Pengambilan contoh tanah untuk analisis KHJ (Konduktivitas Hidroulik Jenuh) dengan metode ring silinder. Contoh tanah setiap lapisan tanah pada penampang dimasukkan ring lalu direndam dalam air setinggi 1 cm pada permukaan ring
3. Pengambilan contoh tanah untuk analisis berat isi dengan metode ring blok. Contoh tanah setiap lapisan tanah pada penampang longsor dengan menggunakan ring blok kemudian dimasukkan plastik lalu diberi label (untuk tanah), menggunakan metode clod untuk batuan.
4. Pengambilan contoh tanah untuk analisis berat jenis dengan metode pengambilan contoh tanah biasa setiap lapisan tanah pada penampang longsor.
5. Pengambilan contoh tanah untuk pengamatan struktur (kemantapan agregat) yaitu mengambil sampel tanah baik pada penampang longsor menggunakan sampel tanah clod atau tanah hancuran pada setiap lapisan tanah pada masing-masing titik longsor.
6. Pengambilan contoh tanah untuk analisis C organik, pH, KTK dan KB sama yaitu mengambil sampel tanah baik pada penampang longsor menggunakan sampel tanah hancuran setiap lapisan tanah pada masing- masing titik longsor.

Tabel 3. Variabel Pengukuran dan Metode yang Digunakan

Variabel Pengukuran	Metode/Alat/Ekstrak
Identifikasi titik longsor	Survei cepat (<i>rapid survey</i>)
Deskripsi penampang longsor	Singkapan
Pendugaan Lapisan Kedap Air	Singkapan
Tekstur	Pipet
KHJ	<i>Constant Head</i>
Berat Isi	Ring Volumetrik
Berat Jenis	Piknometer
Kemantapan agregat	Ayakan basah
C Organik	Walkey Black
pH	Elektrode pH meter
Kapasitas tukar kation (KTK)	Penyangga NH ₄ OAc pH 7
Kejenuhan Basa (KB)	Penyangga NH ₄ OAc pH 7

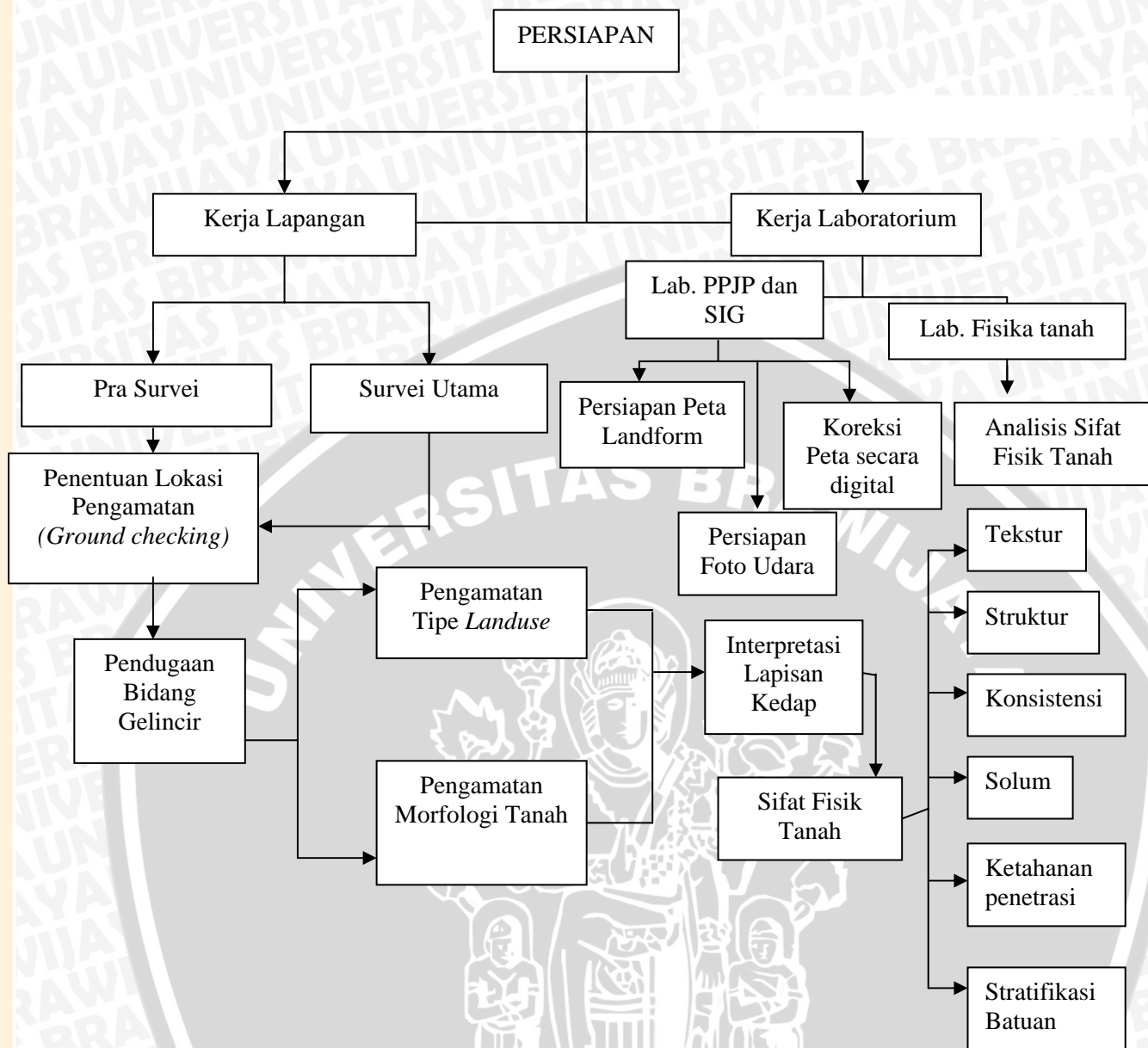
3.4 Analisis Laboratorium

Sampel tanah yang diperoleh dari lapangan kemudian dianalisis di laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya untuk analisis tekstur tanah, KHJ, berat isi, berat jenis, kemantapan agregat, dilakukan di laboratorium Fisika Tanah. Analisis pH, C Organik, KTK dan KB dilakukan di laboratorium Kimia Tanah.

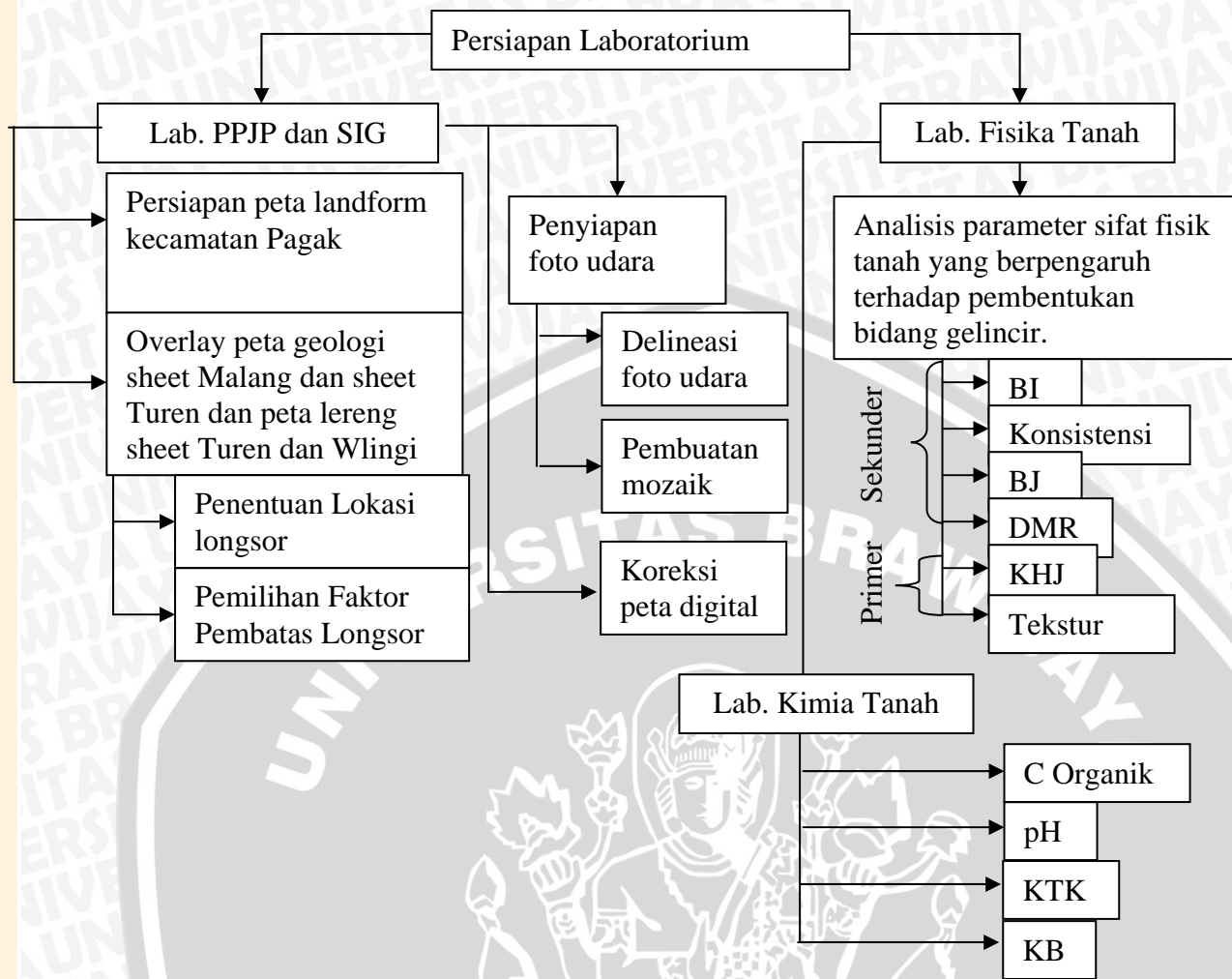
3.5 Analisis Data dan Pelaporan

Analisis data dilakukan untuk memperoleh bahan pertimbangan dari pengamatan di lapangan yaitu data yang digunakan merupakan hasil intepretasi lapangan mengenai kondisi longsor dan karakteristiknya yang kemudian dianalisis di laboratorium. Setelah melalui analsis laboratorium dan telah teridentifikasi hasil pengukuran baik tekstur, maupun konduktifitas hidraulik jenuh kemudian hasil analisis kembali diuji, menggunakan software *Microsoft Excel* untuk melihat kondisi parameter yang dianalisis (melihat kondisi tekstur dan KHJ sebagai parameter primer pada tiap lokasi penampang longsor).

Data yang telah dianalisis menggunakan software *Microsoft Excel* kemudian dilakukan uji data kembali untuk melihat hubungan dan tingkat keakuratan antar parameter yaitu hubungan antar letak lapisan semi kedap air dengan bentukan bidang gelincir tanah yang didapat dari estimasi tingkat fluktuasi dan perubahan tekstur dan KHJ tiap perlapisan tanah pada penampang longsor serta pengaruh terhadap volume longsor menggunakan software *SPSS*. Tahap terakhir dilakukan pembahasan hubungan antar parameter (tekstur, KHJ, bentukan bidang gelincir dan letak lapisan semi kedap air dengan volume longsor) pada penampang longsor di setiap titik pengamatan.



Gambar 1. Alur Kerja Penelitian



Gambar 2. Alur Kerja Laboratorium



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Umum Wilayah Penelitian

4.1.1 Lokasi.

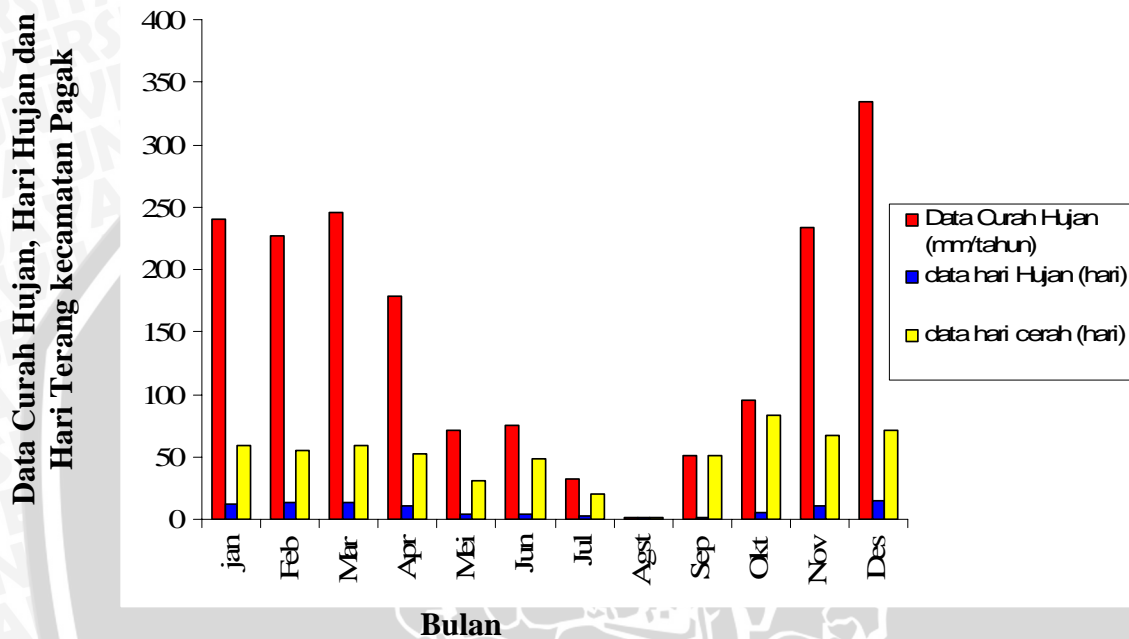
Kecamatan Pagak terletak di bagian barat daya Kabupaten Malang dengan letak koordinat wilayah yaitu berkisar antara $112^{\circ}30'00''$ BT - $112^{\circ}33'00''$ BB dan $8^{\circ}13'00''$ LU - $8^{\circ}14'26''$ LS. Secara administratif, sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Kepanjen dan Kecamatan Sumberpucung, sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Kalipare dan Kecamatan Donomulyo, sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Bantur dan Kecamatan Donomulyo serta di sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Bantur.

Kecamatan Pagak mempunyai luasan total wilayah ± 9008 ha yang dibagi menjadi delapan desa masing-masing diantaranya Desa Gampingan yang terletak di bagian utara kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 1308 ha, Desa Sumberejo yang terletak di bagian timur laut Kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 1151 ha, Desa Pagak yang terletak di bagian tengah hingga timur kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 1820 ha, Desa Sumberkerto yang terletak di bagian tenggara Kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 1092 ha, Desa Pandanrejo yang terletak di bagian selatan Kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 538 ha, Desa Sumbermanjing Kulon yang terletak di bagian barat daya Kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 1026 ha, Desa Sempol yang terletak dibagian barat Kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 1337 ha dan Desa Telogorejo yang terletak dibagian barat laut Kecamatan Pagak dengan luasan wilayah ± 736 ha (Peta Administrasi Disajikan dalam Lampiran 2).

4.1.2 Iklim.

Data iklim kecamatan Pagak didapatkan melalui stasiun iklim klimatologi Sengguruh yang terletak di Desa Gampingan kecamatan Pagak. Data iklim yang didapatkan di stasiun Sengguruh secara keseluruhan juga bisa diperoleh di Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Karangploso yang terletak di Kecamatan Karangploso yang merupakan unit penampung terbesar seluruh data iklim di Kabupaten Malang. Data iklim yang diperoleh di stasiun Sengguruh meliputi data

curah hujan, data hari hujan dan data hari matahari (hari terang) Kecamatan Pagak 10 tahun terakhir mulai dari tahun 1999 hingga tahun 2008. Data iklim Kecamatan Pagak 10 tahun terakhir tahun 1999-2008 menunjukkan jumlah curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan rata-rata curah hujan 333,9 mm per 10 tahun dan curah hujan terendah pada bulan Agustus dengan rata-rata hanya mencapai 2 mm per tahun (Gambar 9).



Gambar 1. Sebaran curah hujan, hari hujan dan hari terang Kecamatan Pagak 10 tahun terakhir (tahun 1999-2008).

Berdasarkan data iklim Kecamatan Pagak 10 tahun terakhir, tampak sebaran curah hujan dari bulan Januari hingga Desember relatif bervariasi. Perbedaan jumlah curah hujan bulan tertinggi dengan bulan terendah cukup signifikan mencapai 331,9 mm per tahun. Melihat variasi curah hujan yang tampak pada data iklim Kecamatan Pagak maka kondisi iklim daerah penelitian dapat dikategorikan dalam zona Agroklimat C3 menurut klasifikasi Oldeman dikarenakan kondisi iklim daerah penelitian yang tergambar dari intensitas curah hujan menunjukkan perbandingan secara nyata antara bulan basah dengan bulan kering yang seimbang yaitu enam bulan sekaligus memperlihatkan kondisi curah hujan daerah penelitian yang mengalami hujan beruntun selama enam bulan secara berturut-turut dengan intensitas yang tinggi (lebih dari 150 mm per tahun) dimulai dari bulan November hingga bulan April. Menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson, Kecamatan Pagak digolongkan dalam zone

Agroklimat D atau tipe iklim sedang yang sesuai dengan tipe penggunaan lahan berupa hutan musim hingga tegalan.

Hujan merupakan ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan seperti yang terlihat dari data iklim yang menunjukkan peningkatan curah hujan yang signifikan dimulai dari bulan November yang mencapai 233,375 mm per tahun. Musim kering yang panjang pada daerah penelitian (lebih dari enam bulan secara berturut-turut mulai dari bulan Mei hingga bulan September) akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat sehingga berpotensi terjadinya longsor (Karnawati *et al.*, 2005).

Kurun waktu 10 tahun terakhir mulai dari tahun 1999-2008 terjadi peningkatan jumlah hari hujan petahun mencapai 30%. Berdasarkan data iklim yang didapatkan dari BMG Karangploso melalui pemantauan stasiun klimatologi Sengguruh menunjukkan peningkatan hari hujan rata-rata mulai dari bulan November yang mencapai 10 hari per 10 tahun. Hal ini berkaitan dengan peningkatan intensitas curah hujan yang tinggi mulai dari bulan November dan seimbang dengan kondisi hari terang daerah penelitian selama lima bulan berturut-turut yang mencapai 5 hari per 10 tahun.

Suhu rata-rata Kecamatan Pagak yaitu 24,26 °C dengan rata-rata suhu tertinggi pada bulan Mei hingga mencapai 26,1 °C dan suhu terendah pada bulan Desember mencapai 22,86 °C. Peningkatan curah hujan yang terjadi pada bulan November dan Desember berpengaruh terhadap penurunan suhu udara secara bertahap begitu pula sebaliknya penurunan curah hujan yang mencapai 2 mm per tahun pada bulan Mei hingga bulan September. Suhu harian udara kecamatan Pagak relatif tinggi yaitu berkisar antara 24-26 °C .

4.1.3 Geologi dan Lithologi

Kecamatan Pagak dan lebih khususnya didaerah penelitian mencakup 4 kondisi geologi yaitu **Tmn** Formasi Nampol , **Tmw** Formasi Wuni, **Qpvb** Endapan Gunungapi Buring, **Tmwl** Formasi Wonosari.

Geologi Tmn merupakan bagian dari Formasi Nampol dengan komposisi batu liat hitam, batu pasir, batu pasir gamping. Batu pasir pada geologi Tmn dicirikan dengan karakteristik warna cokelat muda berkerakal dengan alur-alur liat berwarna abu-abu kebiruan terdapat sisipan konglomerat berukuran kerakal dan lignin yang tipis. Batu liat pada geologi Tmn mempunyai mempunyai warna abu-abu kebiruan dengan bongkahan batu gamping, bagian atas ditutupi oleh lapisan batu pasir dan lapisan batu gamping. Komposisi geologi Tmn tersebar di sebagian besar Desa Sumberkerto, Desa Pandanrejo, Desa Sumbermanjing Kulon dan sebagian kecil Desa Sempol.

Geologi Tmw merupakan bagian dari formasi Wuni terdiri dari komposisi batu pasir dan batu gamping halus. Batu gamping yang tersusun pada geologi Tmw dicirikan dengan kepingan-kepingan batu pasir, berukuran diameter ± 10 cm dengan massa dasar batu pasir yang pejal. Batu pasir pada susunan geologi Tmw berwarna coklat muda hingga coklat tua dan mengalami pelapukan yang kuat. Komposisi geologi Tmw tersebar di Desa Gampingan, Desa Sumberejo, dan Desa Telogorejo.

Geologi Qpvb merupakan komposisi sentral dari bahan-bahan endapan gunung api Buring terdiri dari lava basal dan tuf pasir. Lava basal pada susunan geologi Qpvb berwarna abu-abu kehitaman dengan struktur gumpal membulat hingga pejal mempunyai komponen penyusun berupa basal olivin piroksen, dan berongga tidak merata. Tuf pasir pada geologi Qpvb berwarna putih coklat kelabu dan keruh mempunyai komponen batuan feldspar, kaca, batu apung, mineral hitam dan pecahan batuan berbutir pasir remah bersusun. Komposisi geologi Qpvb tersebar di sebagian kecil Desa Gampingan, dan Desa Telogorejo bagian utara

Geologi Tmwl merupakan bagian dari Formasi Wonosari yang mempunyai susunan batu gamping, napal pasir dan sisipan batu liat kehitaman. Batu gamping pada geologi Tmwl terdiri dari batu gamping kristalin, batu gamping pasir dan batu gamping liat dengan struktur sebagian pejal dan sebagian berlapis. Komposisi geologi Tmwl tersebar di sebagian besar Desa Pagak, dan Desa Sempol.

Kondisi geologi yang bervariasi ini juga berpengaruh nyata terhadap peluang longsor yang terjadi. Kondisi geologi sebagai salah satu faktor pembentuk tanah dapat mempengaruhi proses stratigrafi maupun komposisi komponen penyusun tanah sehingga setiap tanah dengan variasi geologi mempunyai karakteristik yang berbeda-beda (Owen, 1980) (Peta Geologi Disajikan dalam Lampiran 3).

4.1.4 Landform

Kecamatan Pagak terdiri dari delapan desa antara lain Desa Gampingan, Desa Sumberejo, Desa Pagak, Desa Telogorejo, Desa Sempol, Desa Sumberkerto, Desa Pandanrejo dan Desa Sumbermanjing Kulon memiliki bentukan landform yaitu *Landform* Karst dan Tektonik yang terbagi berdasarkan bentukan relief dan tingkat kelerengan. Secara garis besar, wilayah Kecamatan Pagak disebelah utara memiliki bentukan sub *landform* berupa Perbukitan Karst dengan kondisi wilayah yang tinggi mempunyai komposisi batu gamping massif dengan pola karst berbukit kecil yang relatif sama ketinggiannya dan mempunyai tebing yang curam disekitarnya. Perbukitan Karst terletak di sebagian besar wilayah Desa Telogorejo, Gampingan dan Sumberejo bagian utara memiliki tingkat kelerengan yang relatif curam yang berkisar antara >40 %.

Memasuki wilayah Desa Sumberejo, Gampingan dan sebagian kecil wilayah desa Telogorejo bagian tengah terdapat bentukan sub *landform* yang mayoritas berupa Dataran Tektonik dengan relief yang berbukit. Dominasi lereng berkisar antara 3-8% serta bukit-bukit kecil yang relatif sama ketinggiannya tidak terdapat tebing curam dengan dominasi relief datar hingga gelombang pada tingkat kelerengan 15-25%.

Sebagian besar wilayah kecamatan Pagak bagian tengah dan barat daya memiliki dominasi Sub *Landform* berupa Dataran Tektonik yang relatif datar berelief, memiliki tebing curam di sekitarnya dengan tingkat kelerengan berkisar antara 0-3% terdapat di sebagian besar wilayah Desa Pagak, Sempol, Pandanrejo dan Sumbermanjing Kulon. Bentukan sub *landform* berupa Dataran Tektonik berelief gelombang serta memiliki tebing curam di sekitarnya dengan tingkat kelerengan berkisar antara 8-15% mendominasi di sebagian besar wilayah Desa Sumberkerto (Peta Landform Disajikan dalam Lampiran 4).

Tabel 1. Deskripsi *Landform* kecamatan Pagak

Simbol Landform	Deskripsi Landform	Kelas Lereng
T.11.1	Dataran Tektonik yang datar	0-3
T.11.2	Dataran Tektonik yang bergelombang	3-8
T.11.3	Dataran Tektonik yang berbukit	8-15
T.10.3	<i>Penepelaine</i> Tektonik yang berbukit	15-25
K.3	Perbukitan Karst	25-40
K.4	Pegunungan Karst	>40

4.1.5 Tanah

Tanah di Kecamatan Pagak khususnya di daerah penelitian relatif heterogen didominasi oleh tiga komposisi jenis tanah yang berbeda yaitu Mollisol, Alfisol dan Inceptisol. Alfisol mendominasi hampir mayoritas tanah di daerah penelitian dengan luasan 5715 ha (67% dari total luasan Kecamatan Pagak) sehingga dapat diestimasi pula peluang terjadinya longsor sesuai dengan prosentase dominasi Alfisol yang berada di Kecamatan Pagak. Hampir 60% peluang terjadinya longsor besar (± 15 kejadian longsor besar) pada daerah penelitian terjadi pada komposisi jenis Alfisol yang memiliki tingkat kepadatan tanah yang relatif tinggi sehingga mudah terciptanya pengkedapan lapisan tanah dan rentan terhadap masukan air yang terlalu besar mampu menciptakan bidang gelincir tanah. Alfisol biasa ditemukan pada bentukan wilayah Dataran Tektonik dengan perbukitan kecil dan relief bergelombang dengan tingkat kelerengan yang relatif berombak hingga berbukit yaitu berkisar antara 15–30%.

Inceptisol menempati 23% dari total luasan Kecamatan Pagak yaitu 2252,25 ha. Ordo Inceptisol banyak mendominasi kondisi wilayah Perbukitan Karst dengan

tingkat kelerengan yang relatif curam yaitu $\pm 25-40\%$ atau lebih dengan kondisi relief yang berbukit. Hal ini mencerminkan Inceptisol masih dalam tingkat perkembangan dan dikategorikan sebagai tanah yang masih muda sehingga masih rentan terhadap peluang longsor akibat aktivitas mekanik seperti eksplorasi lereng dan pemotongan tebing.

Pembagian kelas ordo tanah yang lainnya yang menempati sebagian kecil wilayah Kecamatan Pagak yaitu Mollisol. Total luasan sebaran Mollisol mencapai 690,38 ha (menempati 10% dari luasan Kecamatan Pagak). Ordo Mollisol dapat ditemukan di wilayah Dataran Tektonik dengan relief yang relatif datar sampai bergelombang serta memiliki tingkat kelerengan berkisar antara 3-15%. Mollisol dapat dikatakan peka terhadap erosi permukaan dan longsor sehingga berpotensi besar terhadap terjadinya longsor jika intensitas air yang terinfiltrasi terlalu tinggi. Hal ini disebabkan oleh Mollisol yang identik dengan cakupan bahan organik yang tinggi dengan sifat bahan organik sendiri apabila sudah terlalu kering tidak mampu menyerap air terlalu besar sehingga terjadi hujan yang lebat akan menjadi penghalang air untuk terinfiltrasi ke bagian tanah yang lebih dalam. Peluang terjadinya penjuanan air akan sangat tinggi di lapisan *top soil* dan mampu meningkatkan bahaya erosi dan longsor yang berkepanjangan (Peta Sebaran Tanah Disajikan dalam Lampiran 7).

4.1.6 Lereng dan Relief.

Kecamatan Pagak secara keseluruhan terbagi menjadi enam kelas kelerengan yang bervariasi. Di daerah penelitian, kelerengan berkisar antara 15-40% yang mayoritas ditemukan pada landform Perbukitan Karst dengan komposisi tebing yang curam. Lereng yang curam juga ditemukan pada tebing-tebing Dataran Tektonik pada kelerengan 20-35% yang tersebar hampir sebagian besar wilayah Desa Sumberejo, Desa Sumberkerto dan Desa Sempol. Relief yang ditemukan di Kecamatan Pagak hampir seluruhnya mengarah pada bentukan lahan yang relatif bergelombang hingga berbukit besar.

