



**STUDI MORFOLOGI DAN KLASIFIKASI TANAH PADA TOPOSEKUEN
LERENG TIMUR LAUT GUNUNG KELUD, KABUPATEN MALANG,
JAWA TIMUR**

OLEH :

HAI DAR FARI ADITYA

125040207111019



**JURUSAN TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2017**



**STUDI MORFOLOGI DAN KLASIFIKASI TANAH PADA TOPOSEKUEN
LERENG TIMUR LAUT GUNUNG KELUD, KABUPATEN MALANG,
JAWA TIMUR**

Oleh
Haidar Fari Aditya

125040207111019

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

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

JURUSAN TANAH

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Mei 2017

Haidar Fari Aditya

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul Penelitian : **Studi Morfologi dan Klasifikasi Tanah pada Toposekuen Lereng Timur Laut Gunung Kelud, Kabupaten Malang, Jawa Timur**

Nama : Haidar Fari Aditya

NIM : 125040207111019

Jurusan : Tanah/ Manajemen Sumber Daya Lahan

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Pedologi dan Sistem Informasi Sumber Daya Lahan

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. Ir. Mochtar Lutfi Rayes, M.Sc.

Aditya Nugraha Putra, SP. MP

NIP. 19540505 198003 1 008

NIK. 2016098 91227 1 001

Diketahui

a.n Dekan Fakultas Pertanian

Universitas Brawijaya

Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU,

NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal persetujuan :

RINGKASAN

Haidar Fari Aditya. 125040207111019. Studi Morfologi dan Klasifikasi Tanah Pada Toposekuen Lereng Timut Laut Gunung Kelud Kabupaten Malang Jawa Timur. Di bawah bimbingan Mochtar Lutfi Rayes dan Aditya Nugraha Putra.

Gunung Kelud merupakan gunung berapi aktif yang terletak di tiga Kabupaten di Jawa Timur yaitu Kediri, Blitar dan Malang. Gunung Kelud termasuk gunung api berbentuk stratovolkano dengan tipe letusan eksplosif yang terjadi mulai sekitar 1000 M hingga terakhir pada 2014 M. Letusan pada tahun 2014 yang lalu tentunya akan berdampak khususnya pada lingkungan sekitar seperti karakteristik tanah. Sudarto *et al.* (2015) menginformasikan bahwa tebal abu vulkanik dan material piroklastik lebih banyak tersebar ke arah timur laut dari pusat letusan. Sebaran abu vulkanik dan bahan piroklastik yang tidak merata menyebabkan penambahan material baru di atas permukaan tanah yang tidak sama. Dengan adanya letusan Gunung Kelud 2014 maka tentunya akan ada perubahan sifat-sifat tanah di lokasi tersebut. Perubahan tanah pada lokasi tersebut didominasi oleh bahan vulkanik hasil letusan Gunung Kelud. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik atau sifat morfologi tanah pada lereng Gunung Kelud dan mengetahui perbedaan klasifikasi tanah pada masing-masing sekuen di lereng timur laut Gunung Kelud.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei. Penentuan lokasi pengamatan disesuaikan dengan konsep Grunland (2013) dimana dibagi menjadi 5 bagian yaitu P1 sebagai puncak, P2 sebagai lereng atas, P3 sebagai lereng tengah, P4 sebagai lereng bawah dan P5 sebagai dataran. Pengamatan lapangan yang dilakukan adalah fisiografi dan penggalian profil tanah dengan ukuran 1m x 1m dengan kedalaman 180 hingga 200 cm. Pengambilan sampel tanah untuk analisa kimia (unsur K, Na, Ca, Mg, pH, KTK, dan C-organik) untuk analisa sifat kimia khusus untuk mengetahui adanya sifat tanah Andik (Retensi P, Al dan Fe, pH KCl dan analisa gelas volkan) dan fisika tanah (BI dan tekstur) klasifikasi tanah dilakukan hingga tingkat subgrup.