Wilayah Kecamatan Pagak selain didominasi oleh lereng yang terjal berkisar antara 15-40% dengan relief yang bergelombang hingga berbukit besar terdapat juga komposisi lereng yang relatif datar yaitu berkisar antara 0-8% dengan relief yang landai hingga bergelombang. Komposisi lereng ini sering dijumpai pada bentukan

landform Dataran Tektonik yang mendominasi sebagian besar wilayah Desa Sempol dan Pagak (Peta Lereng Disajikan dalam Lampiran 5).

4.1.7 Penggunaan Lahan

Wilayah Kecamatan Pagak tepatnya di daerah penelitian, penggunaan lahan yang umum diusahakan oleh penduduk relatif tampak terdapat hubungan antara kondisi tanah dengan fisik lingkungan terutama kondisi iklim. Tegalan merupakan alternatif utama yang dipilih oleh penduduk didalam mengaplikasikan tipe penggunaan lahan yang cocok sehingga mampu beradaptasi dengan baik dan memberikan keuntungan ekonomis yang relatif besar. Pemilihan tipe penggunaan lahan berupa tegalan hampir mendominasi total luasan kecamatan Pagak dengan kombinasi tanaman yang diusahakan berupa jagung, ubi jalar, ubi kayu, kacang-kacangan dan tebu. Tebu banyak diusahakan oleh penduduk hampir di wilayah desa Sumberejo, Sumberkerto, Pagak dan Sempol dikarenakan kondisi lingkungan fisik sebagian besar wilayah kecamatan Pagak relatif kering sehingga mampu mengatasi masalah kekurangan air dan kegagalan panen akibat musim kemarau yang berkepanjangan. Banyak tipe penggunaan lahan yang diusahakan oleh penduduk selain tegalan yaitu kebun campuran, sawah dan hutan produksi. Tanaman yang diusahakan didalam pemilihan tipe penggunaan lahan kebun campuran berupa kombinasi tanaman buah-buahan (*fruit crops*), tanaman kayu-kayuan (*wood crops*) dan tanaman keras (*tree crops*) misal perpaduan tanaman kopi, lamtoro, pisang, dan talas. Penggunaan lahan berupa kebun campuran mendominasi sebagian besar wilayah Desa Telogorejo, Gampingan, Sumbermanjing kulon dan Pandanrejo.

Alih guna lahan yang melibatkan pergantian tipe penggunaan lahan yang potensial menjadi tipe penggunaan lahan yang kurang sesuai dengan kondisi fisik lahan dan lingkungan juga marak terjadi di sebagian besar total luasan Kecamatan Pagak. Wilayah Desa Gampingan yang sebagian besar didominasi oleh bentukan landform Perbukitan Karst dengan kondisi kelerengan yang curam berkisar antara 25-45% berpotensi sebagai hutan alami beralih fungsi lahan menjadi hutan produksi mahoni dengan stratifikasi yang rendah, hal ini menjadi salah satu penyebab potensi terjadinya degradasi lahan yaitu penurunan kualitas lahan berpengaruh terhadap bahaya longsor yang terjadi (Peta Penggunaan Lahan Disajikan dalam Lampiran 6).

4.2 Sebaran Titik Longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan

Sebaran titik longsor yang teridentifikasi di kawasan Perbukitan Malang Selatan, Kecamatan Pagak didapatkan dari hasil survei cepat (*rapid survey*) awal tahun 2008 hingga akhir tahun 2009 yaitu 100 titik longsor secara umum kemudian diseleksi menjadi 20 titik longsor dengan skala longsor yang relatif besar. Hasil survei cepat mampu mengidentifikasi kondisi longsor pada wilayah dan bentukan lahan yang berbeda. Secara sistematis, sebaran titik longsor dapat dikategorikan menjadi tiga jenis longsor yaitu longsor tebing jalan teridentifikasi sebanyak empat buah, longsor tebing sungai teridentifikasi sebanyak empat buah dan longsor lahan yang mendominasi kejadian longsor di total luasan Kecamatan Pagak yang teridentifikasi sebanyak 12 buah.

Longsor tebing sungai dapat diestimasi berdasarkan intensitas dan besarnya arus sungai yang mampu menggerus badan sungai. Longsor tebing sungai terjadi di badan sungai yang mampu berakibat pada pengurangan kuantitas massa tanah pada tebing sungai. Massa tanah maupun batuan pada tebing sungai yang terangkut menimbulkan penimbunan material yang relatif banyak di badan sungai. Hal ini beresiko terjadinya penurunan nilai dan kualitas sungai baik dalam segi kualitas air sungai yang menjadi kotor dan keruh maupun segi kemampuan sungai semakin kecil dalam mengalirkan air secara optimal sehingga berpotensi tinggi terjadinya banjir.

Longsor tebing jalan yang banyak terjadi di kawasan Perbukitan Malang Selatan sebagian besar terjadi akibat aktivitas manusia yang berlebihan seperti pemotongan tebing bukit guna dimanfaatkan sebagai jalan alternatif atau penghubung antar kota maupun antar dusun yang hanya mampu dibuat dengan cara peledakan bukit secara liar serta aktivitas eksplorasi lereng yang berlebihan sebagai alat bantu petani maupun warga desa dalam memperlancar akses kegiatan mereka. Longsor tebing jalan banyak ditemukan di sepanjang sisi atau badan jalan dengan tingkat kerawanan longsor yang tinggi misalnya di sepanjang bukit Karst yang merupakan jalur penghubung kota Malang dengan Kecamatan Pagak dan sekitarnya banyak ditemukan longsor badan jalan yang melibatkan material batu gamping dengan kuantitas yang relatif banyak.

Mayoritas kejadian longsor yang terjadi di Perbukitan Malang Selatan didominasi oleh kejadian longsor lahan. Longsor lahan yang terjadi banyak

diakibatkan oleh usaha alih guna lahan secara liar. Alih guna lahan disini diartikan sebagai usaha perombakan atau konversi fungsi suatu lahan menjadi suatu fungsi lahan yang berbeda mengakibatkan penurunan kualitas lahan yang dikonversi misalnya kondisi lahan dengan tingkat kelerengan diatas 40% yang seharusnya digunakan sebagai hutan lindung, akibat aktivitas manusia dalam eksplorasi lahan yang berlebihan (pembabatan hutan liar dan tidak dilakukan konservasi lahan yang optimal) maka mayoritas wilayah Karst di Kecamatan Pagak dengan kelerengan yang relatif curam dan relief lahan berbukit mengalami degradasi lahan yang cukup besar sehingga berakibat terjadinya longsor lahan. Penurunan kualitas lahan dimulai dari tanah yang tidak mampu memberikan kondisi yang baik secara fisika, kimia dan biologi tanah, sedangkan tanaman mempunyai peranan penting dalam hal perbaikan fungsi tanah yaitu luas jaringan akarnya yang menembus tanah, cenderung membentuk agregat. Ketika akar mendesak terbentuklah agregat memadat yang terpisah antar yang satu dengan yang lainnya. Daun-daun vegetasi yang tumbuh dan sisa-sisa tanamannya, melindungi agregat di permukaan tanah terhadap gaya perusak air terutama dari pukulan butir-butir hujan, sehingga agregat-agregat tanah menjadi lebih mudah pecah jika terjadi pembukaan atau penghilangan penutup tanah dalam jangka waktu yang lama. Apabila tanaman tidak dibudidayakan secara optimal pada kondisi lahan dan komposisi atau stratifikasi tanaman yang sesuai (baik sesuai dengan kemiringan lahan maupun teknik konservasinya), maka peluang perbaikan fungsi tanah akan semakin rendah sehingga potensi degradasi lahan akan semakin besar.

Longsor lahan yang terjadi tidak hanya berakibat fatal terhadap kegagalan hasil panen petani, melainkan penurunan kualitas lahan yang berkepanjangan. Hasil identifikasi longsor yang terjadi di Kecamatan Pagak menghasilkan enam titik longsor yang dikelaskan menjadi tiga titik longsor perwakilan (Tabel 8). Seleksi titik longsor didasarkan pada tipe penggunaan lahan yang berbeda yaitu hutan produksi, tegalan dan kebun campuran (Peta Sebaran Titik Longsor Disajikan dalam Lampiran 1).

Tabel 2. Identifikasi Longsor yang terseleksi di kawasan Perbukitan Malang Selatan, Kecamatan Pagak

Variabel (Desa)	P (m)	T (m)	L (m)	Vol. Longsor (m ³)	Kedalaman Bidang Gelincir (cm)	Elevasi (mdpl)	Landuse	Landcover	Landform	Lereng
Sumberkerto 1	13.5	0.7	22.5	212.63	70	432	Tegalan	Jagung, Tebu, Pisang, Ubi kayu, Kacang tanah.	Dataran Tektonik yang bergelombang	25 %
Sumberkerto 2	15	0.4	20	120	40	450	Hutan produksi	Jati, suren, lamtoro, padi, rumput gajah.	Dataran Tektonik yang bergelombang	35 %
Pagak	15	0.5	15.6	117	55	510	Tegalan	Tebu, Rumput gajah.	Dataran Tektonik yang datar	15 %
Gampingan	10	0.71	8.5	60.35	71	536	Hutan produksi	Jati, lamtoro, tebu, sonokeling, nangka, kacang tanah Rumput gajah, Pisang, Jagung.	Perbukitan Karst	42 %
Telogorejo	2	0.5	17.2	17.2	27	589	Kebun campuran	Jati, Kopi, Pisang, sonokeling, kacang tanah, garut, ubi kayu, jagung, Lamtoro.	Perbukitan Karst	30 %
Sempol	22.5	1	15	337.5	82	453	Kebun campuran	Kopi, Talas, Lamtoro, Suren, garut, sonokeling, Jagung, Ubi Kayu.	Dataran Tektonik berbukit	25 %

4.3 Karakterisasi Titik Longsor di Kawasan Perbukitan Malang Selatan.

4.3.1 Deskripsi Longsor Perwakilan Sumberkerto 1.

4.3.1.1 Kondisi Lahan Titik Longsor Perwakilan.

Titik longsor perwakilan yang teridentifikasi di Dusun Sumberpetung 2, Desa Sumberkerto mempunyai kondisi lahan dengan tatanan geografis yang cukup seragam. Hampir seluruh bentukan lahan yang mendominasi berupa Dataran Tektonik merupakan *upland* atau punggung bukit yang relatif bergelombang. Relief lahan cenderung miring dengan komposisi teras-teras bangku searah kontur yang cukup teratur (Gambar 10). Lahan yang teridentifikasi mempunyai tipe kelerengan yang cukup bervariasi. Lereng atas punggung bukit pada zona perpindahan bentukan lahan dari kondisi bergelombang menuju curam antar bukit mempunyai tipe kelerengan yang cukup tinggi dengan kisaran 15-30% sehingga dimanfaatkan untuk budidaya tanaman tahunan seperti jati, sonokeling, suren, dan lamtoro sedangkan lereng tengah hingga bawah dengan dominasi tipe kelerengan yang relatif datar hingga bergelombang dengan kisaran 10-15% dimanfaatkan sebagai Tegalan dengan komposisi budidaya tanaman jagung, tebu, pisang, ubi kayu, kacang tanah.



Gambar 2. Kondisi Lahan yang meliputi bentukan lahan dan tipe penggunaan lahan yang mendominasi di Dusun Sumberpetung 2, Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak Malang.

4.3.1.2 Klasifikasi Tanah Titik Longsor Perwakilan.

Lokasi : Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Seri Tanah : Sumberpetung 2

Seri ini terdiri atas tanah-tanah yang solumnya dangkal dengan kondisi drainase sedang, permeabilitas sedang, pada lereng atas Dataran Tektonik dengan relief yang bergelombang, fisiografi bergelombang hingga agak curam, bahan induknya berupa batu pasir gamping dan batu liat hitam, *gradient slope* 1-25%, rata-rata suhu udara tahunan 24.26 °C (Data Suhu Udara Tahunan disajikan dalam Lampiran 18), rata-rata suhu tanah tahunan 26.75 °C (Data Suhu Tanah Tahunan disajikan dalam Lampiran 18) dan rata-rata curah hujan tahunan 1596,1 mm per tahun (Data Curah Hujan Tahunan disajikan dalam Lampiran 17)

Kelas Taksonomi : Inceptic Haplustalfs, Isotermik.

Penamaan kelas taksonomi Inceptic Haplustalfs didapatkan dari kondisi pedologis tanah yang mengalami illuviasi liat pada penampang tanah sehingga membentuk horizon argilik setebal 30 cm pada kedalaman 70-100 cm akan tetapi perkembangan struktur masih menunjukkan tingkatan awal yaitu berupa struktur remah hingga gumpal membulat pada tiap perlapisan tanah serta tidak mempunyai kontak litik, densik, paralitik pada kedalaman 100 cm pada tanah mineral. Penamaan kelas taksonomi tanah yang cocok yaitu Inceptic Haplustalfs

Karakteristik Umum :

Tebal solum 60-150 cm dan kedalaman hingga bahan induk lebih dari 150 cm, reaksinya agak masam hingga netral pada seluruh profil tanah.

Horizon Ap mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung, reaksinya agak masam.

Horizon A mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₁ mempunyai hue 10 YR, value 2, khroma 2 bila lembab, tekstur liat berdebu, reaksinya agak masam.

Tatanan Geografis :

Tanah-tanah ini ditemukan pada punggung bukit, daerah-daerah kipas kolluvial, lereng atas lembah sungai, *gradient slope* 1-30%, rata-rata suhu udara 24-25 °C, rata-rata curah hujan tahunan 1500-1700 mm per tahun.

Drainase dan Permeabilitas :

Drainase tanah sedang sampai baik, limpasan permukaan sedang hingga sangat cepat, permeabilitasnya sedang sampai sangat tinggi.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi :

Sebagian wilayah kaki lereng Dataran Tektonik digunakan pemanfaatan lahan sebagai Tegalan dengan komposisi vegetasi berupa jagung, tebu, pisang, ubi kayu, kacang tanah.

4.3.1.3 Kondisi Longsor Perwakilan.

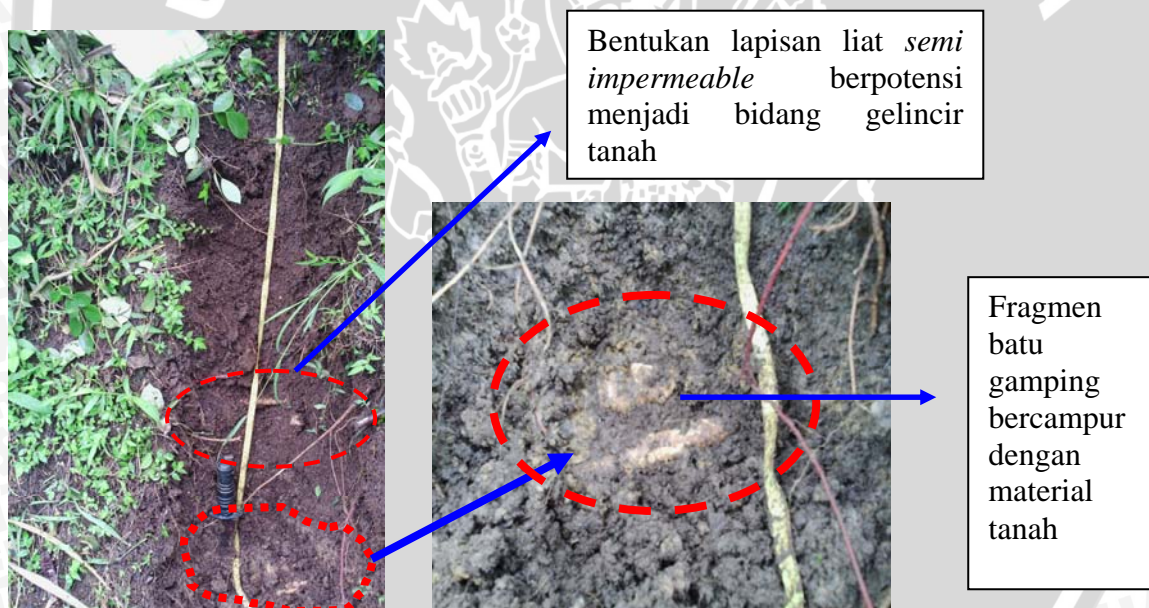
Longsor lahan yang terjadi di Dusun Sumberpetung 2, Desa Sumberkerto bagian utara (Sumberkerto 1) mempunyai skala yang relatif besar pada kondisi kelerengan yang cukup tinggi yaitu kisaran 25% dan memiliki bentukan *landform* berupa Dataran Tektonik dengan relief bergelombang (Gambar 11). Longsor lahan yang teridentifikasi pada lereng atas punggung bukit mempunyai lebar longsor sebesar 13,5 m dengan panjang longsor sebesar 22,5 m pada pengukuran *gradient slope* searah lereng menghadap barat laut sehingga volume longsor mencapai 212.63 m³. Titik longsor ini terletak pada titik UTM Zona 49 dengan koordinat 667364 mU dan 9084392 mT. Longsor lahan terjadi pada kawasan budidaya tanaman tahunan dengan komposisi tanaman berupa sonokeling dan lamtoro lebih tepatnya terletak pada perbatasan lahan Tegalan berupa tebu dengan lahan budidaya tanaman tahunan yang mengelilingi lahan Tegalan tersebut.



Gambar 3. Identifikasi Longsor Desa Sumberkerto 1: a). Kondisi Longsor, b) Tipe penggunaan lahan berupa Tegalan

4.3.1.4 Lapisan semi kedap.

Penyebab longsor permukaan di Desa Sumberkerto bagian utara (Sumberkerto 1) dapat diestimasi melalui pendugaan lapisan semi kedap yang tersusun pada penampang longsor. Pada kedalaman 70 cm lapisan liat yang relatif padat berwarna coklat gelap yang diestimasi sebagai bentukan horizon argilik pada tanah (Gambar 12). Pada kedalaman 80 cm juga ditemukan fragmen batu gamping yang menyebar dan tercampur dengan tanah yang merupakan pecahan dari batuan induk yang berada di bawah perlapisan tanah tersebut sehingga mampu mempersulit di dalam pengambilan sampel tanah. Ketebalan fragmen batu gamping yang relatif rapat teridentifikasi yaitu berkisar antara 10-20 cm pada kedalaman di bawah 100 cm dari permukaan tanah dengan jarak antar fragmen batuan hanya berkisar antara 10-15 cm dan terisi tanah bertekstur dominan liat. Pencampuran batu gamping dan tanah bertekstur liat hasil mineralisasi batu gamping terlebur menjadi tanah bertekstur liat mampu menambah tingkat kekerasan perlapisan tanah.



Gambar 4. Bentuk lapisan semi kedap berupa akumulasi partikel liat dan bercampur dengan fragmen batu gamping

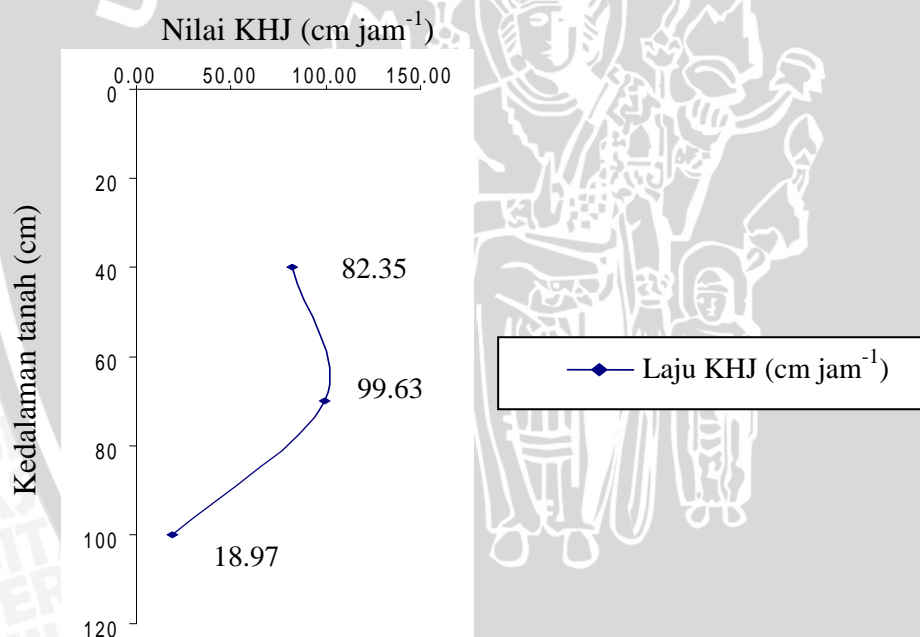
4.3.1.5 Indikator Terbentuknya Bidang Gelincir Tanah.

- **Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ).**

Konduktivitas hidraulik jenuh merupakan salah satu parameter tanah yang mampu menunjukkan distribusi aliran air pada kondisi jenuh yang terlihat nyata

dalam identifikasi kedalaman bidang gelincir pada penampang longsor. Kedalaman bidang gelincir tanah mampu diestimasi melalui pengukuran aliran air secara lateral vertikal mengindikasikan bahwa semakin dalam lapisan tanah maka semakin menurun tingkat distribusi air jika disimulasikan kondisi penampang tanah dalam kondisi jenuh air.

Indeks nilai KHJ pada penampang longsor desa Sumberkerto 1 teridentifikasi sebesar $93.99 \text{ cm jam}^{-1}$ pada kedalaman 40-70 cm (Gambar 13). Seiring dengan peningkatan kedalaman tanah terjadi penurunan indeks KHJ yang cukup signifikan sekitar 25.19% dari nilai KHJ sebesar $93.99 \text{ cm jam}^{-1}$ menjadi $18.91 \text{ cm jam}^{-1}$ pada kedalaman 70-100 cm. Penurunan nilai KHJ pada kedalaman 70-100 cm yang relatif tinggi disebabkan oleh perbedaan tekstur tanah yang kontras seiring dengan peningkatan kedalaman tanah yaitu terjadinya peningkatan liat sebagai wujud bentukan horizon argilik kedalaman 70 cm setebal 10 cm sampai sehingga mampu menghambat laju distribusi air secara signifikan antar lapisan tanah yang lebih dalam.



Gambar 5. Skema laju KHJ pada penampang longsor Desa Sumberkerto 1

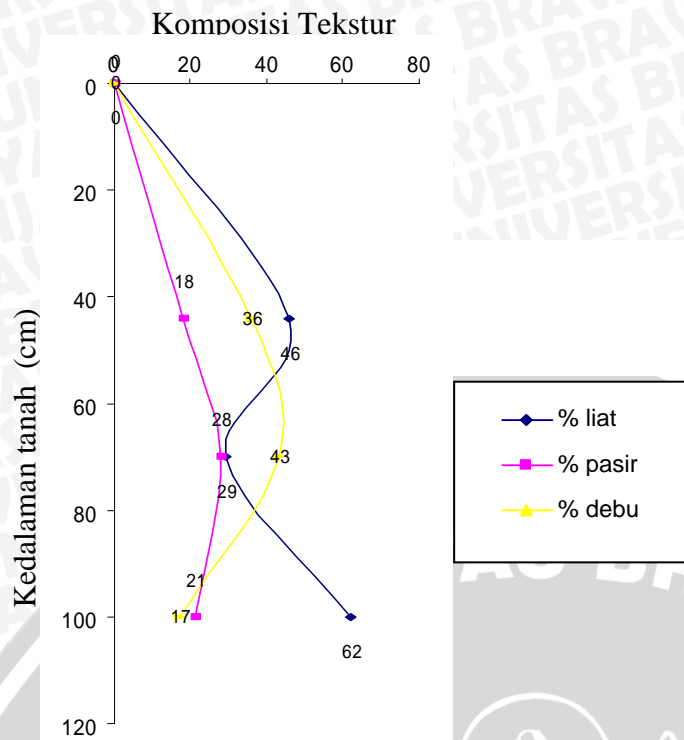
- **Komposisi Tekstur.**

Penentuan komposisi tekstur juga mengindikasikan laju aliran air antar lapisan tanah semakin lambat ataupun cepat. Tekstur memiliki ruang pori yang berbeda seiring dengan susunan atau komposisi dari tekstur itu sendiri pada penampang tanah. Semakin halus komposisi tekstur maka prosentase ruang pori antar lapisan tanah akan

semakin tinggi (perbandingan ruang pori mikro lebih tinggi dibandingkan dengan ruang pori makro) begitu sebaliknya semakin kasar komposisi tekstur maka prosentase ruang pori makro akan lebih tinggi daripada ruang pori mikro yang berimplikasi pada distribusi aliran air antar lapisan tanah. Semakin halus komposisi tekstur, semakin tinggi perbandingan ruang pori mikro pada susunan penampang tanah maka semakin lambat distribusi aliran air antar lapisan tanah dikarenakan tingkat kesulitan air untuk melewati dan melepaskan jerapan pori akan semakin tinggi.

Hal yang serupa terjadi pada penentuan komposisi tekstur pada penampang longsor desa Sumberkerto 1 yaitu terjadinya kestabilan komposisi tekstur pada kedalaman 0-40 cm berupa lempung berliat dan komposisi tekstur berupa lempung pada kedalaman 40-70 cm (Gambar 14). Perubahan tekstur secara signifikan mulai tampak seiring dengan peningkatan kedalaman tanah yaitu perubahan tekstur tanah dari lempung menjadi liat. Estimasi perubahan tekstur antar lapisan tanah dapat dilakukan melalui pengukuran partikel liat yang meningkat sebesar 44,18% pada kedalaman tanah kisaran 70-100 cm. Peningkatan partikel liat secara terus menerus menyebabkan akumulasi liat secara nyata sehingga mampu menurunkan distribusi air antar lapisan tanah berpengaruh pula terhadap laju air secara konstan. Hal ini juga mengindikasikan kondisi *semi impermeabel* yaitu kondisi lemah di dalam mendistribusikan air berakibat pada pembentukan bidang gelincir pada penampang longsor.





Gambar 6. Skema Komposisi sebaran tekstur pada penampang longsor Desa Sumberkerto1.

4.3.2 Deskripsi lokasi longsor perwakilan Sumberketo 2

4.3.2.1 Kondisi Lahan Titik Longsor Perwakilan.

Titik longsor perwakilan yang teridentifikasi di Dusun Sumberkerto, Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak, Malang terjadi pada kondisi lahan yang cukup heterogen. Perpaduan antara kondisi lahan yang mempunyai relief mulai dari bergelombang hingga berbukit dengan kondisi dataran yang terletak pada satu bentang lahan mampu meningkatkan keragaman lingkungan yang berpengaruh pada kestabilan tanah penyusun lahan tersebut. Mayoritas bentang lahan yang mendominasi wilayah longsor desa Sumberkerto bagian selatan (Sumberkerto 2) merupakan bentang lahan berupa Dataran Tektonik dengan relief yang bergelombang dengan tingkat kelerengan yang bervariasi. Bentang lahan yang terletak pada Dataran Tektonik mayoritas berupa dataran dengan tipe kelerengan yang berkisar antara 0-8% maka pembudidayaan tanaman padi dengan sistem konservasi teras bangku yang tersusun teratur mengikuti kontur lahan dapat dimanfaatkan sebagai area persawahan sehingga dijadikan alternatif utama peningkatan pendapatan dan pemenuhan kebutuhan hidup masyarakat (Gambar 15). Bentang lahan yang terletak pada

upland/punggung bukit didominasi kondisi relief lahan yang bergelombang hingga berbukit dan mempunyai tipe kelerengan yang relatif curam mulai dari 8-40% sehingga banyak dimanfaatkan untuk budidaya tanaman Jati sebagai tanaman utama di kawasan hutan produksi dikombinasikan dengan tanaman-tanaman semak dan perdu yang terletak di pinggir lereng yang mengitari area hutan.



Gambar 7. Kondisi Lahan pada titik longsor perwakilan yang berupa bentukan lahan dan tipe penggunaan lahan yang mendominasi Dusun Sumberkerto, Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak, Malang

4.3.2.2 Klasifikasi Tanah Titik Longsor Perwakilan

Lokasi : Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Seri Tanah : Sumberkerto

Seri ini terdiri atas tanah-tanah yang solumnya dalam dengan kondisi drainase sedang, permeabilitas sedang, pada lereng atas Dataran Tektonik dengan relief yang bergelombang, fisiografi miring hingga berbukit, bahan induknya berupa batu pasir, batu pasir gamping dan batu liat hitam., *gradient slope* 1-35%, ratahan suhu udara tahunan 24.26 °C (Data Suhu Udara Tahunan disajikan dalam Lampiran 18), ratahan suhu tanah tahunan 26.75 °C (Data Suhu Tanah Tahunan disajikan dalam Lampiran 18) dan ratahan curah hujan tahunan 1596,1 mm per tahun (Data Curah Hujan Tahunan disajikan dalam Lampiran 17).

Kelas Taksonomi : Ultic Haplustalfs, isohipertermik.

Penamaan kelas taksonomi Ultic Haplustalf didapatkan dari identifikasi letak horizon argilik yang semakin tebal seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah yaitu kedalaman 40-100 cm. yang pada keseluruhan penampang tanah mempunyai kejenuhan basa (jumlah kation basa) sebesar kurang dari 75% dengan tipe rejim

kelembaban tanah relatif kering dengan suhu tanah tahunan rata-rata 22 °C, atau lebih tinggi maka penamaan kelas taksonomi tanah yang cocok yaitu Ultic Haplustalfs.

Karakteristik Umum :

Tebal solum 100-150 cm dan kedalaman hingga bahan induk lebih dari 170 cm, reaksinya agak masam hingga netral pada penampang profil tanah

Horizon Ap mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 4 bila lembab, tekstur lempung berpasir, reaksinya agak masam.

Horizon A mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung berliat, reaksinya agak masam.

Horizon Bt1 mempunyai hue 10 YR, value 2, khroma 2 bila lembab, tekstur liat berdebu, reaksinya agak masam.

Tatanan Geografis :

Tanah – Tanah ini ditemukan pada lipatan upland dengan punggung bukit, daerah-daerah ujung lembah, daerah-daerah kipas alluvial, gradient slope 1-40%, rata-rata suhu udara 24-25 °C, rata-rata curah hujan tahunan 1500-1700 mm per tahun

Drainase dan Permeabilitas :

Drainase tanah sedang sampai baik, limpasan permukaan sedang hingga sangat cepat, permeabilitasnya lambat sampai sedang.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi :

Sebagian besar digunakan sebagai hutan produksi berupa budidaya tanaman jati, rumput gajah pada lereng atas pada Dataran Tektonik, dan wilayah kaki lereng Dataran Tektonik digunakan pemanfaatan lahan sebagai sawah dengan komposisi vegetasi berupa padi saat musim penghujan dan jagung, semak, perdu saat musim kemarau.

4.3.2.3 Kondisi Longsor Perwakilan

Kejadian longsor terjadi pada titik longsor didesa Sumberkerto bagian selatan (Sumberkerto 2) yang melibatkan banyak material tanah yang terangkut dan diendapkan di dataran yang lebih landai (Gambar 16). Longsor lahan yang terjadi di Desa Sumberkerto bagian selatan mayoritas terjadi pada tingkat ketererangan sebesar 35%. Lereng merupakan salah satu pemicu terjadinya longsor. Titik longsor ini terletak pada titik UTM Zona 49 dengan koordinat 668038 mU dan 908512 mT. Gerakan air secara lateral dengan kuantitas yang besar meningkatkan kekuatan geser tanah pada tingkat ketererangan curam (25-40%). Longsor yang teridentifikasi

mempunyai volume longsor sebesar 120 m^3 dengan panjang dan lebar lereng berkisar antara 15-20 m. Beban massa tanah dan tumbuhan yang berperakaran dangkal (tidak menembus bidang semi kedap) pada posisi kelerengan curam menambah tingkat ketidakstabilan tanah dalam menopang material penyusunnya sehingga berakibat terjadinya longsor. Kondisi bentukan lahan berupa Dataran Tektonik dengan relief yang bergelombang sehingga pada tebing-tebing yang curam dapat berpotensi tinggi sebagai pemicu terjadinya longsor. Tipe penggunaan lahan yang ada dan mayoritas dikembangkan yaitu hutan produksi jati akan tetapi masih memiliki tingkat stratifikasi vegetasi yang rendah.

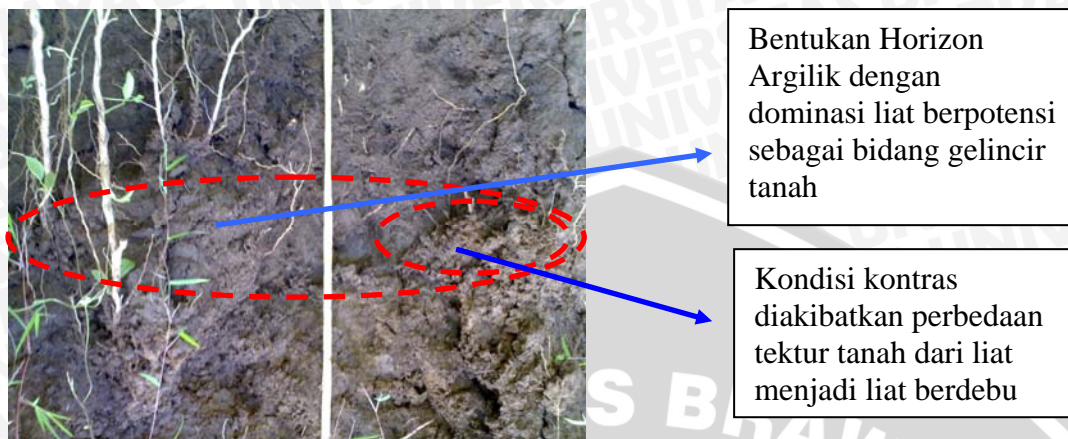


Gambar 8. Identifikasi Longsor desa Sumberkerto 2: a). Kondisi Longsor , b) Tipe penggunaan lahan berupa hutan produksi.

4.3.2.4 Lapisan semi kedap

Longsor lahan yang terjadi di Desa Sumberkerto 2 disebabkan oleh komposisi lapisan tanah yang sulit terlewati oleh air yang teridentifikasi berupa lapisan semi kedap (*semi impermeable*) yang tersusun oleh akumulasi partikel liat dalam jumlah yang besar berwarna coklat kekuningan sebagai bentukan horizon Argilik di dalam tanah pada kedalaman 70 cm (kisaran kedalaman 40-100 cm dari permukaan tanah) (Gambar 17). Lapisan semi kedap berupa akumulasi liat akan mampu mengikat air dalam jumlah yang banyak akan tetapi memiliki permeabilitas yang rendah sehingga komposisi air akan semakin tertahan pada pelapisan liat berpotensi meningkatkan bidang gelincir tanah. Seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah, mulai terlihat penampakan fragmen batu gamping yang terletak tidak beraturan dengan jarak antar

batu gamping berkisar antara 10-15 cm pada kedalaman dibawah 90 cm yang diukur dari permukaan tanah awal.

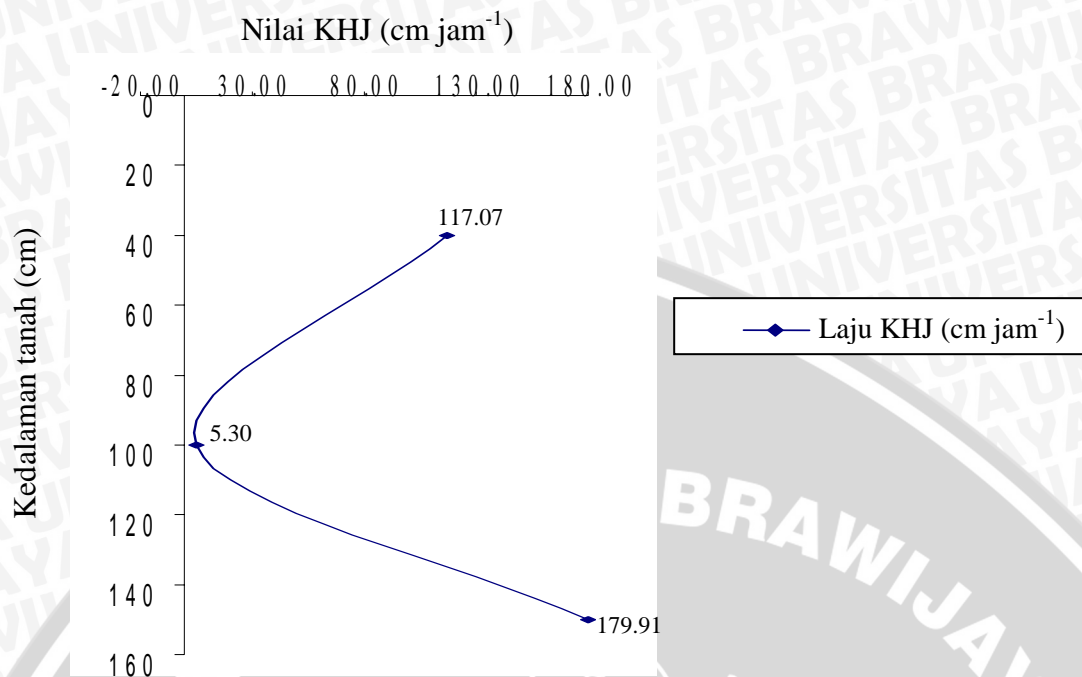


Gambar 9. Bentuk lapisan semi kedap air berupa lapisan liat.

4.3.2.5 Indikator Terbentuknya Bidang Gelincir Tanah.

- **Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ)**

Pengukuran indeks nilai KHJ pada penampang longsor Desa Sumberkerto 2 menunjukkan tingkat variasi distribusi aliran air yang nyata antar lapisan tanah (Gambar 18). Pada kedalaman 0-40 cm masih terjadi distribusi aliran air yang cukup cepat mencapai $117.07 \text{ cm jam}^{-1}$ akan tetapi terjadi penurunan nilai KHJ yang cukup signifikan sebesar 95.47% pada kedalaman 40-100 cm hingga mencapai nilai 5.30 cm jam^{-1} . Distribusi aliran air yang relatif cepat pada kedalaman efektif tanah awal secara seketika mengalami hambatan di dalam mengalirkan air pada kondisi kedalaman mencapai 100 cm sehingga kondisi air pada kedalaman 40 cm mudah tertahan dan relatif lebih cepat jenuh dibandingkan dengan kondisi tanah pada kedalaman dibawah 100 cm. Penurunan nilai KHJ mengindikasikan adanya lapisan *semi impermeabel* berupa lapisan liat yang hanya mampu mengalirkan air dalam jumlah yang relatif kecil. Hal ini berakibat nyata di dalam pembentukan bidang geser tanah yang lebih besar pada rentang kisaran kedalaman antar 40-100 cm.



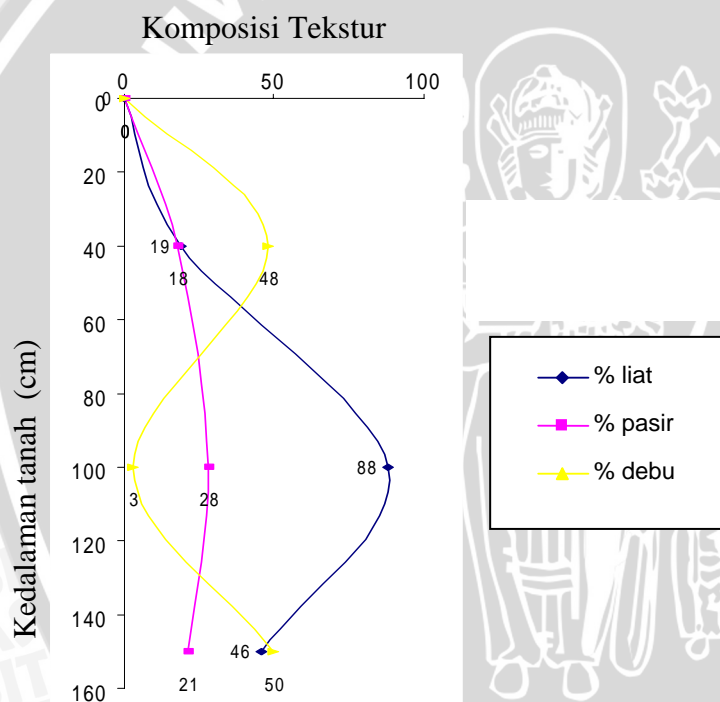
Gambar 10. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Sumberkerto 2.

- **Komposisi Tekstur.**

Tekstur merupakan parameter primer selain pengukuran nilai KHJ yang dapat digunakan sebagai acuan di dalam penentuan kedalaman bidang gelincir tanah. Semakin halus komposisi tekstur tanah maka akan semakin tinggi ruang pori mikro sehingga mampu mempersulit distribusi aliran air jika masukan air pada penampang tanah lebih besar dibandingkan dengan kecepatan aliran air yang mampu terdistribusikan antar lapisan tanah.

Pendugaan komposisi tekstur antar lapisan tanah dilakukan melalui pengukuran komposisi sebaran partikel tanah dengan menggunakan metode *feeling* secara langsung dilapangan dikorelasikan dengan pengukuran komposisi tekstur melalui metode pipet di laboratorium menghasilkan komposisi tekstur pada penampang longsor desa Sumberkerto 2 terlihat cukup kontras antar lapisan tanah. Pada kedalaman 0-40 cm, komposisi tekstur yang teridentifikasi berupa tekstur lempung yang memiliki konsistensi relatif rendah dengan dominasi debu dan pasir yang cukup tinggi sehingga meningkatkan laju KHJ sebesar $117.09 \text{ cm jam}^{-1}$. Pada kisaran kedalaman tanah 40-100 cm mulai terjadi perubahan komposisi tekstur yang cukup kontras yaitu teridentifikasi melalui peningkatan partikel liat sebesar 83.33%

pada kisaran kedalaman tanah yaitu 40-100 cm sehingga mengakibatkan perubahan komposisi tekstur dari lempung menjadi tekstur liat nyata dan memiliki konsistensi yang relatif tinggi dengan prosentase pori mikro sebesar 64% (Gambar 19). Hal ini sangat berpengaruh pada indeks nilai KHJ yang menurun tajam hingga mencapai 95.47%. Peningkatan partikel liat secara terus menerus menyebabkan kondisi distribusi air yang melamban pada tingkat kejenuhan air yang relatif tinggi pada kisaran kedalaman tanah 40-100 cm. Hal ini berakibat nyata terhadap pembentukan bidang geser tanah dengan intensitas kandungan air yang sangat besar. Perubahan tekstur tanah dari semula liat menjadi lempung berdebu mampu meningkatkan distribusi aliran air yang sempat menurun tajam seiring dengan peningkatan kedalaman tanah sampai batas kedalaman dibawah 100 cm.



Gambar 11. Skema Komposisi sebaran tekstur pada penampang longsor Desa Sumberkerto2

4.3.3 Deskripsi lokasi longsor perwakilan Pagak

4.3.3.1 Kondisi Lahan Titik Longsor Perwakilan

Kondisi lahan yang teridentifikasi pada titik perwakilan longsor lahan Dusun Pagak Kidul, Desa Pagak, Kecamatan Pagak, Malang dapat dikategorikan sebagai kawasan

lahan budidaya tanaman tebu yang terhampar luas dengan relief yang datar hingga bergelombang. Bentuk lahan yang mendominasi kawasan longsor perwakilan Desa Pagak mengarah pada bentuk permukaan Dataran Tektonik dengan tipe kelerengan yang cukup bervariasi yang berkisar antara 8-20% sehingga kondisi kelerengan yang relatif heterogen mampu mendorong tingkat ketidakstabilan tanah terhadap bahaya longsor. Penanaman tebu kebanyakan berada di kaki lereng Dataran Tektonik dengan tingkat kelerengan yang cukup datar hingga sedikit bergelombang (Gambar 20). Punggung bukit Dataran Tektonik masih banyak diusahakan sebagai Tegalan dengan komposisi tanaman penyusun lahan berupa jagung, ubi kayu, kacang tanah, dan dipadukan dengan tanaman pisang, suren, lamtoro dan jati.



Gambar 12. Kondisi lahan pada titik longsor perwakilan berupa bentuk lahan dan tipe penggunaan lahan yang mendominasi di Dusun Pagak kidul, Desa Pagak, Kecamatan Pagak, Malang

4.3.3.2 Klasifikasi Tanah Titik Longsor Perwakilan

Lokasi : Desa Pagak, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Seri Tanah : Pagak Kidul

Seri ini terdiri atas tanah-tanah yang solumnya dalam dengan kondisi drainase sedang, permeabilitas sedang, pada lereng atas Dataran Tektonik dengan relief yang datar, fisiografi Bergelombang hingga agak curam, bahan induknya berupa batu gamping, dan sisipan batu liat hitam, *gradient slope* 1-20%, rataan suhu udara tahunan 24.26 °C (Data suhu udara tahunan disajikan dalam Lampiran 18), rataan suhu tanah tahunan 26.75 °C (Data suhu udara tahunan disajikan dalam Lampiran 18)

dan rata-rata curah hujan tahunan 1596,1 mm per tahun (Data curah hujan tahunan disajikan dalam Lampiran 17).

Kelas Taksonomi : Ultic Haplustalfs, Isohipertermik

Penamaan kelas taksonomi Ultic Haplustalf didapatkan dari estimasi kedalaman letak horizon argilik pada kedalaman 55-101 cm yang semakin tebal seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah. Pada keseluruhan penampang tanah mempunyai kejenuhan basa (jumlah kation basa) sebesar kurang dari 75% dengan tipe rejim kelembaban tanah relatif kering dengan suhu tanah tahunan rata-rata 22 °C, atau lebih tinggi maka penamaan kelas taksonomi tanah yang cocok yaitu Ultic Haplustalfs.

Karakteristik Umum :

Tebal solum 60-100 cm dan kedalaman hingga bahan induk lebih dari 150 cm, reaksinya agak masam hingga netral pada seluruh penampang profil tanah

Horizon Ap mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung, reaksinya agak masam.

Horizon A mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₁ mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 3 bila lembab, tekstur lempung berliat, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₂ mempunyai hue 10 YR, value 2, khroma 2 bila lembab, tekstur liat berdebu, reaksinya agak masam.

Tatanan Geografis :

Tanah-tanah ini ditemukan pada lipatan *upland* dengan punggung bukit, daerah-daerah ujung lembah, daerah-daerah kipas alluvial, *gradient slope* 1-20%, rata-rata suhu udara 24-25 °C, rata-rata curah hujan tahunan 1500-1700 mm per tahun

Drainase dan Permeabilitas :

Drainase tanah sedang sampai baik, limpasan permukaan sedang hingga sangat cepat, permeabilitasnya lambat sampai sedang.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi :

Sebagian wilayah kaki lereng Dataran Tektonik digunakan pemanfaatan lahan sebagai Tegalan dengan komposisi vegetasi berupa tebu, jagung, rumput gajah, pisang, ubi kayu, kacang tanah

4.3.3.3 Kondisi dan Tipe Longsor Perwakilan.

Longsor lahan Desa Pagak terjadi pada tingkat keterengangan yang relatif bergelombang hingga curam yaitu 15% dengan struktur lahan berupa permukaan Dataran Tektonik mempunyai relief yang datar (Gambar 21). Longsor lahan yang teridentifikasi mempunyai volume longsor sebesar 117 m³. Titik longsor ini terletak pada titik UTM Zona 49 dengan koordinat 667796 mU dan 9089751 mT. Penggunaan lahan berupa Tegalan didominasi oleh tanaman tebu yang memiliki perakaran yang relatif dangkal sehingga tanah semakin labil terhadap bahaya longsor. Hardiyatmo (2006) menyatakan bahwa pengaruh akar dalam kaitannya dengan stabilitas lereng sangat besar. Akar dangkal relatif kurang dapat menjangkau dan menembus tanah sampai ujungnya menembus retakan atau zona rekahan batuan dasar serta zona transisi kepadatan tanah sehingga akan meningkatkan kekuatan geser tanah jika ditunjang dengan kandungan air diatas bidang pelapisan tanah.



Gambar 13. Identifikasi Longsor desa Pagak: a). Kondisi Longsor , b) Tipe penggunaan lahan berupa Tegalan

4.3.3.4 Lapisan semi kedap

Lapisan semi kedap mampu menjadi faktor utama di dalam pembentukan bidang gelincir tanah dikarenakan lapisan semi kedap mampu menghambat laju/pergerakan aliran air antar pelapisan tanah dengan lapisan semi kedap. Pergerakan air tidak sebanding dengan masukan air sampai menemukan batas jenuh tanah sehingga mampu memicu terjadinya bidang geser atau bidang gelincir tanah.

Identifikasi lapisan semi kedap pada penampang longsor Desa Pagak berupa akumulasi liat semi kedap yang relatif padat berwarna coklat kehitaman dan

mempunyai konsistensi yang relatif tinggi (Gambar 22). Lapisan tanah berupa akumulasi liat semi kedap dapat ditemukan pada kondisi geologi Tmn dengan komposisi batu liat hitam, batu pasir, dan batu pasir gamping yang terlapuk serta relatif lunak. Pada penampang longsor, lapisan semi kedap dapat ditemukan dengan melihat perbedaan warna antar lapisan tanah. Perbedaan warna dari coklat muda pada kedalaman yang lebih dangkal kisaran 0-55 cm dari permukaan tanah (kedalaman efektif tanah) lalu berubah warna menjadi coklat kehitaman pada kisaran kedalaman 55-101 cm dengan tingkat kepadatan tanah yang tinggi dapat diestimasi terjadi peningkatan liat secara signifikan sehingga berpotensi menjadi lapisan semi kedap tersementasi berupa pemadatan lapisan liat sehingga mampu menghambat pergerakan aliran air secara kontinu pada pergantian peralihan tanah dengan pembentukan lapisan liat padat.



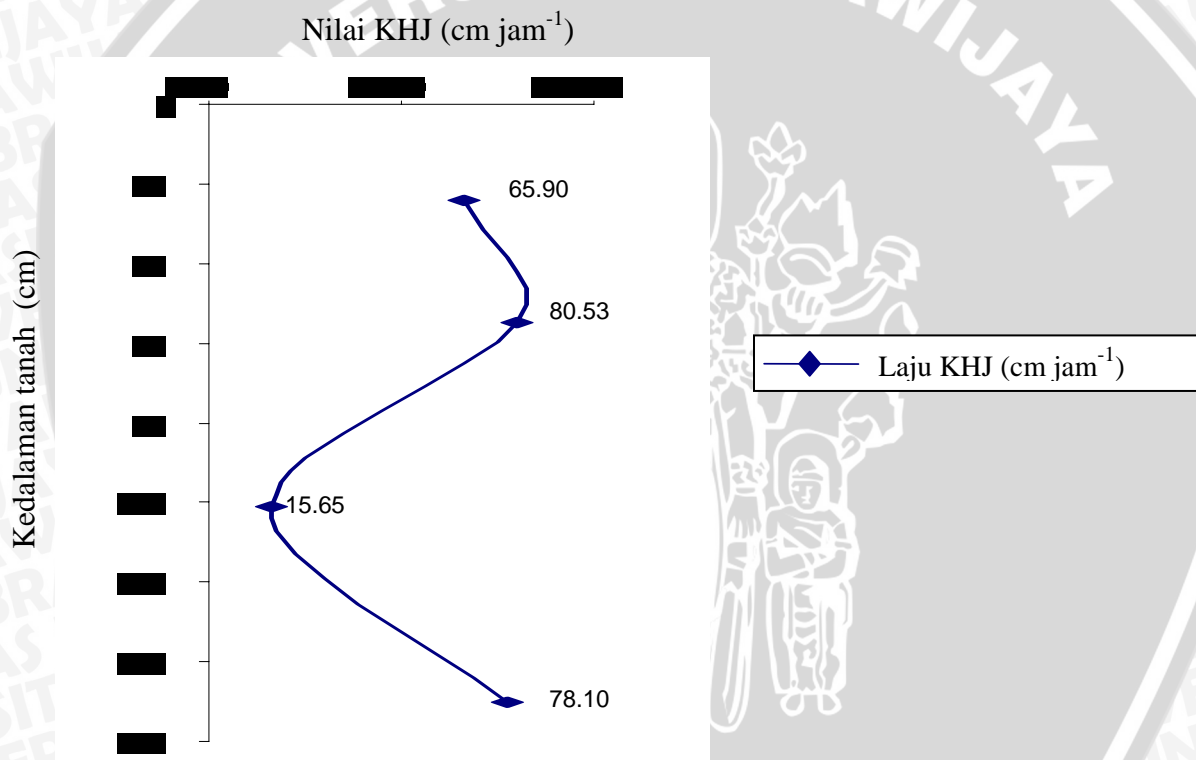
Gambar 14. Bentuk lapisan semi kedap berupa lapisan liat yang padat dan relatif mampat.

4.3.3.5 Indikator Indikator Terbentuknya Bidang Gelincir Tanah.

- **Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ).**

Kondisi nilai KHJ pada penampang longsor Desa Pagak juga mengalami fluktuasi sama seperti pengukuran nilai KHJ pada penampang longsor lainnya. Nilai KHJ yang ditunjukkan masih terlihat stabil pada kisaran kedalaman 0-40 cm yang mencapai 65.9 cm jam^{-1} dikarenakan komposisi sebaran tekstur yang mendominasi ada kedalaman awal (kisaran kedalaman 0-40 cm) berupa liat berdebu hingga lempung liat berdebu dengan komposisi pasir dan debu yang relatif tinggi sehingga memudahkan pergerakan laju air menuju lapisan tanah yang lebih dalam. Kondisi fluktuasi nilai KHJ pada penampang longsor mulai terlihat pada kedalaman 40-110

cm dimana penurunan nilai KHJ terlihat pada peralihan horizon Bt₁ menuju horizon Bt₂ tepatnya pada kedalaman 51-101 cm yaitu sebesar 80.57% dengan nilai KHJ semula sebesar 80.53 cm jam⁻¹ menurun drastis hingga mencapai 15.65 cm jam⁻¹ dengan penemuan lapisan *semi impermeabel* berupa akumulasi liat dalam jumlah yang sangat tinggi (Gambar 23). Hal ini terlihat dari analisis laboratorium yang menunjukkan prosentase liat mencapai 51% pada kedalaman tanah 51-109 cm. Kondisi ini mampu menunjang pembentukan bidang gelincir tanah melalui kondisi ketidakseragaman kandungan air pada kedalaman 0-50 cm yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan tanah dibawahnya yaitu pada kisaran kedalaman tanah 51-110 cm.

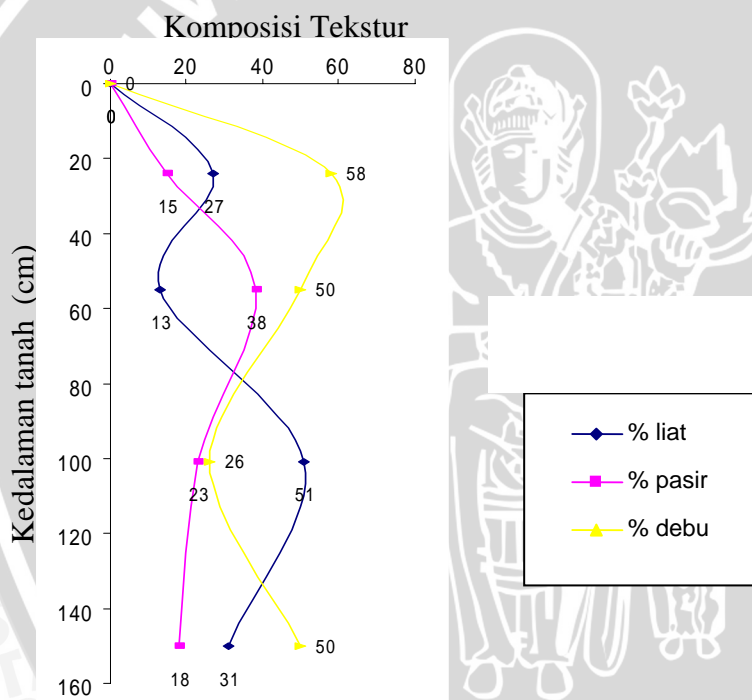


Gambar 15. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Pagak

- **Komposisi Tekstur.**

Perubahan komposisi tekstur tampak kontras ditemukan pada penampang longsor Desa Pagak. Kisaran kedalaman 0-55 cm masih terlihat sebaran atau distribusi tekstur tanah yang stabil dari lempung berdebu menjadi lempung liat berdebu sehingga perbandingan komposisi liat, pasir dan debu relatif seragam dan tidak menunjukkan dominasi masing-masing partikel penyusun tanah (Gambar 24).