Hasil penelitian yang didapat dari lereng timur laut Gunung Kelud adalah ditemukannya perbedaan karakteristik morfologi tanah yaitu Susunan horizon (Perbedaan ketebalan), warna, tekstur (Pasir hingga lempung liat berpasir), konsistensi (basah dengan tingkat tidak lekat dan tidak plastis), perbedaan sifat fisik pada bobot isi dengan nilai 0,86 hingga 2,30 g.cm⁻³ di setiap horizon pada P1, P2, P3, P4 dan P5 dan perbedaan sifat kimia adalah pH (masam hingga sangat masam), C-organik (1,30 % hingga 4,74%), KTK (2,22 hingga 14,4 me.100g⁻¹) dan kejenuhan basa (27 hingga 99%). Titik pada P1, P2, P3, P4 dan P5 didapatkan bahwa adanya variasi ketebalan abu vulkanik dari puncak hingga dataran, semakin jauh dari pusat letusan maka semakin sedikit abu vulkanik. Hasil klasifikasi tanah yang di klasifikasikan sampai tingkat subgrup menurut *Soil survey Staff* (2014) di lokasi penelitian adalah P1 dengan klasifikasi tanah Vitrandic Hapludolls, P2 dengan klasifikasi Vitrandic Dystrudepts, P3 dengan klasifikasi Vitrandic Dystrudepts, P4 dengan klasifikasi Vitrandic Hapludolls, dan P5 dengan klasifikasi Typic Endoaquepts.

SUMMARY

Haidar Fari Aditya. 125040207111019. Study of Soil Morphology and Classification of North East Slope Toposequence of Mount Kelud, Malang, East Java. Supervised by Mochtar Lutfi Rayes and Aditya Nugraha Putra.

Mount Kelud is an active volcano located in three districts in East Java, they are Kediri, Blitar and Malang. Mount Kelud is considered as a stratovolcano-shaped volcano with explosive eruption type that began occurring around 1000 AD until the latest recorded eruption was in 2014 AD. The eruption in 2014 would certainly have caused an impact especially on the surrounding environment such as towards soil characteristics. Sudarto *et al.* (2015) declared that the thickness level of volcanic ash and pyroclastic material are more extensively spread to the northeast area of the eruption center. The deployment of volcanic ash and uneven pyroclastic materials causes the addition of new materials on unequal soil surface. With the latest eruption of mount Kelud in 2014 then of course there would be some changes in the soil's characteristics at that location, which are dominated by the existence of volcanic materials resulted from the latest eruption. The aim of this study is to identify the characteristics or properties of soil morphology on the slopes of Mount Kelud and to distinguish the difference of soil classification on each sequence in the northeastern slope of Mount Kelud.

This research used a survey method. The determination of the observation's location was adjusted to the concept of Grunwald (2013) which is divided into 5 parts, i.e. P1 as peak, P2 as the upper slope, P3 as the middle slope, P4 as the lower slope and P5 as the plain. The field observation included physiography and excavation of soil profile with size 1m x 1m with a depth of 180 to 200 cm. Soil sampling for chemical analysis (element K, Na, Ca, Mg, pH, CEC, and C-organic) for chemical properties analysis specifically done to identify the existence of Andik soil properties (Retention P, Al and Fe, pH KCl and volcanic glass analysis) and soil physics (BI and texture) soil classification done up to subgroup level.