Seiring dengan peningkatan kedalaman tanah mencapai kisaran kedalaman tanah 60-120 cm terjadi perubahan tekstur yang kontras dari komposisi tekstur lempung menjadi tekstur liat dengan perbandingan masing-masing partikel penyusun tanah yang relatif tidak seimbang. Hal ini ditunjukkan oleh prosentase liat yang paling mendominasi yaitu mengalami peningkatan partikel liat pada kedalaman 109 cm sebesar 51% dan penurunan partikel debu dan pasir masing-masing pada prosentase sebesar 24% dari prosentase awal sebesar 50% sehingga mampu diestimasi perubahan tekstur yang relatif kontras meningkatkan peluang terjadinya bidang gelincir tanah akibat penambahan liat yang sangat tinggi dapat menurunkan laju aliran air pada lapisan tanah bawah (kisaran kedalaman 59-101 cm) hingga mencapai 80.53%.



Gambar 16. Skema Komposisi sebaran Tekstur pada penampang longsor Desa Pagak

4.3.4 Deskripsi lokasi longsor perwakilan kawasan Karst Gampingan

4.3.4.1 Kondisi Lahan Titik Longsor Perwakilan.

Kondisi lahan titik longsor perwakilan di Dusun Dempok, Desa Gampingan, Kecamatan Pagak, Malang didominasi oleh tatanan geografis lahan berupa hamparan perbukitan kapur yang menyambung dan mempunyai relief yang curam hingga sangat

terjal dengan kisaran lereng sebesar 15-45% yang dikategorikan sebagai kondisi lereng curam sampai sangat curam. Hamparan perbukitan kapur yang menyusun sebagian besar bentukan lahan Desa Gampingan merupakan akses jalan utama yang menghubungkan kecamatan Kepanjen menuju kecamatan Donomulyo melewati akses jalan Kecamatan Pagak.

Bentukan lahan di Desa Gampingan dapat dibedakan menjadi tiga kategori komposisi lahan yaitu lereng atas merupakan kawasan *upland*/punggungan perbukitan kapur mempunyai kondisi lahan yang cukup heterogen mulai dari bentukan lahan bergelombang dengan tipe kelerengan yang sedang (kisaran lereng 8-15%) hingga berbukit besar dengan tipe kelerengan sangat terjal dan curam (kisaran kelerengan 15-45%). Pada kawasan lereng atas tepatnya di punggungan perbukitan kapur, banyak dimanfaatkan sebagai daerah hutan produksi dengan pembudidayaan tanaman tahunan seperti jati dan mahoni dikombinasikan dengan penanaman tanaman teras berupa tanaman perdu, jagung dan rumput gajah (Gambar 25). Kawasan lereng sedang sampai bawah yang terletak di kaki perbukitan kapur, banyak dimanfaatkan sebagai lahan Tegalan dengan penanaman tanaman cepat panen seperti pisang, jagung, kacang tanah, ubi kayu dengan kombinasi tanaman tahunan seperti lamtoro dan suren.



Gambar 17. Kondisi Lahan pada titik longsor perwakilan Dusun Dempok, Desa Gampingan, Kecamatan Pagak, Malang : A). Bentukan lahan dan tipe penggunaan lahan lereng atas, B). Bentukan lahan dan tipe penggunaan lahan lereng bawah.

4.2.4.2 Klasifikasi Tanah Titik Longsor Perwakilan.

Lokasi : Desa Gampingan, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Seri Tanah : Dempok

Seri ini terdiri atas tanah-tanah yang solumnya dangkal dengan kondisi drainase sedang, permeabilitas sedang, pada lereng atas perbukitan kapur, fisiografi miring hingga berbukit, bahan induknya berupa Tuf kasar batu gamping berwarna putih dan berbutir kasar hingga halus, *gradient slope* 1–42%, rataan suhu udara tahunan 24,26 °C (Data Suhu Udara Tahunan disajikan dalam Lampiran 18), rataan suhu tanah tahunan 26,75 °C (Data Suhu Tanah Tahunan disajikan dalam Lampiran 18) dan rataan curah hujan tahunan 1596,1 mm per tahun (Data Curah Hujan Tahunan disajikan dalam Lampiran 17)

Kelas Taksonomi : Inceptic Haplustalfs, Isotermik.

Penamaan kelas taksonomi Inceptic Haplustalfs didapatkan dari kondisi illuviasi liat pada penampang tanah yang terlihat pada kedalaman 71-96 cm sehingga membentuk horizon Argilik setebal 25 cm. Dominasi tekstur lempung berpasir hingga lempung liat berpasir serta tidak mempunyai kontak litik, densik, paralitik pada kedalaman 100 cm pada tanah mineral. Maka penamaan kelas taksonomi tanah yang cocok yaitu Inceptic Haplustalfs.

Karakteristik Umum :

Tebal solum 112-150 cm dan kedalaman hingga bahan induk lebih dari 170 cm, reaksinya agak masam hingga netral pada batas kedalaman 150 cm dan menurun mendekati basa sampai batas perlapisan tanah dengan bahan induk pada kedalaman lebih dari 170 cm.

Horizon Ap mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung liat berpasir, reaksinya agak masam.

Horizon A mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung liat berpasir, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₁ mempunyai hue 10 YR, value 2, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung berliat, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₂ mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 2 bila lembab, tekstur liat berdebu, reaksinya agak masam.

Tatanan Geografis :

Tanah – Tanah ini ditemukan pada punggung bukit, daerah-daerah kipas kolluvial, lereng atas lembah sungai, gradient slope 1-45%, rata-rata suhu udara 24-25 °C, rata-rata curah hujan tahunan 1500-1700 mm per tahun

Drainase dan Permeabilitas :

Drainase tanah sedang sampai baik, limpasan permukaan sedang hingga sangat cepat, permeabilitasnya lambat sampai sedang.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi :

Sebagian besar digunakan sebagai hutan produksi berupa budidaya tanaman jati pada lereng bawah sampai tengah dan tanaman mahoni pada lereng atas perbukitan Karst, dan wilayah kaki lereng Perbukitan Karst digunakan pemanfaatan lahan sebagai tegalan dengan komposisi vegetasi berupa rumput gajah, pisang, jagung, semak, perdu

4.3.4.3 Kondisi dan Tipe Longsor Perwakilan.

Longsor lahan yang terjadi di Desa Gampingan memiliki mempunyai kelerengan lebih dari 40% (Gambar 26). Kondisi mayoritas wilayah desa Gampingan termasuk Perbukitan Karst sehingga memiliki potensi longsor yang sangat besar. Longsor lahan yang teridentifikasi sebesar 60.35 m³. Titik longsor ini terletak pada titik UTM Zona 49 dengan koordinat 671015 mU dan 9091964 mT. Titik longsor Desa Gampingan memiliki tipe penggunaan lahan berupa hutan produksi jati dengan intensitas vegetasi yang tidak rapat.



Gambar 18. Identifikasi Longsor desa Gampingan: a). Kondisi Longsor , b) Tipe penggunaan lahan berupa hutan produksi

4.3.4.4 Lapisan semi kedap.

Lapisan semi kedap yang teridentifikasi di wilayah longsor Desa Gampingan merupakan bentukan dari horizon Argilik berupa akumulasi liat yang relatif padat pada kedalaman 86 cm. Lapisan liat teridentifikasi berwarna coklat muda dengan konsistensi yang keras. Seiring dengan peningkatan kedalaman tanah, mulai tampak bentukan fragmen batu gamping yang relatif rapat pada kedalaman 96 cm. Batu gamping yang ditemukan pada penampang longsor mempunyai diameter kisaran 5-10 cm berbentuk lonjong atau oval menyerupai bentukan telur tersusun menyebar dan tidak beraturan dengan rongga-rongga antar susunan batuan berjarak 5-10 cm terisi oleh tanah bertekstur liat nyata (Gambar 27). Kondisi kontras yang terlihat pada lapisan tanah dan lapisan semi kedap berupa lapisan liat padat meningkatkan kondisi *impermeabel* tanah terhadap masukan air dalam jumlah yang banyak sehingga memberikan peluang terjadinya bidang geser tanah yang relatif tinggi.



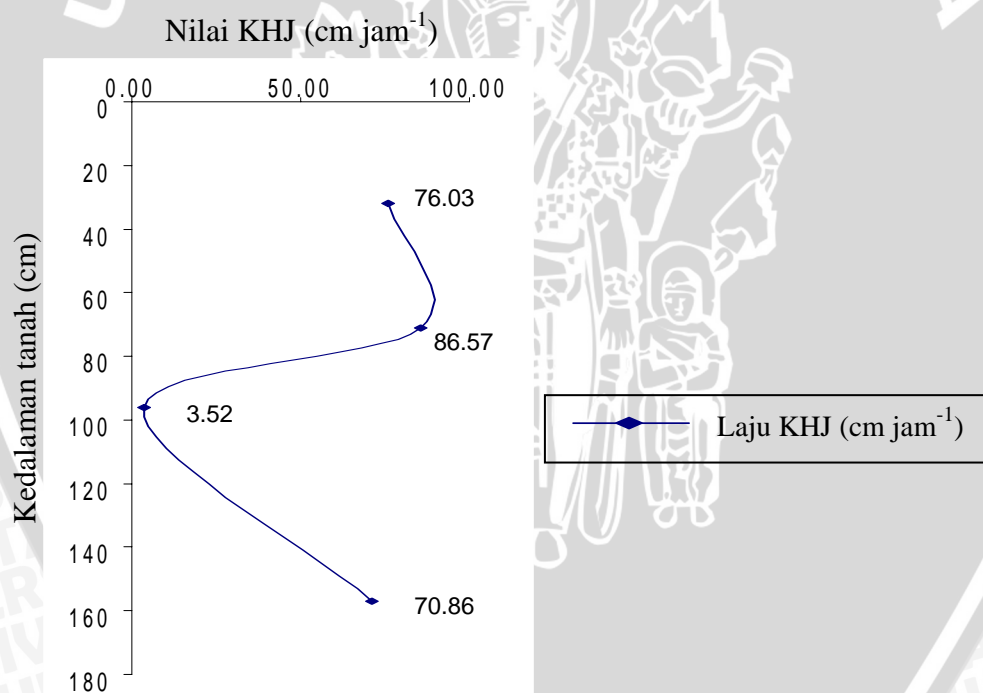
Gambar 19. Bentukan batuan non kedap air pada penampang longsor berupa fragmen batu gamping yang bercampur dengan tanah bertekstur liat

4.3.4.5 Indikator Terbentuknya Bidang Gelincir Tanah.

- **Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ).**

Indeks nilai KHJ ditemukan pada penampang longsor didesa Gampingan memiliki nilai yang cukup fluktuatif (Gambar 28). Pada kedalaman tanah efektif yaitu kisaran kedalaman 30-76 cm mempunyai nilai KHJ yang relatif meningkat dari 76.03 cm jam^{-1} menjadi 86.57 cm jam^{-1} akibat komposisi sebaran tekstur yang seragam

yaitu lempung berliat menjadi lempung liat berpasir. Seiring dengan peningkatan kedalaman tanah mencapai kisaran 71-96 cm terjadi penurunan nilai KHJ yang cukup drastis hingga mencapai prosentase penurunan sebesar 95.93% dengan nilai KHJ semula 86.57 cm jam⁻¹ menjadi 3.52 cm jam⁻¹ dikarenakan mulai terjadi perubahan komposisi tekstur yang kontras dari semua lempung liat berpasir kemudian terjadi peningkatan partikel liat yang cukup tinggi sebesar 41% sehingga komposisi tekstur menjadi tekstur liat. Akibat nyata dari akumulasi partikel liat yaitu terjadi penurunan nilai KHJ pada kisaran kedalaman tanah 71-96 cm dapat menciptakan peluang terjadinya geseran pada perlapisan tanah yang cukup besar. Kemampuan tanah dalam mengalirkan air secara perlahan-lahan mengalami penurunan nilai KHJ sebesar 3.52 cm jam⁻¹. Kondisi ini berpeluang di dalam peningkatan perbedaan tingkat kejenuhan air antar lapisan tanah yang semula mengalirkan air dalam jumlah yang besar mulai terhambat oleh lapisan semi kedap dan hanya mampu mengalirkan air dalam jumlah yang sangat rendah.

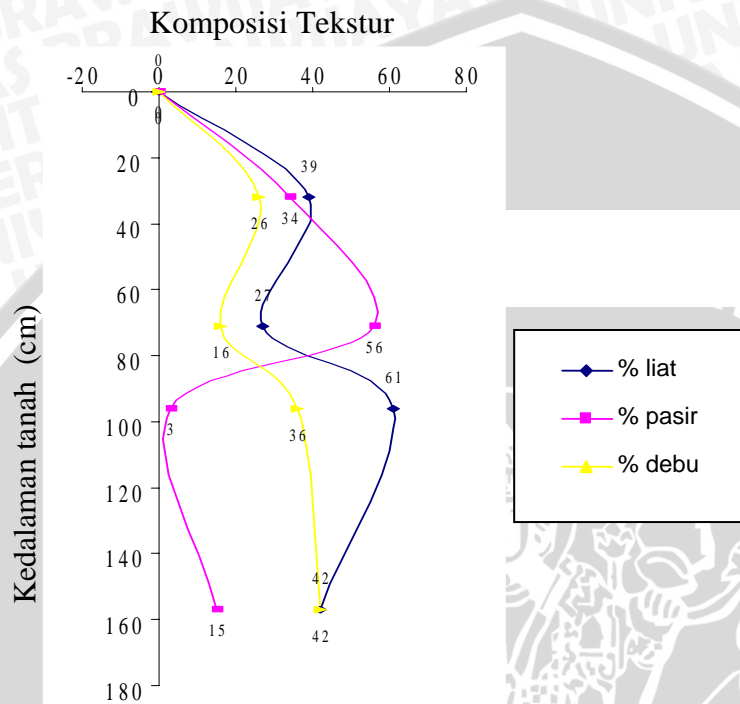


Gambar 20. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Gampingan

- **Komposisi Tekstur.**

Komposisi tekstur pada penampang longsor Desa Gampingan mengalami perubahan yang relatif kontras pada kedalaman 71-96 cm yaitu terjadi perubahan

tekstur dari lempung liat berpasir pada kedalaman 32-71 cm menjadi tekstur liat (Gambar 29). Perubahan tekstur yang kontras dapat menyebabkan perbedaan distribusi air pada lapisan tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa suatu lapisan tanah mempunyai lapisan yang sulit atau bahkan tidak dapat dilewati oleh air berupa partikel liat sehingga menunjang pembentukan bidang gelincir tanah.



Gambar 21. Skema komposisi sebaran tekstur tanah pada penampang longsor Desa Gampingan

4.3.5 Deskripsi lokasi longsor perwakilan Telogorejo

4.3.5.1 Kondisi Lahan Titik Longsor Perwakilan.

Titik longsor perwakilan yang teridentifikasi di Dusun Banjuurip, Desa Telogorejo, Kecamatan Pagak, Malang mempunyai bentukan lahan yang relatif seragam seperti halnya kondisi lahan yang mendominasi wilayah Desa Telogorejo berupa Perbukitan Karst dengan relief berbukit besar. Tatanan geografis lahan pada wilayah longsor perwakilan berupa hamparan punggung bukit kapur dengan komposisi batu gamping sebagai batuan induk penyusun Karst (Gambar 30). Kondisi lahan pada hamparan Perbukitan Karst mempunyai tipe kelerengan curam hingga sangat curam (pada kisaran kelerengan 15-40%) sehingga banyak ditemukan wilayah terjal dan berbatu disekitar lereng tengah hingga lereng atas *upland*/punggung bukit Karst.

Kondisi lahan ini banyak dimanfaatkan sebagai hutan produksi dengan budidaya tanaman tahunan seperti tanaman jati dan suren serta kebanyakan didominasi oleh semak belukar hingga tanaman perdu pada pinggir-pinggir lereng bukit yang relatif curam. Pada kaki bukit dimana teridentifikasi sebagai lereng bawah banyak dimanfaatkan pembudidayaan tanaman semusim berupa penanaman tanaman jagung, ubi kayu, kacang tanah dikombinasikan dengan tanaman tahunan seperti pisang, nangka dan lamtoro.



Gambar 22. Kondisi bentukan lahan titik longsor perwakilan Dusun Banjuurip, Desa Telogorejo, Kecamatan Pagak, Malang: A). Bentuk lahan dan komposisi vegetasi berupa semak dan tanaman perdu pada lereng atas. B). Bentuk lahan dan tipe penggunaan lahan berupa kebun campuran pada lereng bawah.

4.3.5.2 Klasifikasi Tanah Titik Longsor Perwakilan.

Lokasi : Desa Telogorejo, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Seri Tanah : Banjuurip

Seri ini terdiri atas tanah-tanah yang solumnya dangkal dengan kondisi drainase sedang, permeabilitas sedang, pada lereng atas perbukitan Karst, fisiogafi miring hingga berbukit, bahan induknya berupa batu gamping berwarna putih, berbutir kasar hingga halus, *gradient slope* 1-30 %, rataan suhu udara tahunan 24.26 °C (Data Suhu Udara Tahunan disajikan dalam lampiran 18), rataan suhu tanah tahunan 26.75 °C (Data Suhu Tanah Tahunan disajikan dalam lampiran 18) dan rataan curah hujan tahunan 1596,1 mm per tahun (Data Curah Hujan Tahunan disajikan dalam lampiran 17).

Kelas Taksonomi : Vertic Haplustalfs, Isohipertermik.

Penamaan kelas taksonomi Vertic Haplustalfs didapatkan dari kondisi tanah pada lokasi pengamatan relatif kering, mempunyai rekahan-rekahan pada tanah mineral dengan lebar kurang dari 2 cm dan dalam 30 cm pada keadaan kering dan akumulasi liat semakin tebal dibawah kedalaman tanah 50 cm.

Karakteristik Umum :

Tebal solum 50-115 cm dan kedalaman hingga bahan induk lebih dari 120 cm, reaksinya agak masam hingga netral pada batas kedalaman 150 cm dan menurun mendekati basa sampai batas per lapisan tanah dengan bahan induk pada kedalaman lebih dari 120 cm.

Horizon Ap mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 3 bila lembab, tekstur lempung liat berpasir, reaksinya agak masam.

Horizon A mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 4 bila lembab, tekstur lempung berliat, reaksinya agak masam.

Horizon CR mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 6 bila lembab, tekstur lempung berliat, reaksinya netral.

Tatanan Geografis :

Tanah-Tanah ini ditemukan pada punggung Perbukitan Karst, lereng atas *upland* hingga punggung bukit, lereng atas lembah sungai, *gradient slope* 1-30%, rata-rata suhu udara 25-26 °C, rata-rata curah hujan tahunan 1500-1700 mm per tahun

Drainase dan Permeabilitas :

Drainase tanah sedang sampai baik, limpasan permukaan sedang hingga sangat cepat, permeabilitasnya lambat sampai sedang.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi :

Sebagian besar digunakan sebagai kebun campuran berupa budidaya tanaman jati, kopi, pisang, jagung, lamtoro pada lereng atas Perbukitan Karst.

4.3.5.3 Kondisi dan Tipe Longsor Perwakilan

Kondisi longsor yang terjadi didesa Telogorejo merupakan bekas longsor yang pernah terjadi yang dimanfaatkan atau dieksplorasi oleh warga masyarakat dengan cara menambang batu gamping secara besar-besaran (Gambar 31). Aktivitas warga yang kian intensif tanpa memperhatikan kondisi lahan tersebut mampu menimbulkan bahaya longsor yang pernah terjadi.

Mengingat kondisi batu gamping yang rapuh dan memiliki tingkat kelarutan serta diskontinuitas yang tinggi tidak menutup kemungkinan akan terjadi longsor yang lebih besar. Curah hujan yang tinggi dan kelerengan diatas 35% pada bentukan lahan berupa Perbukitan Karst maka kondisi tanah diatas batuan induk gamping tersebut akan sangat labil sehingga berakibat tergesernya bidang pelapisan antara tanah dan batu gamping. Hal ini berakibat nyata terhadap potensi terjadinya longsor yang banyak melibatkan material pasir beserta batu gamping dengan intensitas yang sangat besar. Jenis longsor robohan yang teridentifikasi di Desa Telogorejo berupa robohan (*Falls*) karena bahan yang terlongsor/terobohkan berupa massa batu (fragmen-fragmen lepas) yang terlepas dari batu induknya dalam jumlah yang banyak secara serentak dipengaruhi oleh kemiringan tebing yang relatif curam dengan bidang geser yang besar. Volume longsor yang teridentifikasi di Desa Telogorejo merupakan volume longsor terkecil yaitu sebesar $17,2 \text{ m}^3$. Titik longsor ini terletak pada titik UTM Zona 49 dengan koordinat 666756 mU dan 9090916 mT.

Jenis longsor jatuhan mempunyai dua proses perpindahan material longsor yaitu proses perpindahan pertama melibatkan material tanah diatas batu gamping kemudian disusul oleh proses perpindahan material batu gamping yang tersingkap dalam rentang waktu yang relatif lama yaitu 1-2 hari setelah proses perpindahan material yang pertama pada intensitas hujan 70-100 mm per hari. Hal ini ditunjang oleh literatur, menurut Hardiyatmo (2006) yang mengkaji kecepatan longSORAN di wilayah Perbukitan Karst Di Furre Norwegia, menyatakan bahwa hubungan intensitas hujan yang turun sebesar 70 mm per hari selama tujuh hari berturut-turut menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan material penyusun tanah berupa batu gamping dengan kekuatan geser residu yang rendah.



Gambar 23. Identifikasi Longsor Desa Telogorejo: a). Kondisi Longsor , b) Tipe penggunaan lahan berupa Kebun campuran

4.3.5.4 Lapisan semi kedap

Lapisan semi kedap yang teridentifikasi di penampang longsor berupa lapisan liat yang berasal dari perombakan batu gamping yang tersusun rapat pada kedalaman 107 cm. Lapisan liat semi kedap air pada penampang longsor mulai teridentifikasi pada kedalaman 27 cm dengan karakteristik berupa bentukan liat berwarna coklat kekuningan, dengan tingkat konsistensi yang relatif mampat. Seiring peningkatan kedalaman tanah, mulai tampak bentukan batu gamping yang terpecah menjadi fragmen pada kedalaman 58 cm tersusun rapat dan memiliki rongga antar batuan berjarak $\pm 5-8$ cm berisi tanah bertekstur liat (Gambar 32).

Batu gamping rapat teridentifikasi pada kedalaman lebih dari 100 cm terbalut oleh akar tanaman perdu dan semak belukar berdiameter $\pm 2-5$ cm yang menjalar hingga kedalaman maksimal 150-200 cm. Butiran batu gamping biasanya terikat bersama-sama dengan material liat dan kekuatan rekatannya berkurang bila terkena pengaruh air menimbulkan zona patahan (*fault zone*) khususnya yang luas dalam batu gamping sehingga meningkatkan masalah stabilitas tanah maupun lereng pada bidang longoran.



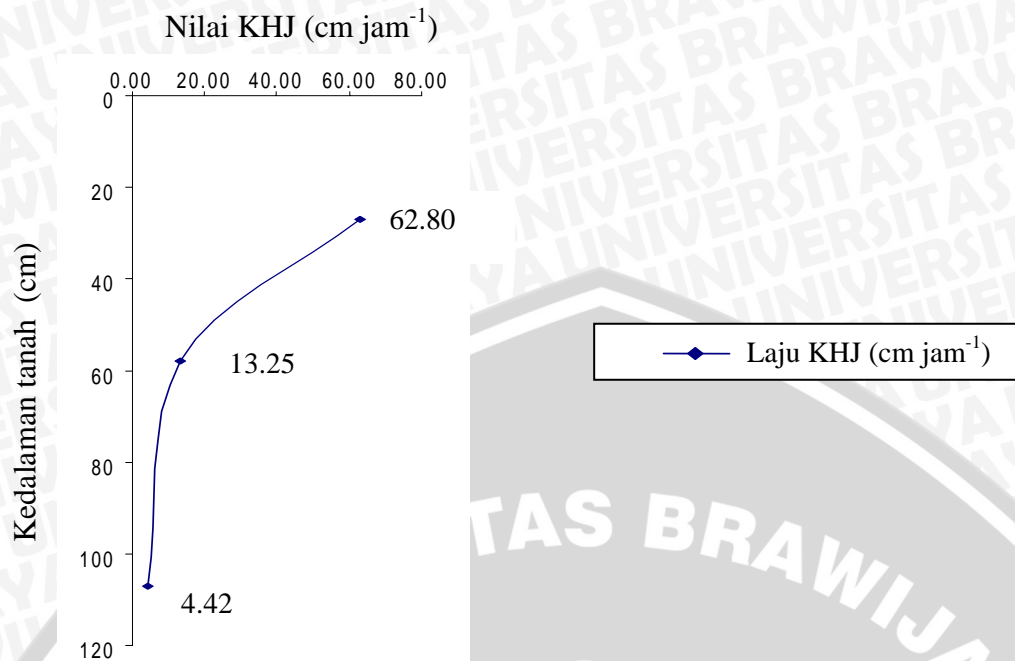
Komposisi susunan lapisan liat yang diestimasi sebagai lapisan semi kedap

Gambar 24. Komposisi susunan lapisan liat diatas bentukan batu gamping rapat pada penampang longsor Desa Telogorejo.

4.3.5.5 Indikator Terbentuknya Bidang Gelincir Tanah

- **Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ)**

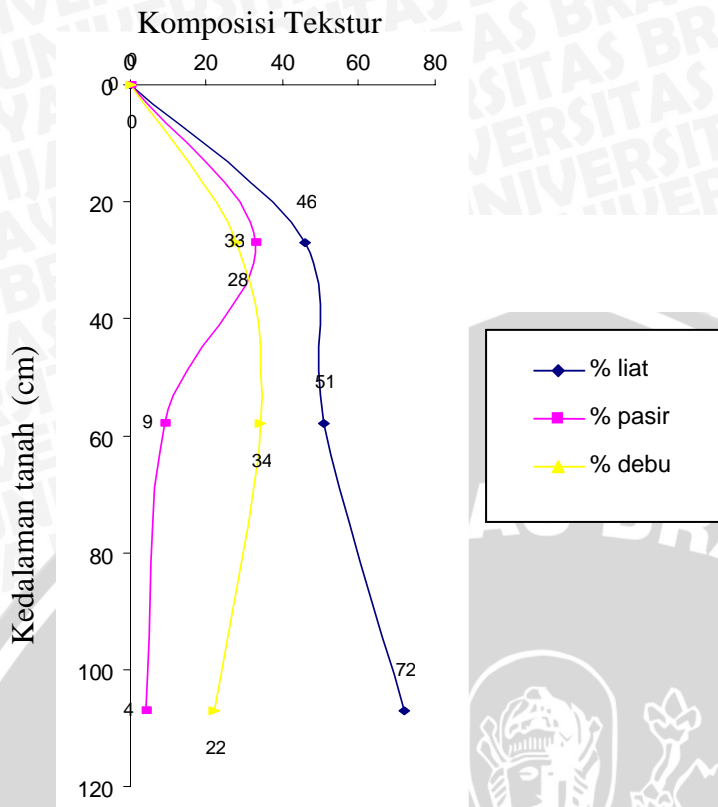
Kondisi penampang longsor yang terletak di Desa Telogorejo juga mengalami fluktuasi nilai KHJ yang sangat signifikan (Gambar 33). Pada horizon Ap kedalaman 0-27 cm diidentifikasi nilai KHJ sebesar $62.83 \text{ cm jam}^{-1}$, sedangkan horizon B_{t1} kedalaman 27-58 cm terjadi penurunan nilai KHJ sebesar 78.91% mencapai $13.25 \text{ cm jam}^{-1}$ dan mengalami penurunan secara terus menerus sampai batas antara lapisan tanah dengan bidang batuan induk gamping yaitu sebesar 4.42 cm jam^{-1} . Kondisi tekstur yang didominasi oleh kandungan liat penuh menyebabkan penurunan nilai KHJ secara bertahap. Masukan air yang terlampaui tinggi tidak mampu terdistribusikan secara baik pada lapisan tanah sehingga aliran air pada penampang longsor dapat teridentifikasi sangat lambat.