The results obtained from the northeastern slopes of Mount Kelud are the discovery of different morphological characteristics of soil i.e. Horizon arrangement (thickness difference), color, texture (Sand to clayish loam), consistency (wet with unclipped level and not plastic), different physical properties on the weight of the content with values from 0.86 to 2.30 g.cm⁻³ in each horizon on P1, P2, P3, P4 and P5 and the difference of chemical properties is on pH (acid to very acid), C-organic (1.30 % To 4.74%), CEC (2.22 to 14.4 me.100g⁻¹) and basic saturation (27 to 99%). From the points on P1, P2, P3, P4 and P5, it is found the variations in the thickness of volcanic ash from the peak to the plateau, the farther the deployment from the center of the eruption, then there could be found less volcanic ash. The results of soil classification which were codified to sub-group level according to Soil Survey Staff (2014) at the research site are P1 with Vitrandic Hapludolls, P2 with Vitrandic Dystrudepts' background, P3 with Vitrandic Dystrudepts' background, P4 with Vitrandic Hapludolls' background, and P5 with Typic Endoaquepts' classification.



KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat mengerjakan penulisan skripsi yang berjudul “Studi Morfologi dan Klasifikasi Tanah pada Toposekuen Lereng Timur Laut Gunung Kelud Kabupaten Malang, Jawa Timur”.

Dukungan dan bimbingan dari banyak pihak sangat menentukan keberhasilan penulis melaksanakan penelitian serta dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan tepat waktu dan tanpa adanya halangan yang berarti. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku Ketua Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
2. Prof. Dr. Ir. Mochtar Lutfi Rayes M.Sc selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian
3. Aditya Nugraha Putra, SP- MP selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan dalam melaksanakan penelitian, memberikan ide-ide dalam penulisan skripsi
4. Semua teman-teman MSDL 2012 FPUB yang sama-sama sedang berjuang melaksanakan kegiatan penelitian.
5. Sahabat-Sahabat yang selalu memberikan dukungan dan motivasi Ahmad Fitrah M, Parlinggoman N, Iqbal R. K, Eber L, Gerry P, Gibran M, Laksono Raditya, dan Syaifullah.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan skripsi ini banyak kekurangan. Oleh karena itu, sumbangan pemikiran, kritik serta saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan skripsi ini sangat diharapkan. Dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pada seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, Mei 2017

Penulis

Haidar Fari Aditya



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Surabaya, Jawa Timur pada 6 Oktober 1993.

Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara keluarga Ir. Adjie Pamudjie, MM. dan

Rukmi Setyawati, SE. Penulis menempuh pendidikan dasar selama 6 tahun di SD Al

Falah Surabaya pada tahun 2000-2006. Dilanjutkan menempuh pendidikan menengah

pertama selama 3 tahun di SMP Muhammadiyah 5 Surabaya pada tahun 2007-2009.

Kemudian melanjutkan menempuh pendidikan menengah atas selama 3 tahun di SMA

Muhammadiyah 2 Surabaya pada tahun 2010-2012. Penulis terdaftar sebagai

mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas

Brawijaya Malang melalui jalur SPMK pada tahun 2012. Selanjutnya pada tahun 2014

penulis masuk ke Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam keanggotaan Paduan Suara

Mahasiswa Universitas Brawijaya (PSM BUSC) untuk suara tenor 2. Penulis juga

pernah mengikuti kepanitian seperti Agro Fair sebagai Sie keamanan pada tahun 2013.

Selanjutnya penulis pernah membantu proyek dari Jurusan Tanah yaitu Proyek UB

Forest dan Team Survei Gunung Kelud 2 pada tahun 2016. Selain itu pada tahun 2015

penulis melaksanakan magang kerja di BBSDLP (Balai Besar Sumber Daya Lahan

Pertanian) Bogor, Jawa Barat.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	1
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tanah	4
2.2. Pembentukan dan Perkembangan Tanah	4
2.3. Geomorfologi	8
2.4. Toposekuen	8
2.5. Hubungan Toposekuen dengan Karakteristik Tanah	10
2.6. Sifat Tanah Andik Bahan Kasar dan Bahan Halus	11
III. METODE PENELITIAN	12
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	13
3.2. Alat dan Bahan	13
3.3. Metode Penelitian	14
3.3.1. Tahap Persiapan	15
3.3.2. Tahap Prasarvei	15
3.3.3. Pembuatan Peta	16
3.3.4. Tahap Pengamatan Lapang	16
3.3.5. Analisa Tanah di Laboratorium	17
3.3.6. Tahap Klasifikasi dan Tahap Pembeda Tanah	18
3.3.7. Tahap Pembuatan Laporan	19
IV. KONDISI UMUM WILAYAH	20
4.1 Geologi	20
4.2 Kondisi Biofisik Lahan	21
4.3 Iklim	24
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
5.1 Karakteristik Morfologi & Sifat Fisik Tanah	27