Gambar 25. Skema Laju nilai KHJ pada penampang longsor Desa Telogorejo

- **Komposisi Tekstur.**

Penampang longsor desa Telogorejo ditemukan adanya sementasi liat yang membungkus sela-sela batu gamping yang terurai menjadi partikel batu lebih kecil dengan kondisi litik. Perubahan tekstur yang ditunjukkan juga relatif berbeda (Gambar 34) yaitu pada kedalaman 58-107 cm, komposisi tekstur pada kedalaman 27-58 cm berupa lempung berliat terjadi peralihan komposisi tekstur berupa liat sehingga berpotensi sebagai bidang gelincir jika masukan air sangat besar, sedangkan daya distribusi air akan melemah seiring dengan peningkatan kedalaman tanah.



Gambar 26. Skema komposisi sebaran Tekstur pada penampang longsor Desa Telogorejo

4.3.6 Deskripsi Lokasi Longsor Perwakilan Sempol.

4.3.6.1 Kondisi Lahan Titik Longsor Perwakilan.

Kondisi lahan yang teridentifikasi pada titik longsor perwakilan yang terletak di Dusun Sempol, Desa Sempol, Kecamatan Pagak, Malang mempunyai tatanan geografi lahan yang tergolong heterogen. Sebagian besar wilayah desa Sempol memiliki susunan bentukan lahan berupa Dataran Tektonik dengan tebing bukit yang curam (Gambar 35). Hal ini disebabkan oleh kondisi lahan yang terpengaruh oleh aktivitas manusia melalui pemotongan tebing dan eksplorasi lereng yang berlebihan menyebabkan bentukan lahan menjadi curam dan rawan terhadap bahaya longsor.

Mayoritas bentukan lereng atas lahan berupa punggung Dataran Tektonik memiliki tipe kelerengan yang sedang hingga curam pada kisaran 15-30% sehingga banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai lahan kebun campuran dengan pembudidayaan tanaman tahunan yang notabene memiliki nilai ekonomi yang tinggi misal tanaman lamtoro, kopi, pisang, suren dan angka. Pada kaki bukit yang relatif

datar memiliki tipe kelerengan yang landai hingga bergelombang pada kisaran 3-15% sehingga banyak dimanfaatkan masyarakat untuk pembudidayaan tanaman musiman seperti garut, jagung, ubi jalar dan tanaman rumput gajah sebagai pakan ternak.



Gambar 27. Kondisi titik longsor perwakilan Dusun Sempol, Desa Sempol, Kecamatan Pagak, Malang.

4.3.6.2 Klasifikasi Tanah Titik Longsor Perwakilan.

Lokasi : Desa Sempol, Kecamatan Pagak, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Seri Tanah : Sempol

Seri ini terdiri atas tanah-tanah yang solumnya dalam dengan kondisi drainase sedang, permeabilitas sedang, pada lereng atas Dataran Tektonik dengan bukit-bukit kecil, fisiografi miring hingga berbukit, bahan induknya berupa batu pasir, batu liat hitam, dan batu pasir gamping., *gradient slope* 1-25%, rata-rata suhu udara tahunan 24.26 °C (Data Suhu Udara Tahunan disajikan dalam Lampiran 18) , rata-rata suhu tanah tahunan 26.75 °C (Data Suhu Udara Tahunan disajikan dalam Lampiran 18) dan rata-rata curah hujan tahunan 1596,1 mm per tahun (Data Curah Hujan Tahunan disajikan dalam Lampiran 17).

Kelas Taksonomi : Vertic Haplustalfs, Isotermik.

Penamaan kelas taksonomi Vertic Haplustalfs didapatkan dari kondisi tanah pada lokasi pengamatan relatif kering pada rentan waktu musim kemarau, mempunyai rekahan-rekahan pada tanah mineral dengan lebar kurang dari 1-2 cm dan dalam 30 cm pada keadaan kering dan akumulasi liat semakin tebal dibawah kedalaman tanah 50 cm.

Karakteristik Umum :

Tebal solum 100-150 cm dan kedalaman hingga bahan induk lebih dari 150 cm, reaksinya agak masam hingga netral pada penampang profil tanah.

Horizon Ap mempunyai hue 10 YR, value 3, khroma 3 bila lembab, tekstur lempung, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₁ mempunyai hue 10 YR, value 4, khroma 3 bila lembab, tekstur lempung liat berdebu, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₂ mempunyai hue 10 YR, value 4, khroma 2 bila lembab, tekstur lempung berliat, reaksinya agak masam.

Horizon Bt₃ mempunyai hue 10 YR, value 2, khroma 2 bila lembab, tekstur liat, reaksinya agak masam.

Tatanan Geografis :

Tanah-tanah ini ditemukan pada punggung Dataran Tektonik, lereng atas berupa *upland* hingga punggung bukit, lereng bawah berupa lembah sungai, *gradient slope* 1-25%, rata-rata suhu udara 25-26 °C, rata-rata curah hujan tahunan 1500-1700 mm per tahun

Drainase dan Permeabilitas :

Drainase tanah sedang sampai baik, limpasan permukaan sedang hingga sangat cepat, permeabilitasnya lambat sampai sedang.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi :

Sebagian besar digunakan sebagai kebun campuran berupa budidaya tanaman kopi, talas, lamtoro, suren, jagung, ubi kayu pada lereng atas lembah sungai dan pemanfaatan lahan sebagai hutan produksi pada *upland* atau punggung bukit dengan budidaya tanaman jati dan sonokeling.

4.3.6.3 Kondisi dan Tipe Longsor Perwakilan.

Longsor lahan yang terjadi di Desa Sempol relatif lebih kompleks material penyusunnya yaitu melibatkan material tanah dan batu yang teridentifikasi sebagai pecahan fragmen batu gamping bercampur dengan tanah bertekstur liat (Gambar 36). Volume longsor desa Sempol merupakan volume longsor terbesar mencapai 337,5 m³. Titik longsor ini terletak pada titik UTM Zona 49 dengan koordinat 664764 mU dan 9085143 mT. Kelerengan yang tampak berkisar antara 20-35% dengan dominasi vegetasi yang mempunyai perakaran yang dangkal semakin menambah kondisi kerentanan tanah terhadap bahaya longsor.

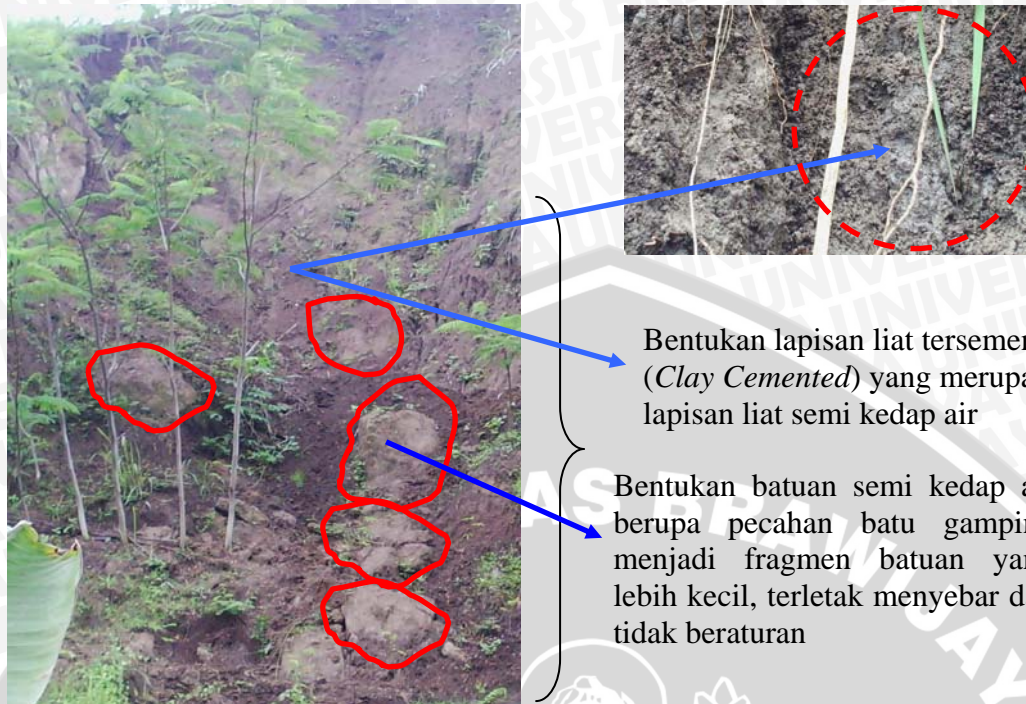


Gambar 28. Identifikasi Longsor Desa Sempol: a). Kondisi Longsor, b) Tipe penggunaan lahan berupa kebun campuran.

4.3.6.4 Lapisan semi kedap

Penyebab longsor yang teridentifikasi pada penampang longsor Desa Sempol merupakan bentukan lapisan semi kedap berupa lapisan liat tersementasi pada kedalaman 100 cm yang dapat menjadi penentu terciptanya bidang gelincir tanah. Lapisan liat tersementasi mempunyai karakteristik berupa warna tanah yang cenderung hitam hingga keabuan, dengan tingkat konsistensi yang tinggi (diukur melalui kondisi perubahan bentuk tanah saat kering menjadi relatif padat dan berbentuk lempeng, jika basah maka struktur tanah berubah menjadi sangat cair sehingga mudah terlarut oleh air).

Seiring peningkatan kedalaman tanah, mulai tampak bentukan fragmen batu gamping pada kedalaman 120 cm yang terletak menyebar dengan kuantitas yang tinggi (Gambar 37). Pecahan fragmen batu gamping pada penampang longsor terletak menyebar, tidak beraturan dan berbentuk oval menyerupai telur memanjang berwarna putih kekuningan serta mempunyai kisaran diameter batuan yaitu 5-10 cm dan lebar batuan \pm 3-7 cm. Fragmen batu gamping yang ditemukan pada penampang longsor mempunyai rongga antar batuan \pm 10-15 cm yang tersebar secara acak. Di dalam rongga antar fragmen batu gamping terisi oleh partikel tanah yang teridentifikasi sebagai tanah bertekstur liat nyata.



Bentukan lapisan liat tersementasi (*Clay Cemented*) yang merupakan lapisan liat semi kedap air

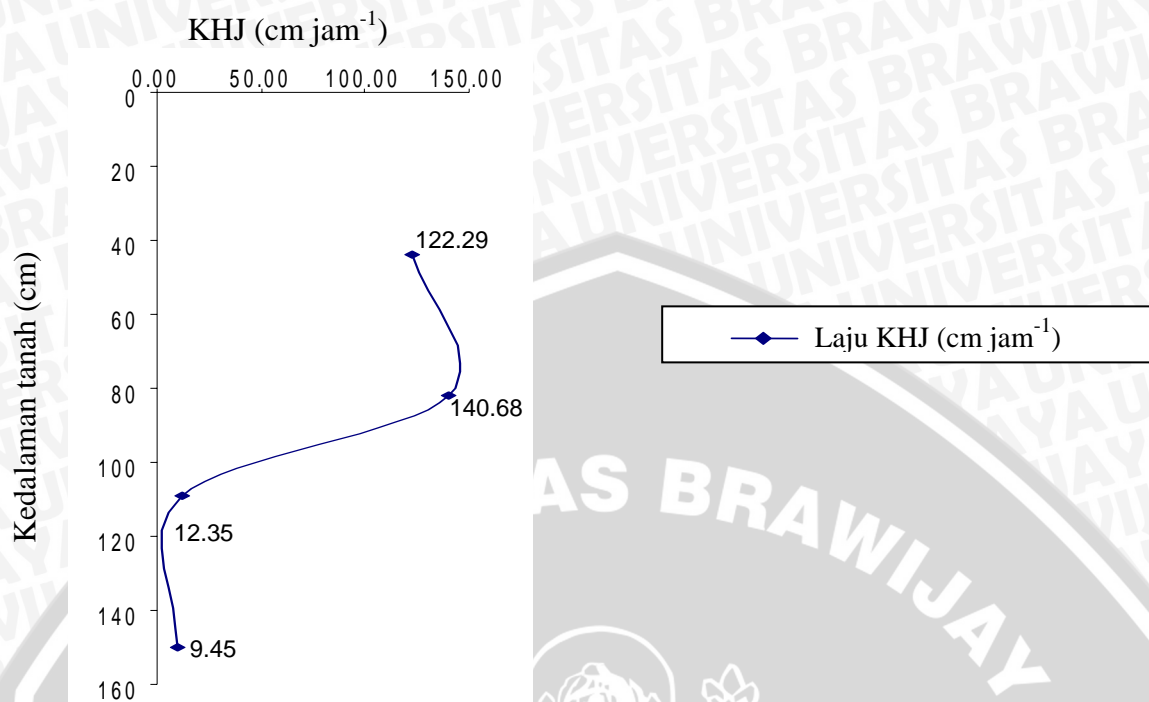
Bentukan batuan semi kedap air berupa pecahan batu gamping menjadi fragmen batuan yang lebih kecil, terletak menyebar dan tidak beraturan

Gambar 29. Bentuk Lapisan semi kedap berupa material tanah bertekstur liat nyata bercampur dengan fragmen batu gamping.

4.3.6.5 Indikator Terbentuknya Bidang Gelincir Tanah

- **Konduktivitas Hidraulik Jenuh (KHJ)**

Penampang longsor didesa Sempol teridentifikasi adanya penurunan nilai KHJ yang cukup signifikan sebesar 91.22%. Penurunan nilai KHJ ditemukan pada kedalaman 82-109 cm yaitu 12.35 cm jam⁻¹ dengan KHJ awal pada horizon Bt₁ kedalaman 44-82 cm yaitu 140.68 cm jam⁻¹ (Gambar 38). Lapisan liat yang tersementasi diindikasikan sebagai penyebab penurunan distribusi aliran air secara vertikal dikarenakan lapisan liat tersebut mempunyai kemampuan mengikat air dalam jumlah yang banyak sehingga distribusi aliran air juga semakin melemah antar lapisan tanah.



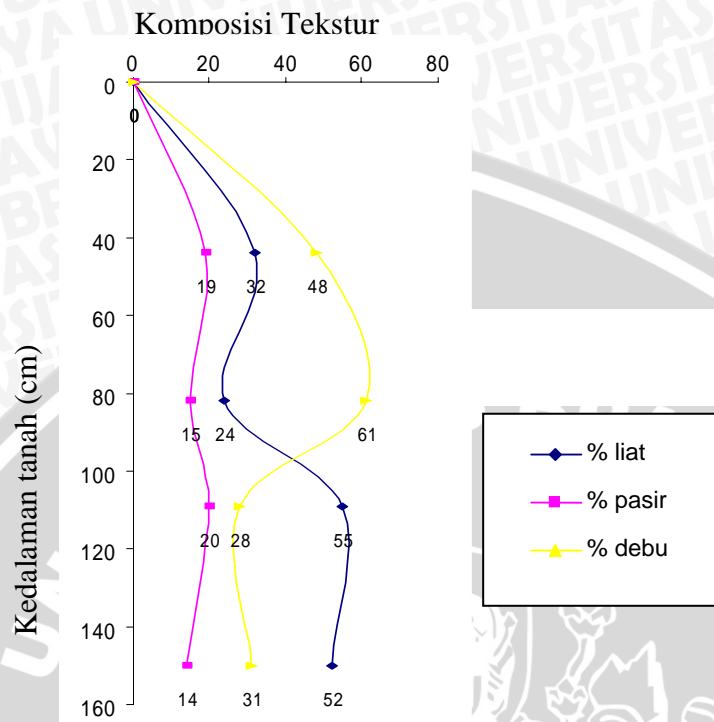
Gambar 30. Skema Laju nilai KHI pada penampang longsor Desa Sempol.

- **Komposisi Tekstur.**

Komposisi tekstur pada penampang longsor Desa Sempol relatif mengalami variasi perubahan tekstur antar perlapisan tanah. Pada kedalaman tanah awal kisaran kedalaman 0-44 cm terjadi sebaran masing-masing partikel penyusun tanah yang sebanding antara komposisi partikel debu, pasir dan liat dengan komposisi tertinggi melibatkan partikel debu dengan prosentase 48% sehingga teridentifikasi sebagai tekstur lempung. Sebaran distribusi tekstur tanah relatif seragam hingga kisaran kedalaman 44-82 cm dengan perbandingan antar partikel tanah yang sebanding dengan prosentase tertinggi masih didominasi oleh partikel debu meningkat menjadi 61% dengan tekstur tanah lebih berkembang yaitu lempung liat berdebu (Gambar 39).

Seiring dengan peningkatan kedalaman tanah maka mulai terjadi perubahan tekstur yang tampak pada penampang longsor desa Sempol melibatkan peningkatan tekstur liat secara signifikan pada kedalaman 109 cm (kisaran kedalaman tanah 82-109 cm) sebesar 56.36% sehingga mampu merubah prosentase tekstur tanah dari lempung liat berdebu menjadi liat nyata. Hal ini berakibat terhadap penurunan distribusi aliran air sebesar 91.22% sehingga memicu terjadinya bidang gelincir tanah

seiring dengan semakin tingginya masukan air dan semakin lambat laju aliran air pada tingkat perlapisan tanah pada kedalaman dibawah 100 cm.



Gambar 31. Skema komposisi sebaran tekstur tanah pada penampang longsor Desa Sempol

Tabel 3. Hasil Karakterisasi dan Rekapitulasi Longsor beserta Komponen Penyusunnya.

Titik Longsor pewakil (lokasi)	Material Penyusun Lapisan Semi Kedap	Kedalaman Lapisan semi kedap air (cm)	Kedalaman Bidang gelincir tanah (cm)	Parameter sifat fisik tanah		Jenis Longsor	Volume Longsor (m ³)
				KHJ (cmjam-1)	Tekstur		
Sumberkerto 2	Lapisan liat padat	70	40	99.93-18.91 (sangat tinggi-tinggi)	Lempung- liat	Permukaan	212.63
Sumberkerto 1	Kombinasi lapisan liat nyata dengan fragmen batu gamping relatif sedikit Akumulasi lapisan liat yang padat dan mantap	70	70	117.07-5.30 (sangat tinggi-sedang)	Lempung- liat	Permukaan	120
Pagak		55	55	80.53-15.65 (sangat tinggi)	Lempung- liat	Permukaan	117
Gampingan	Kombinasi lapisan liat dengan fragmen batu gamping relatif banyak	86	71	85.57-3.52 (sangat tinggi-sedang)	Lempung liat	Permukaan	60.35
Telogorejo	Kombinasi lapisan liat dengan fragmen batu gamping sampai hamparan batu gamping yang rapat	27	27	62.83-13.25 (sangat tinggi-tinggi)	Lempung berliat-liat	Robohan	17.2
Sempol	Kombinasi lapisan liat nyata dengan fragmen batu gamping relatif sedikit	100	82	140.68-12.35 (sangat tinggi-tinggi)	Lempung berliat-liat	Permukaan	337.5

4.4 Bidang Gelincir tanah

4.4.1 Hubungan Bentuk Lapisan Semi Kedap dengan Kedalaman Bidang Gelincir tanah.

Pada pengamatan masing-masing titik perwakilan longsor, didapatkan hasil bahwa kedalaman bidang gelincir yang teridentifikasi paling dalam terletak di desa Sempol yaitu 82 cm dengan bentuk lapisan semi kedap berupa lapisan liat nyata pada kedalaman 100cm. Lapisan liat semi kedap meningkatkan potensi terbentuknya bidang gelincir tanah dikarenakan liat mempunyai kohesif yang homogen sehingga bertambahnya kadar air tanah dan tidak tersedianya kekuatan geser yang cukup meningkatkan pergerakan longsor ke bawah pada bidang longornya (Soepardi, 1983).

Seiring peningkatan kedalaman tanah, maka bentuk fragmen batu gamping ditemukan pada kedalaman 109 cm. Kedalaman bidang gelincir diestimasikan terbentuk diatas bentuk fragmen batu gamping bercampur dengan tanah. Fragmen batu gamping bercampur dengan tanah mempunyai kohesif yang berbeda antar partikel menyebabkan kondisi gamping lebih tahan lama terangkut air dibandingkan dengan komposisi tanah terutama liat. Menurut Varnes (1978), fragmen batu gamping berperan sebagai agen penahan kestabilan lapisan tanah yang mengikat partikel tanah dengan batu gamping itu sendiri pada bidang lereng. Apabila rekatan antara batu gamping dengan lapisan tanah terlepas oleh akumulasi air yang mengisi rongga partikel maka longsor yang terjadi relatif sedikit demi sedikit, melibatkan material tanah yang terlongsor lebih dahulu disusul oleh fragmen batu gamping yang terlepas dari bidang lereng.

Kedalaman bidang gelincir paling dangkal terjadi pada penampang longsor Desa Telogorejo yaitu kedalaman 27 cm dari permukaan tanah dengan dominasi lapisan tanah liat padat pada kedalaman 27 cm. Bentuk fragmen batu gamping mulai ditemukan pada kedalaman 58 cm dengan tingkat kerapatan yang rendah. Seiring dengan peningkatan kedalaman tanah maka bentuk batu gamping tersusun rapat dengan jarak antar rongga yang kecil (kurang dari 1 cm) pada kedalaman 107 cm sehingga terjadi dua proses perpindahan material yang berbeda yaitu proses perpindahan yang melibatkan material tanah dengan intensitas yang kecil kemudian pada selang waktu yang relatif lama terjadi proses perpindahan material berupa longsor robohan yang melibatkan material batu gamping.

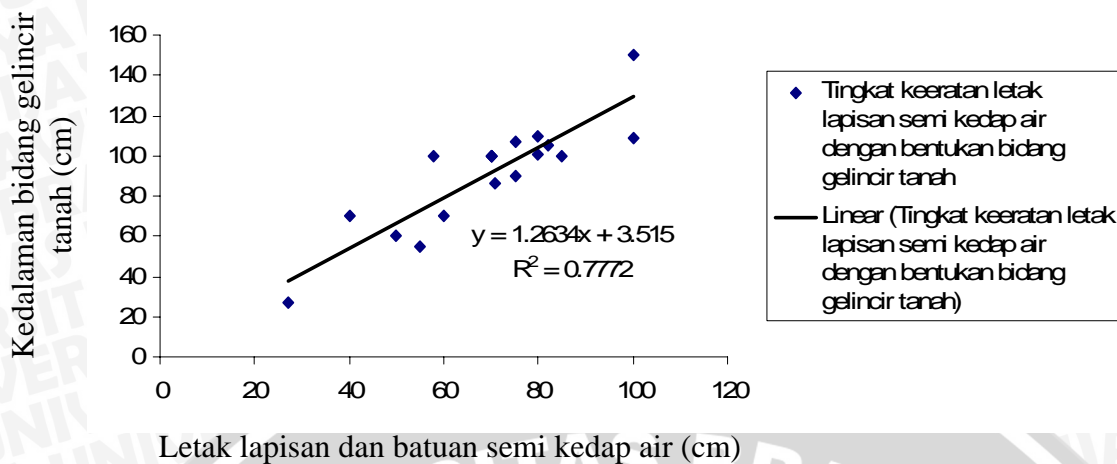
Proses pembentukan bidang gelincir pada kawasan Karst dan Tektonik khususnya di Perbukitan Malang Selatan, selalu berbanding lurus dengan kedalaman lapisan semi kedap dikarenakan pada kondisi air yang selalu jenuh diatas lapisan semi kedap, terjadi pembentukan bidang gelincir pada perlapisan awal lapisan kedap. Hal ini ditunjang dengan pendugaan korelasi melalui pendekatan metode Pearson yang menunjukkan nilai korelasi antara pembentukan lapisan semi kedap selalu diikuti dengan pembentukan bidang gelincir tanah yang menunjukkan nilai $r = 0,882^{**}$ (Tabel 10) yang artinya 88% peluang kedalaman bidang gelincir yang terbentuk di kawasan Perbukitan Malang Selatan terletak pada kondisi lapisan semi kedap pada penampang longsor.

Tabel 4. Korelasi Letak lapisan dan batuan semi kedap air dengan kedalaman bidang gelincir tanah (Metode Pearson)

		Letak Lapisan dan Batuan semi Kedap Air (cm)	Kedalaman Bidang Gelincir (cm)
Letak Lapisan dan Batuan semi Kedap Air (cm)	Pearson Correlation	1	.882(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	18	18
Kedalaman Bidang Gelincir (cm)	Pearson Correlation	.882(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	18	18

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Uji korelasi melalui metode Pearson diketahui hubungan yang erat antara pembentukan lapisan semi kedap dan kedalaman bidang gelincir tanah maka dilakukan uji regresi untuk mengetahui keakuratan sebaran data. Pada grafik terlihat adanya keakuratan sebaran data yang ditunjukkan oleh data letak lapisan semi kedap dengan kedalaman bidang gelincir yang terbentuk dinyatakan dalam tingkat regresi linear antar parameter pada penampang grafik mendekati 1 yaitu $R^2 = 0,7772$ (Gambar 40). Kondisi ini dapat menunjukkan bahwa 78% sebaran data pada grafik mendekati akurat dan mampu menyatakan dalam setiap penampang longsor kedalaman bidang gelincir akan terbentuk seiring dengan susunan lapisan semi kedap yang teridentifikasi.



Gambar 32. Grafik regresi linear yang menunjukkan keakuratan sebaran data antara letak lapisan dan batuan semi kedap air dengan estimasi kedalaman bidang gelincir yang terbentuk

Pembentukan bidang gelincir pada penampang longsor sesuai dengan kondisi kedalamannya didukung oleh hasil penelitian Badan Geologi–DESDM (2005) mengkaji tentang mekanisme gerakan tanah di kawasan Karst Kecamatan Tahuna, Kabupaten Kepulauan Sangihe yang menyatakan bahwa proses gerakan tanah terjadi melalui peresapan air kedalam tanah akibat curah hujan yang tinggi, menyebabkan bobot massa tanah bertambah. Adanya komposisi tanah dengan fragmen batu gamping yang dapat menjadi bidang gelincir gerakan tanah serta adanya perubahan tata lahan dari tanaman yang berakar kuat dan dalam menjadi tanaman yang berakar dangkal seperti yang berupa pohon pisang atau semak belukar mengakibatkan kuat geser tanah menurun sehingga lereng yang terjal mudah untuk terjadi longsor

4.4.2 Hubungan Komposisi Tekstur dan Nilai KHJ Terhadap Pembentukan Bidang Gelincir Tanah.

Sebaran nilai KHJ yang relatif fluktuatif pada masing-masing penampang longsor mampu menunjukkan indikasi adanya lapisan semi impermeable yang mampu menghambat distribusi aliran air secara vertikal antar lapisan tanah. Jenis lapisan semi impermeable hingga kondisi kedap yang mendominasi pada penampang longsor mampu berpengaruh terhadap nilai KHJ yang teridentifikasi.

Mayoritas pembentukan bidang gelincir tanah diakibatkan oleh nilai KHJ yang tidak seragam dari laju aliran yang tinggi menurun secara drastis pada pelapisan tanah dengan bidang semi kedap air sehingga terjadi perbedaan kandungan air yang mencolok antar lapisan tanah (Priyantari dan Cahyo, 2005). Perbedaan nilai KHJ erat kaitannya dengan komposisi tekstur antar lapisan tanah. Menurut Hardjowigeno (1995), tekstur merupakan karakter fisis tanah yang mempunyai kemampuan mengatur seluruh proses baik fisika maupun kimia di dalam penampang profil tanah. Kejadian longsor erat hubungannya dengan komposisi tekstur yang mampu memperlambat distribusi aliran air (indeks nilai KHJ) ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Mayoritas tekstur yang mampu membentuk suatu lapisan semi kedap pada titik longsor perwakilan di daerah penelitian merupakan komposisi mineral liat baik berbentuk lapisan tunggal, hingga akumulasi partikel liat yang teragregasi menjadi lapisan liat semi kedap. Lapisan *semi impermeable* hingga kondisi kedap air pada penampang longsor berupa mineral liat akan mampu menurunkan nilai permeabilitas tanah (KHJ) dikarenakan tanah yang mempunyai dominasi tekstur liat yang tinggi mempunyai perbandingan pori mikro yang lebih tinggi daripada pori makro.

Menurut Buol *et al.* (2003), pori mikro mampu menghambat gerakan udara dan air hanya dibatasi oleh gerakan kapiler dan penuh dengan air sehingga menghambat laju aliran air yang belum terjerap oleh pori mikro liat.. Mineral liat juga erat hubungannya dengan komposisi ion yang terjerap pada permukaan mineral liat tersebut. Menurut Notodarmojo (2005), komposisi ion mempunyai efek terhadap stabilitas koloidal tanah yaitu berpengaruh terhadap nilai KHJ bila tanah atau akuifer mengandung mineral liat. Mineral liat yang banyak mengandung ion Na^+ akan menyebabkan partikel liat terdispersi sehingga mampu menurunkan nilai KHJ. Hal ini sesuai dengan hasil laboratorium yang menunjukkan kandungan Na^+ pada lapisan *semi impermeable* di masing-masing penampang longsor cenderung sangat tinggi mencapai $9,71 \text{ cmol kg}^{-1}$

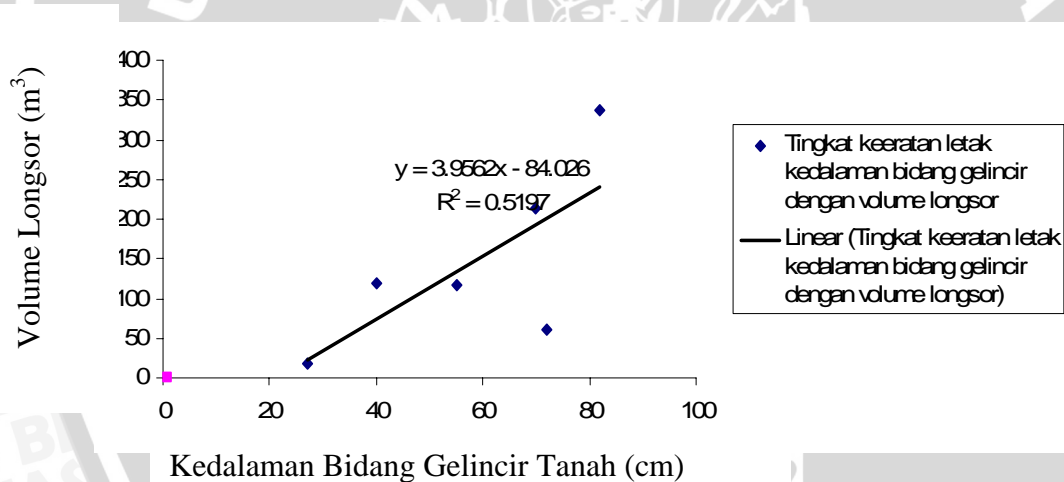
4.4.3 Hubungan Kedalaman Bidang gelincir Tanah dengan Volume Longsor

Pada dasarnya, kedalaman bidang gelincir mampu menentukan volume longsor yang terjadi. Kecepatan peluang terjadinya longsor mampu diketahui dari

seberapa cepat tanah diatas lapisan semi kedap mampu terjenuhi mengakibatkan perbedaan tingkat kandungan air antar perlapisan tanah.

Volume longsor terbesar ditemukan pada penampang longsor Desa Sempol yaitu 337.5 m^3 pada kedalaman bidang gelincir paling dalam yaitu 82 cm dengan ketebalan lapisan liat semi kedap $\pm 100 \text{ cm}$ diukur dari permukaan tanah , sedangkan volume longsor terkecil ditemukan di Desa Telogorejo yaitu 17.2 m^3 pada kedalaman bidang gelincir terdangkal yaitu 27 cm dengan ketebalan lapisan liat semi kedap hanya 58 cm.

Kedalaman bidang gelincir berpengaruh terhadap volume longsor yang terjadi dibuktikan melalui uji korelasi metode Pearson yang menghasilkan nilai korelasi mendekati satu ($r = 0.720^{**}$), dilakukan uji regresi untuk mendapatkan tingkat keakuratan sebaran data yang menunjukkan bahwa semakin dalam bidang gelincir tanah maka akan semakin besar volume longsornya. Hasil uji regresi menunjukkan nilai keakuratan mendekati satu ($R^2 = 0.5197$) (Gambar 41).



Gambar 33. Grafik regresi hubungan kedalaman bidang gelincir tanah dengan volume longsor

Perbedaan kedalaman bidang gelincir juga berperan terhadap besar kecilnya volume longsor. Perbedaan kedalaman lapisan semi kedap dari paling dalam hingga paling dangkal pada penampang longsor sama dengan pembentukan dan kedalaman bidang gelincir menunjukkan berbagai tipe dan peluang terjadinya longsor lahan yang teridentifikasi. Longsor dengan kedalaman bidang gelincir dangkal dengan ketebalan lapisan liat hanya berkisar antara 10-30 cm diatas susunan batu gamping yang rapat mampu memperlambat distribusi air pada lapisan tanah secara cepat, akan tetapi

volume longsor yang terbentuk jauh lebih kecil dibandingkan dengan longsor dengan kedalaman bidang gelincir dan lapisan semi kedap lebih dalam. Kondisi ini disebabkan oleh proses penimbunan air dalam jumlah yang besar pada lapisan tanah diatas lapisan semi kedap air dalam waktu yang relatif lambat, akan tetapi volume longsor akan lebih besar seiring dengan ketebalan massa tanah yang jenuh diatas bidang gelincir.

4.5 PEMBAHASAN UMUM

4.5.1 Komponen Penyebab Longsor

4.5.1.1 Faktor Internal

Longsor merupakan fenomena alam yang melibatkan proses-proses pedogenesis tanah yang disebabkan oleh intensitas curah hujan tinggi, pada kondisi kelerengan yang curam dan kondisi ketidakstabilan tanah dalam menyangga beban baik berasal dari vegetasi maupun akumulasi air hujan yang terikat didalamnya. Salah satu komponen penting penentu ketidakstabilan tanah dalam menahan vegetasi dan berakibat longsor yaitu adanya lapisan semi impermeabel sampai kondisi kedap air pada susunan penampang tanah. Tubbs (1975) menjelaskan bahwa lapisan semi impermeabel maupun kedap air merupakan suatu lapisan yang tersusun pada penampang atau profil tanah yang memiliki kemampuan untuk menahan distribusi aliran air pada lapisan tanah yang lebih dalam sehingga mampu mengakumulasi air dalam jumlah yang banyak pada tingkat per lapisan tanah tertentu dan memperlambat laju air seiring dengan peningkatan kedalaman tanah. Keberadaan susunan lapisan *semi impermeabel* sampai kondisi kedap air pada penampang atau profil tanah mampu menimbulkan bidang gelincir yang berasal dari akumulasi air pada tanah yang sudah jenuh air sehingga berpotensi longsor.

4.5.4.2 Faktor Eksternal.

Faktor penyebab terjadinya longsor di kawasan Perbukitan Malang Selatan, Kecamatan Pagak tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal tanah berupa kondisi lapisan semi kedap air, komposisi tekstur dan laju KHI tanah, melainkan faktor-faktor alam berupa kondisi fisiografi lahan meliputi tingkat kemiringan lahan, komposisi vegetasi dan aktivitas manusia juga berpengaruh nyata yang mampu menunjang terjadinya longsor.

Mayoritas lahan pada titik longsor perwakilan pada daerah penelitian mempunyai kelerengan lebih dari 15% (kisaran kelerengan 15-45%). Hal ini didukung oleh literatur yang menyebutkan bahwa lereng curam yang rawan longsor biasanya berada pada batu gamping yang tertutup bahan tanah liat berpasir atau liat berdebu dengan kelerengan diatas 15% yang didukung dengan adanya curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang lama (Karnawati, 2005).

Komposisi vegetasi juga menentukan mudah tidaknya suatu lahan mengalami longsor, Sebagian besar kondisi lahan titik longsor perwakilan mempunyai tipe penggunaan lahan berupa tegalan, hutan produksi dan kebun campuran dengan komposisi vegetasi berupa tanaman semusim tebu dan jagung, penanaman tanaman tahunan pada tingkat statifikasi yang rendah berupa tanaman jati, suren, lamtoro pada jarak tanam yang relatif renggang ditunjang dengan suplai seesah yang relatif rendah mapu meningkatkan potensi suatu lahan terancam longsor.

Kondisi lahan yang digunakan untuk area pertanian khususnya area budidaya berbagai macam tanaman tahunan dengan kuantitas yang rendah maka mampu menunjang terjadinya longsor dikarenakan beban massa tanaman yang tinggi pada tingkat kelerengan yang cukup curam (15-45%) mampu membuat kondisi tanah menjadi lemah. Zona lemah terjadi ketika tanah sudah tidak mampu menahan banyak beban ditunjang dengan adanya kondisi diskontinuitas pada tanah mengakibatkan terjadinya pergerakan tanah mengalami longsor.

Hardiyatmo (2006) menyatakan bahwa pengaruh akar dalam kaitannya dengan stabilitas lereng sangat besar. Akar dangkal relatif kurang dapat menjangkau dan menembus tanah sampai ujungnya menembus retakan atau zona rekahan batuan dasar serta zona transisi kepadatan tanah sehingga akan meningkatkan kekuatan geser tanah jika ditunjang dengan kandungan air diatas bidang pelapisan atau lapisan kedap yang relatif besar.

Aktivitas manusia berperan sebagai agen penggerak dan penunjang terjadinya longsor dalam suatu lahan. Sebagian besar wilayah Perbukitan Malang Selatan, Kecamatan Pagak, tidak luput dari ancaman eksplorasi lereng yang berlebihan berupa pemotongan lereng untuk mempermudah akses jalan masyarakat, penambangan batu gamping secara liar, pembangunan jalan tembus di Perbukitan Karst yang menghubungkan Kecamatan Pagak dan Kecamatan Donomulyo, pembuatan bangunan dengan merusak tebing-tebing di Perbukitan Karst melalui aktivitas pengeboman tebing. Aktivitas manusia yang berlebihan mampu berpengaruh terhadap stabilitas lereng dan ketahanan rekatan antar batuan induk gamping pada bidang lereng. Intensitas air hujan yang tinggi pada kondisi lahan yang tidak stabil akibat aktivitas manusia mampu meningkatkan aliran permukaan dan kandungan air tanah berakibat pada peningkatan kekuatan geser tanah disebabkan oleh perbedaan laju aliran air antar lapisan tanah.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

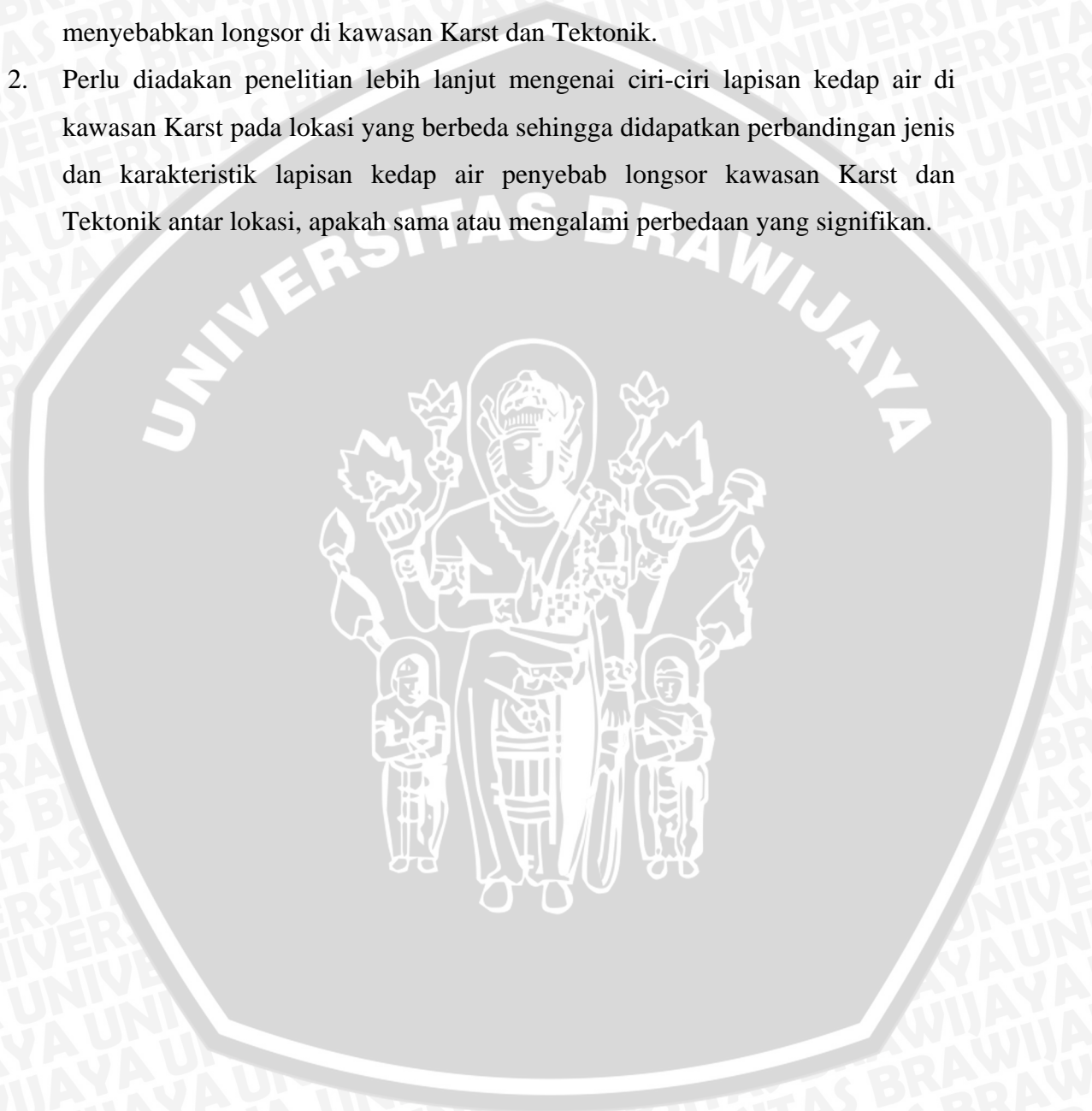
Berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dangkal atau tidaknya bentukan bidang gelincir tanah berbanding lurus dengan letak dan kedalaman lapisan semi kedap yang ditemukan pada penampang longsor.
2. Identifikasi pembentukan bidang gelincir tanah paling dalam ditemukan pada penampang longsor Desa Sempol pada kedalaman 82 cm dengan komposisi lapisan liat semi kedap pada kedalaman 100cm sedangkan pembentukan bidang gelincir paling dangkal ditemukan pada penampang longsor desa Telogorejo pada kedalaman 27 cm dengan bentukan kombinasi lapisan liat semi kedap diatas pecahan atau fragmen batu gamping pada kedalaman 27-107 cm.
3. Pembentukan bidang gelincir dengan karakteristik yang berbeda mampu menunjang terjadinya longsor.
4. Semakin dalam bidang gelincir tanah, maka volume longsor yang ditimbulkan semakin besar.
5. Letak lapisan dan batuan semi kedap air pada kawasan Perbukitan Malang Selatan selalu diikuti oleh pembentukan bidang gelincir tanah tepat diatas atau berada didalam lapisan semi kedap yang teridentifikasi. Hal ini dibuktikan pada uji korelasi antara komposisi lapisan dan batuan semi kedap air dengan pembentukan bidang gelincir tanah menyatakan hubungan yang erat antar perlakuan dengan nilai $r = 0.882^{**}$. Pada tingkat regresi linear yang menyatakan keakuratan sebaran data antar perlakuan pada tiap-tiap penampang longsor mencapai $R^2 = 0,7772$ (mendekati 1).
6. Lapisan semi kedap air yang teridentifikasi di kawasan karst yang berpotensi memicu longsor berupa akumulasi liat yang padat dan relatif mampat

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka saran yang dapat diajukan adalah :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik batu gamping baik jenis maupun lamanya proses diskontinuitas antar batuan yang paling rentan menyebabkan longsor di kawasan Karst dan Tektonik.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai ciri-ciri lapisan kedap air di kawasan Karst pada lokasi yang berbeda sehingga didapatkan perbandingan jenis dan karakteristik lapisan kedap air penyebab longsor kawasan Karst dan Tektonik antar lokasi, apakah sama atau mengalami perbedaan yang signifikan.



DAFTAR PUSTAKA

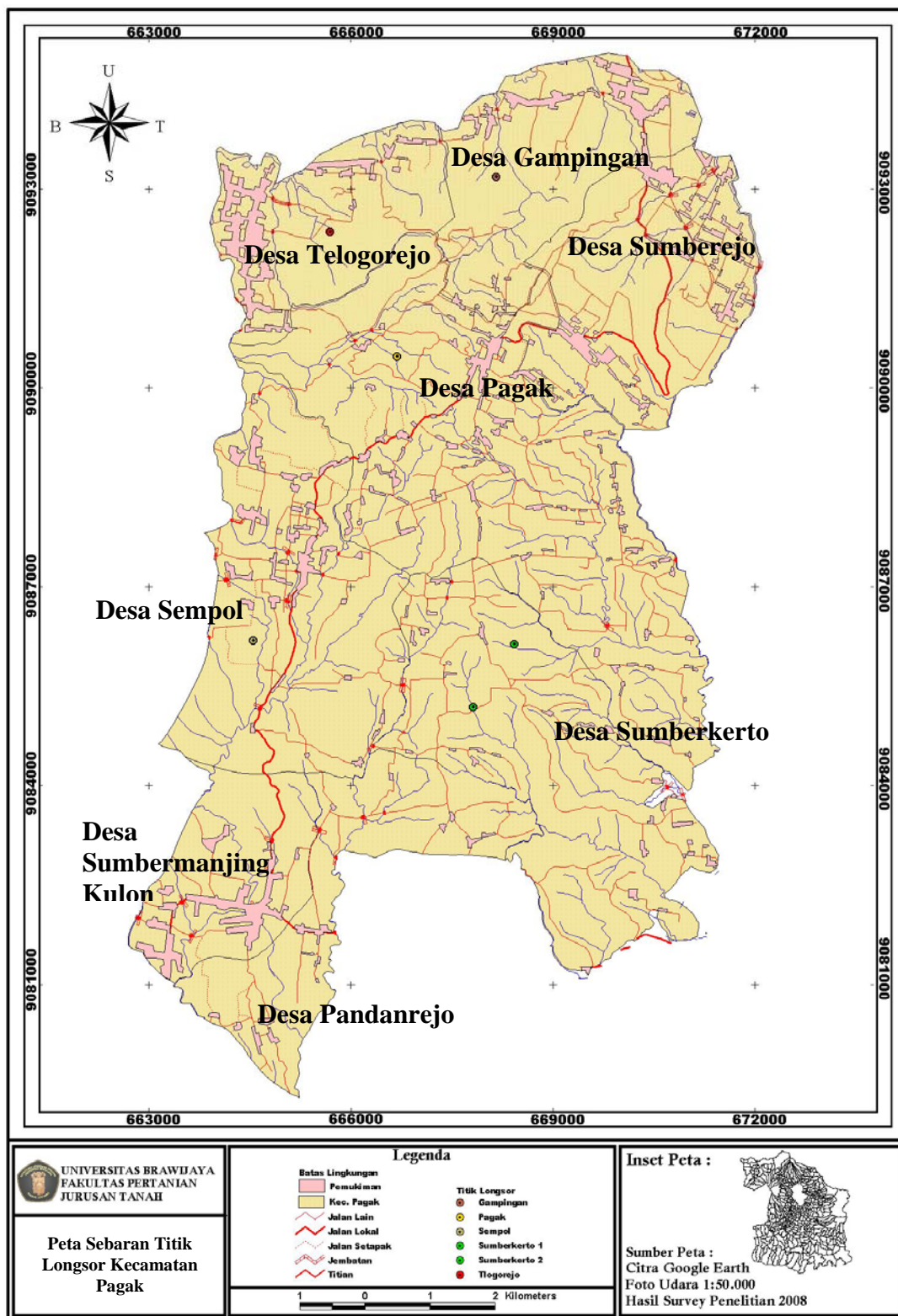
- Andreas, E.P. 2008. Hubungan Lapisan Kedap Air dengan Kejadian Longsor di DAS Konto Hulu. Skripsi. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Aridata. 1998. Pengenalan Gerakan Longsor. Artikel. Available Online http://118.98.213.22/aridata_web/how/g/geografi/3_gerakan%20tanah.htm
- Badan Geologi-DESDM.. 2005. LAPORAN SINGKAT BENCANA GERAKAN TANAH DAN BANJIR BANDANG DI KEC. TAHUNA, KAB. KEPULAUAN SANGIHE. Powered by Joomla! - @copyright Copyright (C) 2005 Open Source Matters.
- Bergman, S.C; Coffield, D.Q; Talbot, J.P; and Garrard, R.A. 1996. *Tertiary Tectonic and Magmatic Evolution of Western Sulawesi and the Makassar Strait, Indonesia: Evidence for a Miocene Continent-Continent Collision*, dari Hall, R & Blundell, D. (eds), *Tectonic Evolution of Southeast Asia*, Geological Soc. Special Publication No. 106, hal. 391 – 429. London
- Buckman; Harry, O dan Brady, N.C. 1982. ILMU TANAH. Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Buol, S.W; Southard, R.J; Graham, R.C and McDaniel, P.A. 2003. *Soil Genesis and Classification Fifth Edition*. Iowa State Press. Iowa.
- Erdeka. 2008. Porositas Berbagai Jenis Batuan. Artikel. Available Online <http://erdeka-okey.blogspot.com/2008/07/porositas-berbagai-jenis-batuan.html>
- Foth, H. 1984. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. *Gajahmada Univercity Press*. Yogyakarta
- Glade, T; Anderson, M and Crozier, M. 2005. *Landslide Hazart and Risk*. John Willey & Sons Inc. USA
- Hardjowigeno, S.1995. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta
- Hardiyatmo, H.C. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi Edisi Pertama. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Hillel, D. 1982. *Introduction To Soil Physics*. diterjemahkan oleh R.H. Susanto, dan R.H. Purnomo. 1998. Pengantar fisika tanah. P.T Mitra Gama Widya. Yogyakarta
- Hirmawan, F. 1994. Pemahaman Sistem Dinamis Kestabilan Lereng untuk Mitigasi Kebencanaan Longsor. Makalah Penunjang No. 17 Simposium Nasional Mitigasi Bencana Alam. Kerjasama F-Geografi UGM-Bakornas Penanggulangan Bencana, Yogyakarta.

- Juanda, Assa'ad dan Warsana. 2003. Kajian Laju Infiltrasi dan Beberapa Sifat Fisik Tanah pada 3 Jenis Tanaman Pagar dalam Sistem Budidaya Lorobg di Lahan Berlereng. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol. 1 (2003) : 25-31
- Karnawati, D. 2005. Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya. Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta
- Kumajas, M. 2006. Inventarisasi Dan Pemetaan Rawan Longsor Kota Manado–Sulawesi Utara. *Jurnsl Forum Geografi*, Vol. 20, No. 2, Desember 2006: 190 – 197
- Ludwig, P. 2007. Geser dan Tegangan Geser. Artikel. *Available Online* <http://geoteknik.wordpress.com/2007/07/02/geser/>
- Munir. 1996. Tanah–Tanah Utama Indonesia Karakteristik, Klasifikasi dan Pemanfaatannya. PT Dunia Pustaka Jaya. Jakarta
- Munir. 2003. Geologi Lingkungan. Bayumedia Publishing. Malang
- Mulyani, A. 2006. Perkembangan Potensi Lahan Kering Masam. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian SINAR TANI Edisi 24-30 Mei.
- Mustafa, A. 2008. Tanah Longsor Apakah Penyebabnya. Artikel Iptek. *Available online* http://zamiali.multiply.com/journal/item/9/TANAH_LONGSOR_APA_PENYEBABNYA.
- Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Penerbit ITB. Bandung
- Ohlmacher, G.C. 2001. *Relationship Between Geology and Landslide*. Kansas Geological Survey. Kansas
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan melalui Gugus Kerja Bidang Geoteknik Jalan pada Sub Panitia Teknik Standardisasi Bidang Prasarana Transportasi. 2005. Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan Buku Tata Cara Penanggulangan Longsoran SNI - 03.1962 - 1990.
- Paripurno, E.T; Petrasa, W; Dikky, M; Rodialfallah, A.B dan Rikky, R. 2008. Kajian Potensi Kars Kawasan Sukolilo–Pati, Jawa Tengah. Pusat Studi Manajemen Bencana UPN “Veteran” Yogyakarta Acintyacunyata Speleological Club (ASC). Yogyakarta
- Pitty, AF. 1991. *Introduction to Geomorphology*. John Wiley. Ltd

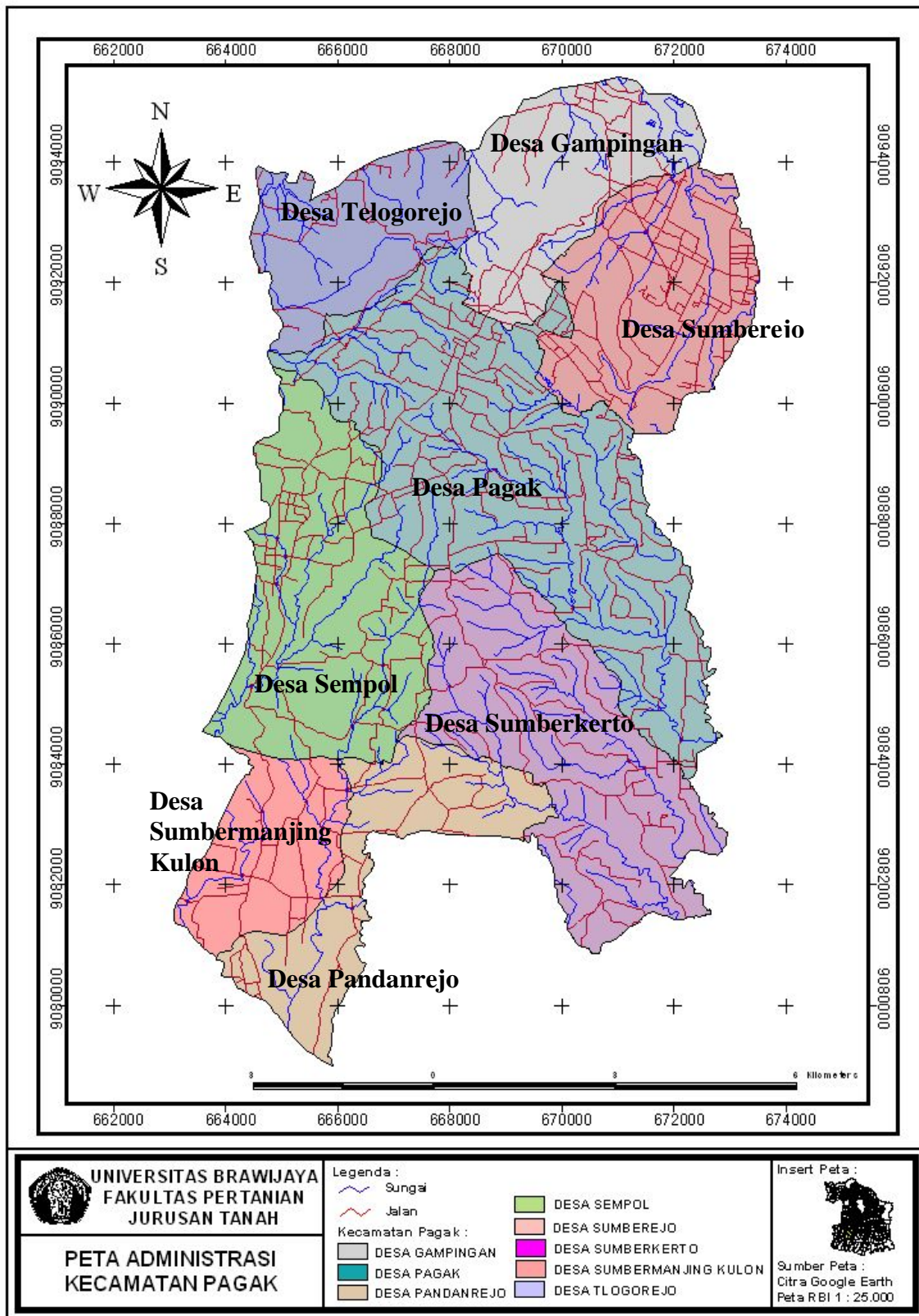
- Priyantari, N dan Cahyo, W. 2005. Penentuan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi. *Jurnal ILMU DASAR* Vol. 6 No. 2, 2005 : 137-141 137
- Rybar, J; Stemberk, J and Wagner, P. 2002. *Landslides*. A.A. Balkema Publishers. Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands
- Samodra, H (1999) Karstifikasi Kuarter pada Batu gamping Formasi Wonosari di Pegunungan Selatan, Jawa Tengah. Lokakarya Kawasan Karst, Jakarta 29-30 September 1999. Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral.
- Schaetzl, R., and S. Anderson. 2005. *Soil Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press. Cambridge
- Siradz, S.A; Rajamuddin, U.A dan Radjagukguk, B. 2006. Karakteristik Kimiawi dan Mineralogi tanah Pada Beberapa Ekosistem bentang lahan Karst Di Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Ilmu tanah dan Lingkungan* Vol 6 (1) (2006) : 1-12
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan ciri tanah. IPB. Bogor
- Sumiyatinah dan Yohanes. 2000. Pemodelan SIG untuk menentukan daerah rawan erosi akibat longosran di Propinsi Jawa Barat. hlm. 219-226 *dalam* Prosiding "Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia. Ikatan Surveyor Indonesia. Bandung, 15 september 2000.
- Suprayogo, D; Widiyanto; Utami, S.R; Sudarto; Prayogo, C; Dewi. I dan Nugroho, A. 2005. Identifikasi Potensi Longsor Dan Upaya Mencegah Bahaya Longsor Pedoman Untuk Mengurangi Kerugian. Pusat Kajian Pertanian Sehat dan Managemen Sumber Daya Alam Secara Terpadu (PK – Pertanian SMART), Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Kerjasama dengan BEJIS Project AUASAIID Australian Managing Contractor ACIL Australia Pty Ltd. Malang
- Terzaghi, K. 1950. *Theoretical Soil Mechanics*, John Willey and Sons, NewYork.
- Trisnawanti, A. 2008. PEMANFAATAN LIMBAH SANDBLASTING DAN CLAY PT. PERTAMINA UP IV CILACAP SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN KERAMIK DENGAN METODE SOLIDIFIKASI. . Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Tubbs, D. W. 1975. *Causes, Mechanisms, And Prediction Of Landsliding In Seattle*. Department of Geological Sciences and Quaternary Research Center University of Washington. Washington
- Utomo, W. H. 1985. Dasar-Dasar Fisika Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.

- Varnes. 1978. *Slope Movement Types and Processes*. in R.L. Schuster, and R.J. Krizek (eds). *Landslides – analysis and control*. National Academy of Sciences Transportation Research Board Special Report (176): 12-33.
- Wahyuningrum. 2003. *Klasifikasi Kemampuan dan Kesesuaian Lahan*. Klasifikasi Kemampuan Surakarta No. 15 Th. 2003 dan Kesesuaian Lahan. Surakarta
- William, H and Stanislav. 1993. *Applied Geophysics in Hydrogeological and Engineering Practice*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam-Netherland
- William, H.1980. *PETROGRAPHY An production to the Study of Rocks in Thin Section*, Second Edition.
- Williams, H and Wilkins. 2002. *SOIL GENESIS IN TWO ALFISOLS IN EAST CENTRAL MISSOURI*. Article Soil Science. 167(7):453-464, July 2002 2002 Lippincott Williams & Wilkins, Inc
- Wine, Geolink. 2006. Brooks. Article Available Online
http://images.google.co.id/imgres?imgurl=http://www.geolinkwine.com/Brooks_files/soil1.JPG&imgrefurl=http://www.geolinkwine.com/Brooks1.htm&h=500&w=375&sz=70&hl=id&start=137&usq=__aF9WuVXGtHdqQ6vOQGQHICwiqJY=&tbnid=S71s15mGu1AEvM:&tbnh=130&tbnw=98&prev=/images%3Fq%3DProfil%2BTanah%26start%3D120%26as_st%3Dy%26gbv%3D2%26ndsp%3D20%26hl%3DId%26sa%3DN
- Widagdo; Dai, J; Suharto, N.D; Hardjowigeno, S dan Jordens. 1997. *Pedoman Klasifikasi Landform atau Guidelines For Landform Classification*. Centre For Soil And Agroclimate Research. Bogor
- Wiradisastra, U.S. 1989. *Geomorfologi dan Analisis Landscape*. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan anah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor

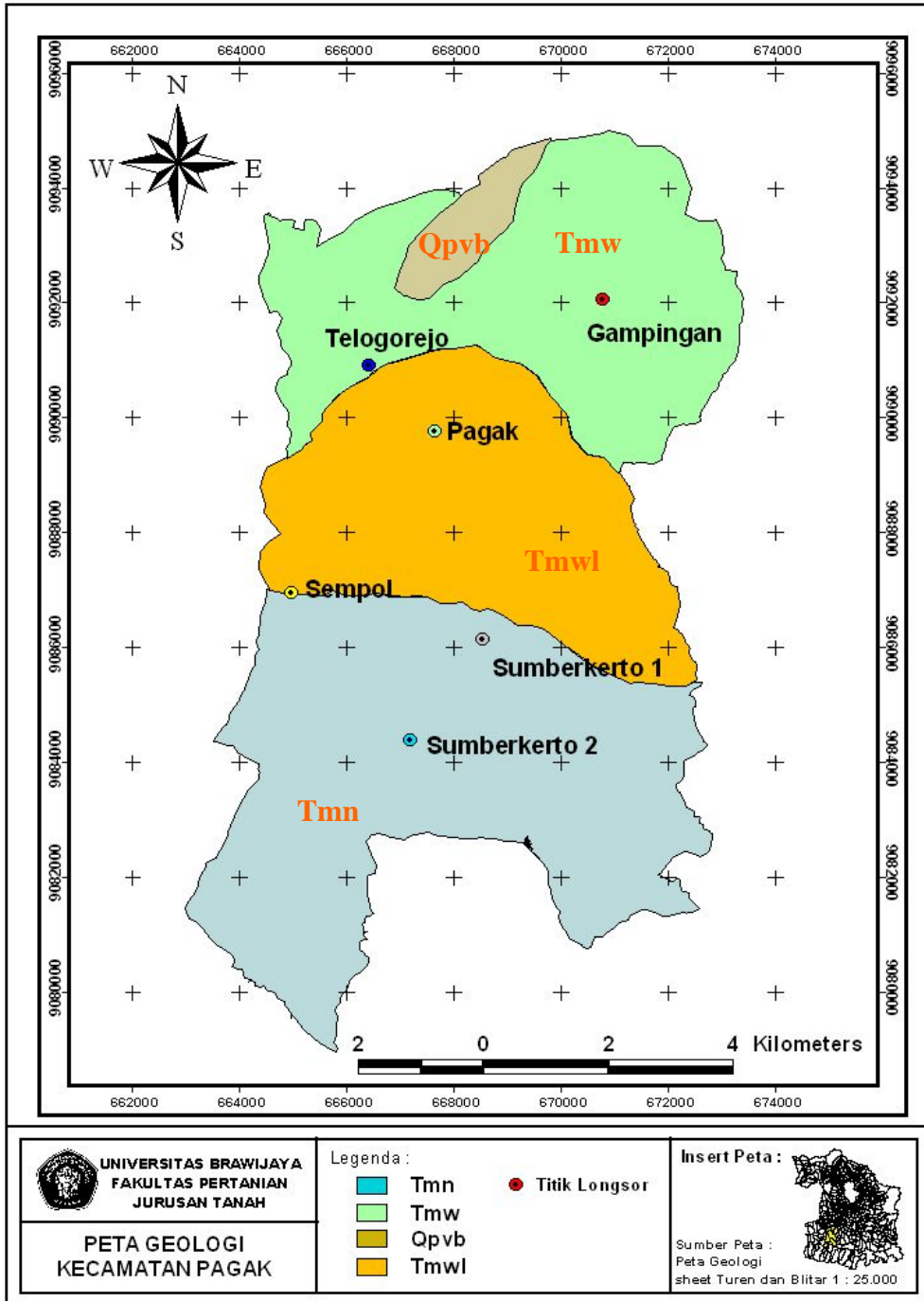
Lampiran 1. Peta Sebaran Titik Longsor Kecamatan Pagak



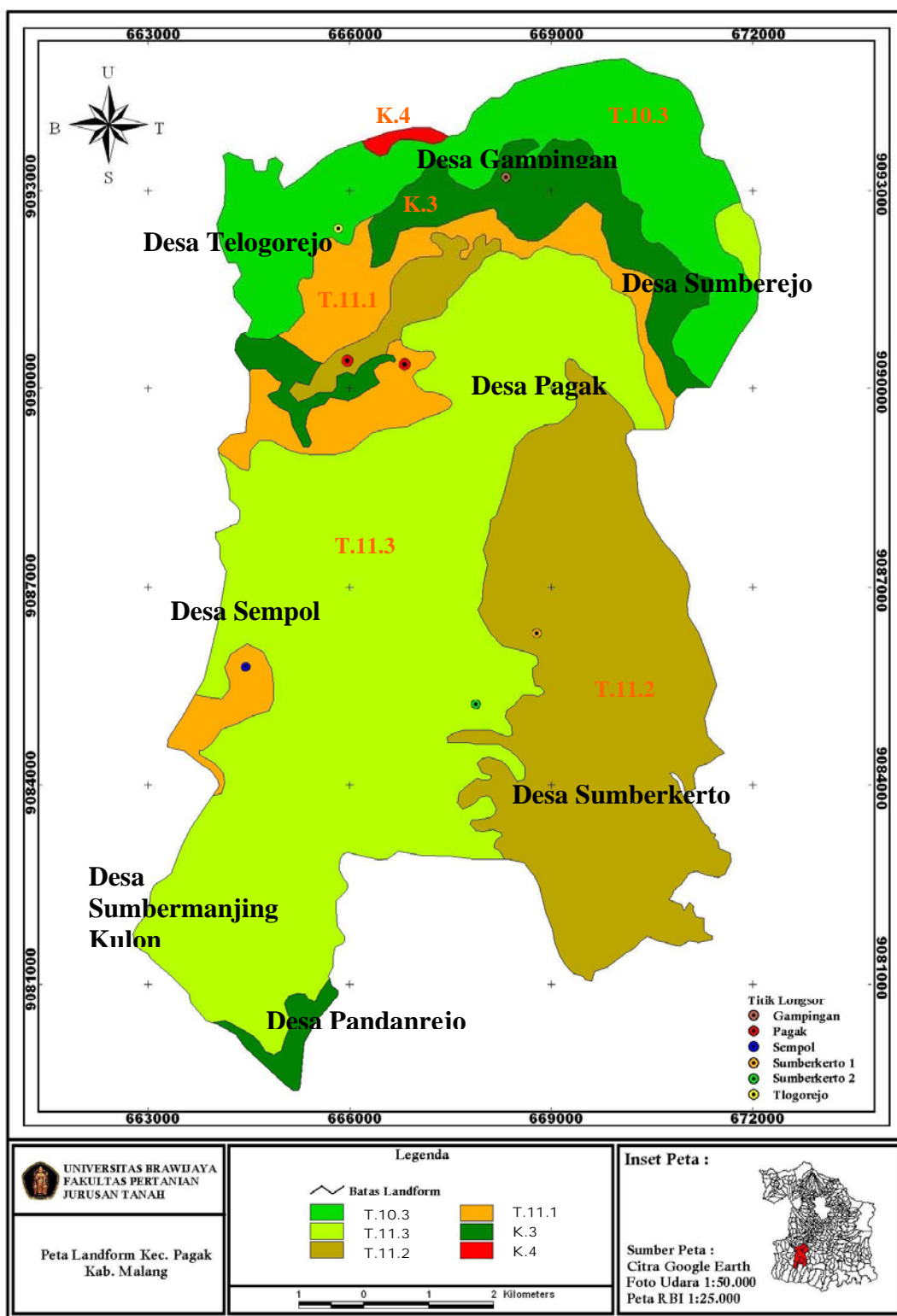
Lampiran 2. Peta Administrasi Kecamatan Pagak



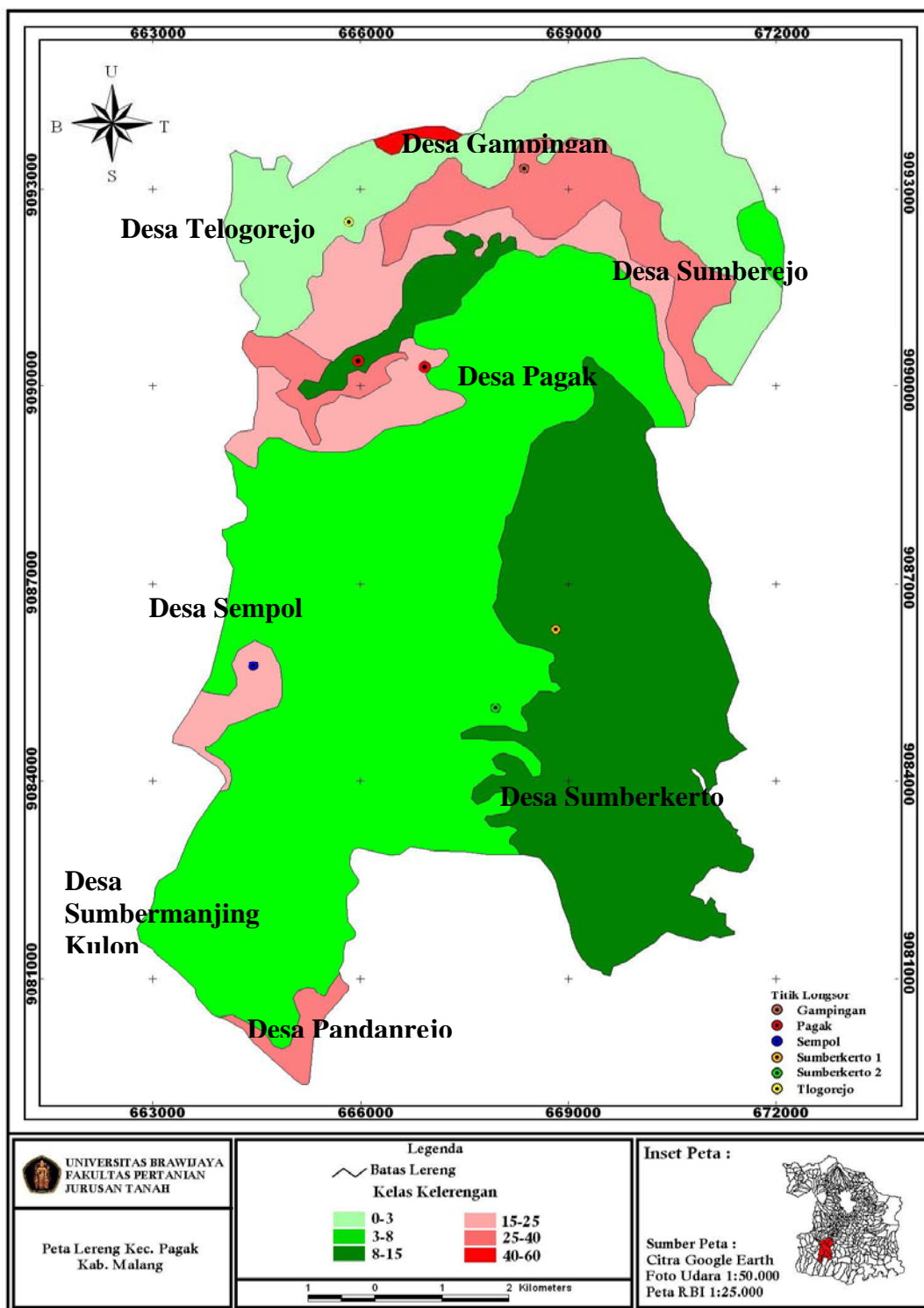
Lampiran 3. Peta Geologi Kecamatan Pagak



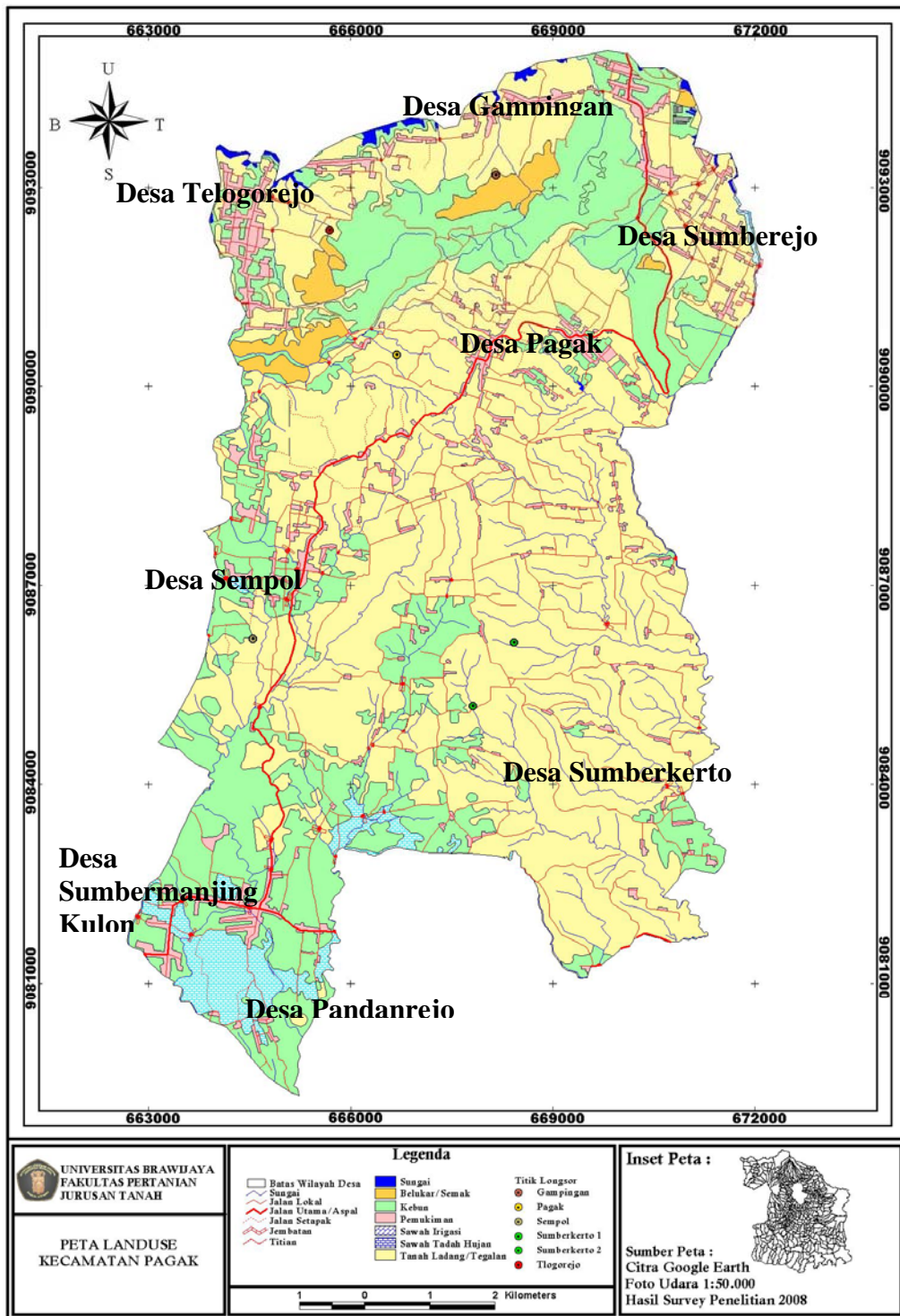
Lampiran 4. Peta Landform Kecamatan Pagak



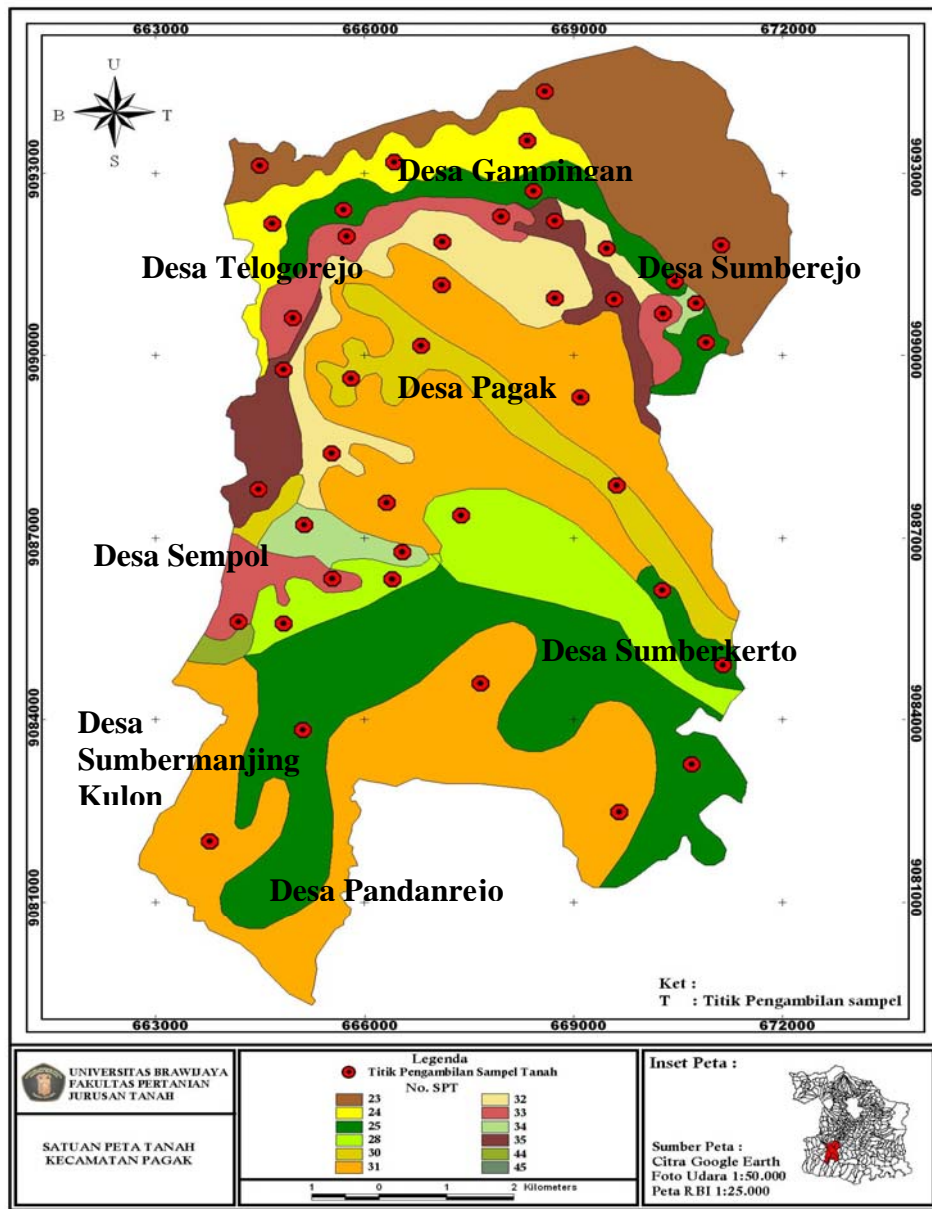
Lampiran 5. Peta Lereng Kecamatan Pagak



Lampiran 6. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Pagak



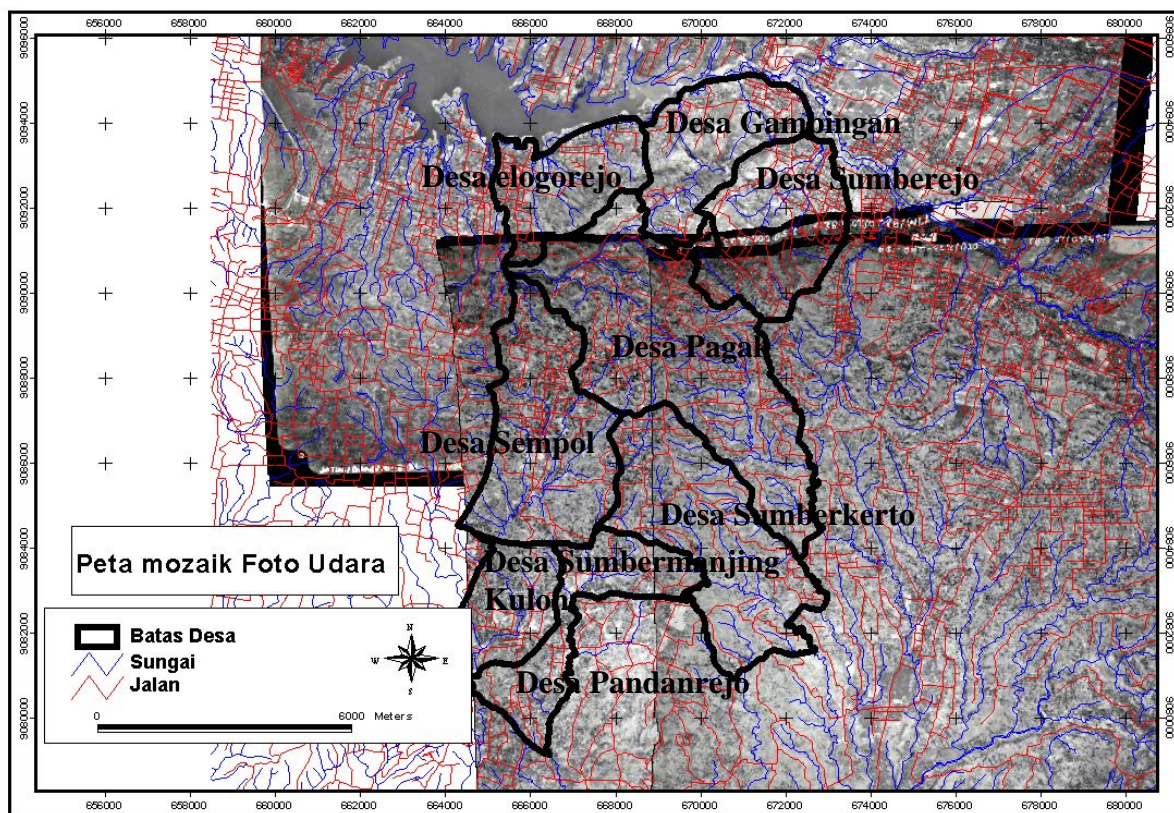
Lampiran 7. Peta Kisaran Sebaran Tanah Kecamatan Pagak.



Tabel. 11. Kisaran sebaran tanah Kecamatan Pagak

No. SPT	Sub Group Tanah	Rejim Lengas Tanah
23 (1)	Typic Haplustolls	Isotermik
24 (2)	Inceptic Haplustalfs	Isotermik
25 (3)	Vertic Haplustalfs	isohipertermik
28 (4)	Ultic Haplustalfs	Isohypertermik
30 (5)	Ultic Haplustalfs	Isohipertermik
31 (6)	Inceptic Haplustalfs	Isotermik
32 (7)	Typic Haplustalf	isohypertermik
33 (8)	Vertic Haplustalfs	Isotermik
34 (9)	Typic Trophaquepts	Isohypertermik
35 (10)	Aeric Trophaquepts	Isohypertermik
44 (11)	Typic Eutropepts	Isohypertermik
45 (12)	Typic Haplustalf	isohypertermik

Lampiran 8. Peta Mozaik foto udara kecamatan Pagak



Lampiran 9. Klasifikasi Tanah Titik Longsor 1

Kode Unit Peta : Sumberkerto 1
 Lokasi : Dusun Sumberpetung2, Desa Sumberkerto, Kecamatan Pagak,
 Kabupaten Malang, Propinsi Jawa Timur

Latitude : E 667364 N 9084392
 Jenis Pengamatan : Singkapan
 Posisi : Lereng atas
 Ketinggian : 762mdpl
 Fisiografi : Bergelombang – agak curam
 Lereng : 25%
 Bentuk lereng : Tunggal
 Deskripsi landform : Gawir Plateu Karst dengan relief
 yang bergelombang

Curah hujan tahunan : 1596,1 mm/tahun
 Rejim lengas tanah : Isotermik
 Suhu udara rata-rata tahunan : 24.26 °C
 Suhu tanah rata-rata tahunan : 26.75 °C
 Bahan induk : Batu pasir tufan, batu lempung, napal pasiran,
 batu pasir gampingan dan batu lempung hitam.

Landuse : Tegalan
 Vegetasi : Jagung, Tebu, Pisang, Ubi kayu, Kacang tanah.
 Drainase : Sedang
 Permeabilitas : Sedang
 Erosi dan sedimentasi : Sedang
 Batuan Permukaan : Banyak
 Kedalaman Efektif : 60 cm
 Klasifikasi : Inceptic Haplustalf
 Epipedon : Umbrik (0-40cm)
 Endopedon : Argilik (40-70cm)
 Ordo : Alfisols
 Sub ordo : Ustalf
 Great group : Haplustalf
 Sub group : Inceptic Haplustalfs
 Dideskripsi oleh : Dewi Nurrohmah Wulansari

Deskripsi Penampang tanah :

Ap -- 0-40 cm; Coklat sangat gelap keabuan (10YR ³/₂), lembab, lempung; struktur remah, sedang, lemah, agak lekat, agak plastis; akar halus banyak, sedang banyak, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; agak masam (pH 5.78); batas baur, lurus beralih ke

A – 40-70 cm; Coklat sangat gelap keabuan (10YR ³/₂), lembab, lempung; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedang, akar kasar sedikit ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedikit; agak masam (pH 5.78); batas jelas, berombak beralih ke

Bt₁ – 70-100 cm; Coklat sangat gelap (10YR ²/₂), lembab, liat berdebu; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedang ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedang; agak masam (pH 5.76), berbatu gamping melapuk dengan prosentase 30 %

Lampiran 10. Klasifikasi Tanah Titik Longsor 2

Kode Unit Peta : Sumberkerto 2
 Lokasi : Dusun Sumberkerto, Desa Sumberkerto, Kec. Pagak, Kabupaten Malang, Propinsi Jawa Timur
 Latitude : E 668038 N 9085120
 Jenis Pengamatan : Singkapan
 Posisi : Lereng atas
 Ketinggian : 635 mdpl
 Fisiografi : Bergelombang – agak curam
 Lereng : 35%
 Bentuk lereng : Tunggal
 Deskripsi landform : Gawir Plateu Karst dengan relief yang bergelombang
 Curah hujan tahunan : 1596,1 mm/tahun
 Rejim lengas tanah : Isohipermik
 Suhu udara rata-rata tahunan : 24.26 °C
 Suhu tanah rata-rata tahunan : 26.75 °C
 Bahan induk : Batu pasir tufan, batu lempung, napal pasiran, batu pasir gampingan dan batu lempung hitam.
 Landuse : Hutan Produksi
 Vegetasi : Jati, Rumput gajah.
 Drainase : Sedang
 Permeabilitas : Sedang
 Erosi dan sedimentasi : Tinggi
 Batuan Permukaan : Banyak
 Kedalaman Efektif : 100 cm
 Klasifikasi : Ultic Haplustalf
 Epipedon : Umbrik (0-40cm)
 Endopedon : Argilik (40-100cm)
 Ordo : Alfisols
 Sub ordo : Ustalf
 Great group : Haplustalf
 Sub group : Ultic Haplustalf
 Dideskripsi oleh : Dewi Nurrohmah Wulansari

Deskripsi Penampang tanah :



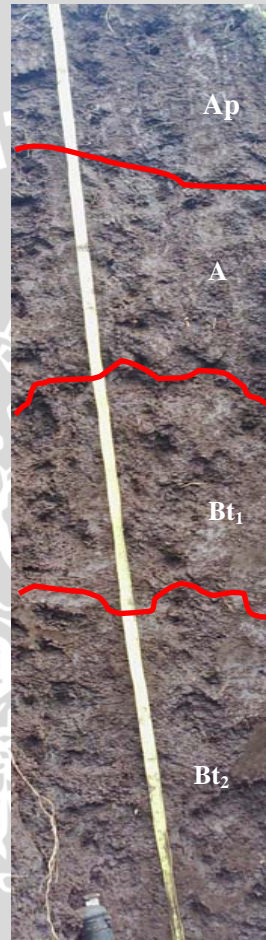
A -- 0-40cm; coklat gelap kekuningan (10YR ^{3/4}), lembab, lempung berpasir; struktur remah, sedang, lemah, tidak lekat, agak plastis; akar halus banyak, sedang banyak, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; agak masam (pH 5.92); batas jelas, lurus beralih ke

Bt1 – 40-100cm; coklat gelap kekuningan (10YR ^{3/2}), lembab, lempung berliat; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedang, akar kasar sedikit ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedikit; agak masam (pH 5.83); batas baur, berombak beralih ke

Bt2 – 100-150cm; Coklat sangat gelap (10YR ^{2/2}), lembab, liat berdebu; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedang ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedang; agak masam (pH 5.72),

Lampiran 1. Klasifikasi Tanah Titik Longsor 3.

Kode Unit Peta	: Pagak
Lokasi	: dusun Pagak Kidul, desa Pagak, kec. Pagak, kabupaten Malang, propinsi Jawa Timur
Latitude	: E 667796 N 9089751
Jenis Pengamatan	: Singkapan
Posisi	: Lereng atas
Ketinggian	: 685 mdpl
Fisiografi	: Bergelombang – agak curam
Lereng	: 15%
Bentuk lereng	: Tunggal
Deskripsi landform	: Gawir Plateu Karst dengan relief yang datar
Curah hujan tahunan	: 1596,1 mm/tahun
Rejim lengas tanah	: Isohipertermik
Suhu udara rata-rata tahunan	: 24.26 °C
Suhu tanah rata-rata tahunan	: 26.75 °C
Bahan induk	: Batu gamping, napal pasiran dan sisipan batu lempung
Landuse	: Tegalan
Vegetasi	: Tebu, Rumpuk gajah.
Drainase	: Sedang
Permeabilitas	: Sedang
Erosi dan sedimentasi	: Sedang
Batuan Permukaan	: Sedikit
Kedalaman Efektif	: 60 cm
Klasifikasi	: Ultic Haplustalf
Epipedon	: Umbrik (0-55cm)
Endopedon	: Argilik (55-101cm)
Ordo	: Alfisols
Sub ordo	: Ustalf
Great group	: Haplustalf
Sub group	: Ultic Haplustalfs
Dideskripsi oleh	: Dewi Nurrohmah Wulansari

Deskripsi Penampang tanah :

Ap -- 0-24 cm; Coklat sangat gelap keabuan (10YR ³/₂), lembab, lempung; struktur remah, sedang, lemah, agak lekat, agak plastis; akar halus banyak, sedang banyak, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; agak masam (pH 5.78); batas baur, lurus beralih ke

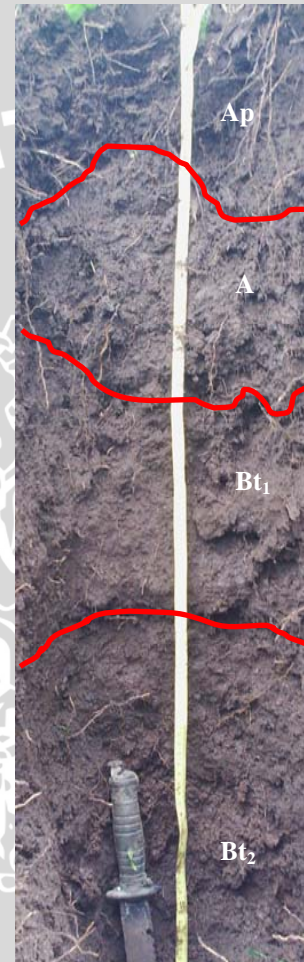
A – 24-55 cm; Coklat sangat gelap keabuan (10YR ³/₂), lembab, lempung; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedang, akar kasar sedikit ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedikit; agak masam (pH 5.78); batas jelas, berombak beralih ke

Bt₁ – 55-101 cm; Coklat kegelapan (10YR ³/₃), lembab, lempung berliat; struktur gumpal bersudut, halus; lemah, lunak; lekat, plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedikit ; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, kasar sedikit; agak masam (pH 5.75); batas baur, berombak beralih ke

Bt₂ – 101-150 cm; Coklat sangat gelap (10YR ²/₂), lembab, liat berdebu; struktur gumpal bersudut, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedang ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedang; agak masam (pH 5.76).

Lampiran 2. Klasifikasi tanah Titik Longsor 4.

Kode Unit Peta	: Gampingan
Lokasi	: dusun Dempok, desa Gampingan, kec.Pagak, kabupaten Malang, prov. Jawa Timur
Latitude	: E 671015 N 9091964
Jenis Pengamatan	: Singkapan
Posisi	: Lereng atas
Ketinggian	: 895 mdpl
Fisiografi	: Miring – berbukit besar
Lereng	: 42%
Bentuk lereng	: Tunggal
Deskripsi landform	: Perbukitan Karst
Curah hujan tahunan	: 1596,1 mm/tahun
Rejim lengas tanah	: Isotermik
Suhu udara rata-rata tahunan	: 24.26 °C
Suhu tanah rata-rata tahunan	: 26.75 °C
Bahan induk	: Tuf kasar batu apung berwarna coklat dan berbutir kasar hingga halus
Landuse	: Hutan Produksi
Vegetasi	: Jati, Rumput Gajah, Pisang, Jagung, semak, perdu
Drainase	: Sedang
Permeabilitas	: Sedang
Erosi dan sedimentasi	: Sangat Tinggi
Batuan Permukaan	: Sedikit
Kedalaman Efektif	: 112 cm
Klasifikasi	: Inceptic Haplustalf
Epipedon	: Umbrik (32-71cm)
Endopedon	: Argilik (71-96cm)
Ordo	: Alfisols
Sub ordo	: Ustalf
Great group	: Haplustalf
Sub group	: Inceptic Haplustalfs
Dideskripsi oleh	: Dewi Nurrohmah Wulansari

Deskripsi Penampang tanah :

Ap -- 0-32cm; Coklat sangat gelap keabuan (10YR ³/₂), lembab, lempung liat berpasir ; struktur remah, sedang, lemah, agak lekat, agak plastis; akar halus, sedang banyak, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; agak masam (pH 5.33); batas baur, berombak beralih ke

A – 32-71cm; Coklat sangat gelap keabuan (10YR ³/₂), lembab, lempung liat berpasir; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedang, akar kasar sedang ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar banyak; agak masam (pH 5.55); batas jelas, berombak beralih ke

Bt₁ – 71-96cm; Coklat sangat gelap (10YR ²/₂), lembab, lempung berliat; struktur gumpal bersudut, halus; lemah, lunak; lekat, plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedikit ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedikit; agak masam (pH 5.55); batas baur, berombak beralih ke

Bt₂ – 96-157cm; Coklat kegelapan (10YR ³/₃), lembab, liat berdebu; struktur gumpal bersudut, halus; lemah, lunak; lekat, agak plastis, akar halus sedang, akar kasar sedang ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar banyak; agak masam (pH 5.45); berbatu besar prosentase 30%

Lampiran 3.

Kode Unit Peta
Lokasi

Latitude

Jenis Pengamatan

Posisi

Ketinggian

Fisiografi

Lereng

Bentuk lereng

Deskripsi landform

Curah hujan tahunan

Rejim lengas tanah

Suhu udara rata-rata tahunan

Suhu tanah rata-rata tahunan

Bahan induk

Landuse

Vegetasi

Drainase

Permeabilitas

Erosi dan sedimentasi

Batuan Permukaan

Kedalaman Efektif

Klasifikasi

Epipedon

Endopedon

Ordo

Sub ordo

Great group

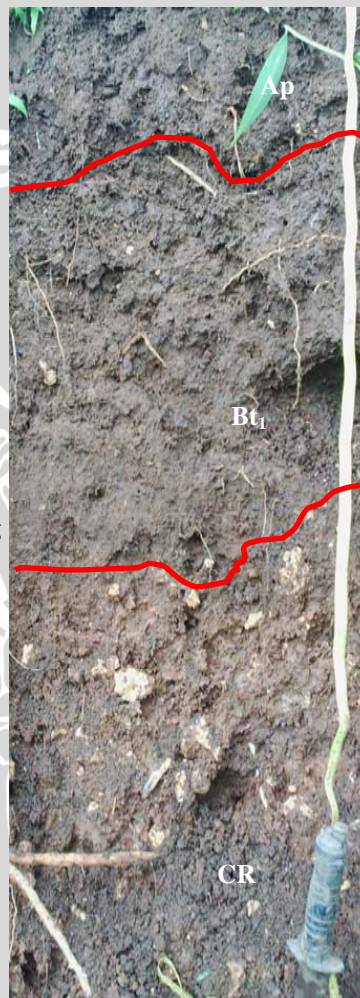
Sub group

Dideskripsi oleh

Klasifikasi Tanah Titik Longsor 5

: Telogorejo
: dusun Banjuurip, desa Telogorejo,
kecamatan Pagak, kabupaten Malang,
prov. Jawa Timur
: E 666756 N 9090916
: Singkapan
: Lereng atas
: 589 mdpl
: Miring - Berbukit
: 30 %
: Tunggal
: Perbukitan Karst
: 1596,1 mm/tahun
: Isohipertermik
: 24.26 °C
: 26.75 °C
: Tuf kasar batu apung berwarna coklat,
berbutir halus-kasar dan napal gamping
: Kebun Campuran
: Jati, Kopi, Pisang, Jagung, Lamtoro.
: Sedang
: Sedang
: Sedang
: 107 cm
: Vertic Haplustalf
: Umbrik (0-27cm)
: Argilik (27-58cm)
: Alfisols
: Ustalf
: Haplustalf
: Vertic Haplustalfs
: Dewi Nurrohmah Wulansari

Deskripsi Penampang tanah :



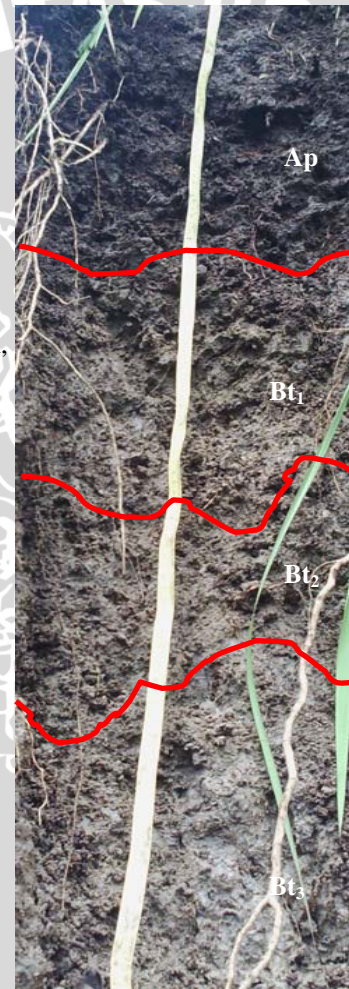
Ap -- 0-27 cm; Coklat kegelapan (10YR ³/₃), lembab, lempung liat berpasir; struktur remah, sedang, lemah, agak lekat, agak plastis; akar halus banyak, sedang banyak, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; netral-agak basa (pH 7.15); batas jelas, berombak beralih ke

Bt₁ – 27-58 cm; coklat gelap kekuningan (10YR ³/₄), lembab, lempung berliat; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, plastis, akar halus sedang, akar kasar sedikit ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedikit; netral (pH 6.74); batas jelas, berombak beralih ke

CR – 58-107 cm; coklat gelap kekuningan (10YR ³/₆), lembab, lempung berliat; struktur gumpal bersudut, halus; lemah, lunak; lekat, plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedang ; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, kasar sedang; netral (pH 6.55), batuan gamping melapuk prosentase 75 %

Lampiran 4.

Kode Unit Peta	: Sempol
Lokasi	: dusun Sempol, desa Sempol, kecamatan Pagak, kabupaten Malang, Prov. Jawa Timur
Latitude	: E 664764 N 9085143
Jenis Pengamatan	: Singkapan
Posisi	: Lereng Atas
Ketinggian	: 715 mdpl
Fisiografi	: Miring - Berbukit
Lereng	: 25 %
Bentuk lereng	: Tunggal
Deskripsi landform	: Dataran Karst dengan bukit-bukit kecil
Curah hujan tahunan	: 1596,1 mm/tahun
Rejim lengas tanah	: Isohipertermik
Suhu udara rata-rata tahunan	: 24.26 °C
Suhu tanah rata-rata tahunan	: 26.75 °C
Bahan induk	: Batu pasir tufan, batu lempung, napal pasiran, batu pasir gamping dan batu lempung hitam.
Landuse	: Kebun Campuran
Vegetasi	: kopi, talas, lamtoro, suren, jagung, ubi kayu.
Drainase	: Sedang
Permeabilitas	: Lambat
Erosi dan sedimentasi	: Sedang
Batuan Permukaan	: Sedikit
Kedalaman Efektif	: 150 cm
Klasifikasi	: Vertic Haplustalf
Epipedon	: Umbrik (0-44 cm)
Endopedon	: Argilik (44-82 cm)
Ordo	: Alfisols
Sub ordo	: Ustalf
Great group	: Haplustalf
Sub group	: Vertic Haplustalfs
Dideskripsi oleh	: Dewi Nurrohmah Wulansari

Klasifikasi Tanah Titik Longsor 6**Deskripsi Penampang tanah :**

Ap -- 0-44cm; Coklat kegelapan (10YR ³/₃), lembab, lempung; struktur remah, sedang, lemah, agak lekat, agak plastis; akar halus banyak, sedang banyak, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; agak masam (pH 5.85); batas jelas, berombak beralih ke

Bt₁ – 44-82cm; Coklat kegelapan (10YR ⁴/₃), lembab, lempung liat berdebu; struktur gumpal membulat, sedang, lemah, lekat, agak plastis; akar halus banyak, sedang sedang, akar kasar banyak; pori halus banyak, sedang biasa, kasar banyak; netral (pH 6); batas baur, berombak beralih ke

Bt₂ – 82-109cm; coklat gelap keabuan (10YR ⁴/₂), lembab, lempung berliat; struktur gumpal membulat, halus; lemah, lunak; lekat, plastis, akar halus sedang, akar kasar sedikit ; pori halus biasa, pori sedang sedang, kasar sedikit; agak masam (pH 5.84); batas baur, berombak beralih ke

Bt₃ – 109-150 cm; coklat sangat gelap keabuan (10YR ²/₂), lembab, liat; struktur gumpal bersudut, halus; lemah, lunak; sangat lekat, sangat plastis, akar halus sedikit, akar kasar sedikit ; pori halus sedikit, pori sedang sedikit, kasar sedikit; agak masam (pH 5.74), lapian liat tersementasi (*Clay Cemented*)

Lampiran 5. Data Pengamatan Parameter Kimia Tanah

Lokasi	Kedalaman (cm)	pH	C organik (%)	BO (%)	KTK (cmol kg ⁻¹)	KB (%)	Komponen Basa-basa			
							K ⁺ (cmol kg ⁻¹)	Na ⁺ (cmol kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (cmol kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (cmol kg ⁻¹)
Gampingan	0-32	5.33	1.53	2.64	46.45	35.59	3.80	9.42	20.45	12.65
	32-71	5.55	1.47	2.53	25.69	63.70	3.51	9.71	18.70	12.72
	71-96	5.65	1.36	2.34	36.33	44.63	3.74	9.44	18.89	11.44
	96-157	5.45	1.29	2.22	39.26	41.28	3.64	9.36	19.19	12.79
Pagak	0 - 24	5.78	0.43	0.75	26.09	31.16	1.37	5.39	6.85	6.85
	24 - 55	5.78	0.42	0.73	23.35	45.91	1.87	6.89	10.31	9.30
	55 - 101	5.75	0.92	1.58	20.58	58.19	1.98	7.65	12.99	10.44
	101 - 150	5.76	0.90	1.54	20.45	57.37	1.75	7.51	12.26	12.53
Tlogorejo	0-27	7.16	1.22	2.11	46.37	28.25	1.45	5.55	32.41	28.58
	27 - 58	6.74	0.49	0.85	39.32	39.61	2.99	8.30	20.37	22.42
	58-107	6.55	1.23	2.11	35.05	47.25	3.13	8.74	26.80	20.04
Sempol	0-44	5.85	0.61	1.06	39.16	38.25	3.16	7.86	25.52	14.03
	44-82	6	0.43	0.74	59.78	22.31	2.44	7.20	15.31	21.70
	82-109	5.89	0.63	1.08	64.27	19.84	2.25	6.70	13.96	24.00
	109-150	5.78	0.75	1.29	72.60	15.36	2.06	5.49	10.94	25.01
Sumberkerto 1	0-40	5.79	1.04	1.80	36.09	35.63	3.34	6.66	14.68	13.91
	40-70	5.63	0.67	1.15	48.88	28.29	2.95	7.91	12.48	17.27
	70-100	5.64	0.62	1.06	56.08	28.74	4.65	8.70	9.39	18.26
Sumberkerto 2	0-40	5.92	0.31	0.53	39.18	34.11	4.06	5.49	17.87	20.17
	40-100	5.83	0.12	0.21	28.97	31.02	1.72	4.70	12.17	13.45
	100-150	5.72	0.25	0.42	34.01	26.11	2.50	3.65	11.93	15.31

Lampiran 6. Data Pengamatan Parameter Fisika Tanah

Lokasi	Kedalaman (cm)	Sebaran Tekstur			Kelas Tekstur	BI (g cm ⁻³)	BJ (g cm ⁻³)	Pori	% Pori	KHJ (cm jam ⁻¹)	Kemantapan Agregat (DMR)	
		% Pasir	% Debu	% Liat							Indeks DMR	Kelas DMR
Gampingan	0-32	34	26	39	Lempung Berliat	0.835	2.42	0.65	65	76.03	2.19	Sangat stabil sekali
	32-71	56	16	27	Lempung Liat Berpasir	0.944	2.465	0.62	62	85.67	4.54	Sangat stabil sekali
	71-96	3	36	61	Liat	0.919	2.495	0.63	63	3.52	3.63	Sangat stabil sekali
	96-157	15	42	42	Liat Berdebu	0.901	2.251	0.60	60	70.86	0.01	Tidak Stabil
Pagak	0 - 24	15	58	27	Lempung Berdebu	0.885	2.51	0.65	65	65.90	0.25	Tidak Stabil
	24 - 55	38	50	13	Lempung	1.120	2.43	0.54	54	80.53	0.11	Tidak Stabil
	55 - 101	23	26	51	Liat	1.015	2.37	0.57	57	15.65	0.07	Tidak Stabil
	101 - 150	18	50	31	Lempung Liat Berdebu	0.984	2.425	0.59	59	78.10	0.26	Tidak Stabil
Tlogorejo	0-27	26	28	46	Lempung Berliat	1.060	2.375	0.55	55	62.84	4.77	Sangat stabil sekali
	27 - 58	15	34	51	Lempung Berliat	1.015	2.37	0.57	57	13.25	4.14	Sangat stabil sekali
	58-107	6	22	72	Liat	1.150	2.13	0.46	46	4.42	4.14	Sangat stabil sekali
Sempol	0-44	19	48	32	Lempung	0.894	2.24	0.60	60	122.29	4.94	Sangat stabil sekali
	44-82	15	61	24	Lempung Liat Berdebu	0.791	2.39	0.67	67	140.68	4.67	Sangat stabil sekali
	82-109	20	28	52	Liat	0.718	2.245	0.68	68	12.35	1.10	Sangat stabil
	109-150	14	31	55	Liat	0.925	2.67	0.65	65	9.45	0.72	Stabil
Sumberkerto 1	0-40	18	36	46	Lempung berliat	0.936	2.35	0.60	60	82.35	3.44	Sangat stabil sekali
	40-70	28	43	29	Lempung	1.043	2.355	0.56	56	99.39	4.41	Sangat stabil sekali
	70-100	21	17	62	Liat	0.804	2.375	0.66	66	18.92	4.75	Sangat stabil sekali
Sumberkerto 2	0-40	33	48	19	Lempung	0.949	2.645	0.64	53	117.07	3.23	Sangat stabil sekali
	40-100	9	3	88	Liat	1.165	2.495	0.53	64	5.30	0.76	Stabil
	100-150	4	50	46	Liat Berdebu	0.963	2.42	0.60	60	179.91	1.68	Sangat stabil

Lampiran 7. Data Curah Hujan Kecamatan Pagak tahun 1999-2008

No	Tahun		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des	Jumlah
1	1999	CH	252	189	232	264	18	-	-	2	12	151	268	154	1542
		HH	18	16	15	13	3			1	1	10	10	14	101
		HM	43	38	35	90	9			2	12	42	95	20	95
2	2000	CH	392	307	275	293	179	61	-	-	-	147	355	189	2198
		HH	21	16	16	17	11	5	-	-	-	9	14	10	119
		HM	58	48	52	58	51	50	-	-	-	351	70	60	351
3	2001	CH	379	290	240	118	92	161	7	-	-	38	204	190	1719
		HH	14	7	16	10	6	8	1	-	-	3	10	10	85
		HM	80	89	41	39	54	85	7	-	-	25	71	63	89
4	2002	CH	427	150	142	171	42	-	-	-	-	-	*	349	1281
		HH	11	8	8	7	2	-	-	-	-	-	*	16	52
		HM	163	64	62	42	38	-	-	-	-	-	*	82	163
5	2003	CH	252	200	178	26	8	-	-	-	-	72	408	224	1368
		HH	13	15	14	3	2	-	-	-	-	3	12	15	77
		HM	65	37	27	15	5	-	-	-	-	35	115	43	115
6	2004	CH	90	256	186	-	72	46	28	-	89	19	203	701	1690
		HH	8	15	11	-	3	2	1	-	1	2	8	14	65
		HM	36	59	93	-	48	38	28	-	89	15	61	175	175
7	2005	CH	187	119	111	174	10	76	91	-	-	232	67	504	1571
		HH	12	8	6	8	1	3	6	-	-	5	5	23	77
		HM	42	37	23	39	10	44	42	-	-	133	24	64	133
8	2006	CH	270	230	310	251	116	-	-	-	-	-	-	194	1371
		HH	17	14	14	14	6	-	-	-	-	-	-	9	74
		HM	60	64	69	51	32	-	-	-	-	-	-	59	69
9	2007	CH	119	296	305	213	103	33	2	-	-	64	155	655	1945
		HH	6	14	14	12	7	2	1	-	-	6	7	19	88
		HM	37	64	78	117	26	24	2	-	-	20	48	110	117
10	2008	CH	30	238	484	94	-	-	-	-	-	44	207	179	1276
		HH	5	15	17	9						3	17	14	80
		HM	13	49	108	17						40	50	39	108

Keterangan :

CH : Jumlah curah hujan dalam 1 bulan (mm)

HH : Jumlah hari hujan dalam 1 bulan (hari)

HM : Curah hujan tertinggi dalam bulan tsb

* : Alat rusak / data belum masuk

- : Tidak ada hujan

Lampiran 8. Data Suhu / Temperatur Udara Kecamatan Pagak tahun 2004-2008.

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2004	24.6	23.9	23.7	23.7	25.7	23.8	23.4	24.7	24.7	24.3	23.6	21.9
2005	25.8	23.8	23.1	24.6	26.8	24.6	23.8	23.8	23.9	24.7	24.7	23.6
2006	23	23.3	24.9	23.2	25.6	25.3	23.6	25.7	24.5	24.4	24.4	21
2007	24.7	22.7	24.7	24.6	27.9	24.7	24.9	23.6	25.7	23.4	24.4	24
2008	24.7	24.6	23.8	23.7	24.5	23.6	25.6	24.5	23.9	23.6	23.6	23.8
Jumlah	122.8	118.3	120.2	119.8	130.5	122	121.3	122.3	122.7	120.4	120.7	114.3
Rata-rata temperatur udara (C)	24.56	23.66	24.04	23.96	26.1	24.4	24.26	24.46	24.54	24.08	24.14	22.86
Rata-rata temperatur tanah (C)	27.06	26.16	26.54	26.46	28.6	26.9	26.76	26.96	26.94	26.58	26.64	25.36

Perhitungan temperature tanah menggunakan metode Braak (1982, dalam Mohr, et al., 1972).

Lokasi profil	Elevasi (mdpl)	b * elevasi	Temperatur tanah (°C)	Rejim Temperatur tanah	Keterangan
Gampingan	895	5.37	20.93	Isotermik	b = 0.006
Pagak	685	4.11	22.19	Isohipertermik	$T = 26,3\text{ }^{\circ}\text{C} - (b * \text{elevasi})$
Telogorejo	589	3.53	22.77	Isohipertermik	26,3 °C adalah rata-rata
Sempol	715	4.29	22.01	Isohipertermik	temperatur pada
Sumberkerto 1	762	4.57	21.73	Isotermik	permukaan laut
Sumberkerto 2	635	3.81	22.49	Isohipertermik	