5.1.1. Susunan Horizon.....	27
5.1.2. Warna.....	29
5.1.3. Struktur.....	31
5.1.4. Konsistensi.....	31
5.2 Sifat Fisik Tanah.....	32
5.2.1. Bobot Isi.....	32
5.2.2. Tekstur Tanah.....	33
5.3. Sifat Kimia Tanah.....	34
5.3.1. pH Tanah.....	34
5.3.2. Karbon Organik.....	36
5.3.3 Susunan Kapasitas Tukar Kation (KTK).....	36
5.4 Klasifikasi Tanah.....	38
5.4.1. Profil Puncak P1.....	38
5.4.2. Profil Lereng Atas P2.....	39
5.4.3. Profil Lereng Tengah P3.....	40
5.4.4. Profil Lereng Bawah P4.....	41
5.4.5. Profil Dataran P5.....	42
5.5 Perbedaan Masing-Masing Klasifikasi Tanah di Lereng Timur Laut.....	42
5.6 Faktor Yang Mempengaruhi Taksa Tanah dan Perkembangan Tanah.....	44
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
6.1 Kesimpulan.....	48
6.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49



DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	14
2.	Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	14
3.	Parameter Pengamatan Tanah Profil Tanah.....	18
4.	Formasi Geologi.....	21
5.	Kondisi Biofisik Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	23
6.	Rejim Suhu Tanah dan Rejim Kelembaban.....	27
7.	Warna Profil Tanah Lereng Timur Laut.....	30
8.	Struktur Pada Setiap Profil Tanah di Lereng Timur Laut.....	33
9.	Konsistensi Tanah Kondisi Lembab Lereng Timur Laut.....	34
10.	Hasil Analisa Bobot Isi (Bulk Density) Lereng Timur Laut.....	35
11.	pH H ₂ O dan pH KCl pada Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	37
12.	Nilai C-Organik pada Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	38
13.	Susunan Kapasitas Tukar Kation & Kejenuhan Basa.....	39
14.	Nilai Kejenuhan Basa Profil P1.....	41
15.	Kandungan Gelas Vulkan P1.....	42
16.	Kandungan Gelas Vulkan Profil 2.....	42
17.	Kandungan Gelas Vulkan Profil 3.....	43
18.	Nilai Kejenuhan Basa Profil 4.....	43
19.	Kandungan Gelas Vulkan Profil 4.....	43
20.	Hasil Klasifikasi Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	45



DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Bagian-bagian dari toposekuen (Grundwal, 2013).....	9
2.	Peta Titik Pengamatan.....	13
3.	Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	17
4.	Rata-rata Curah Hujan 10 Terakhir.....	26
5.	Jumlah Bulan Basah dan Bulan Kering Pada Lokasi Penelitian (jNSM).....	27
6.	Warna Profil Tanah P1 dan P2.....	30
7.	Warna Profil Tanah P3 dan P4.....	30
8.	Warna Profil Tanah P5.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
1.	Hasil Analisa Kimia Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	57
2.	Karakteristik Morfologi dan Sifat Fisik Lereng Timur Laut.....	59
3.	Peta Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	62
4.	Peta Geologi Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	63
5.	Peta Relief Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	64
6.	Peta Penggunaan Lahan Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	65
7.	Peta Bentuk Lahan Lereng Timur Laut Gunung Kelud.....	66



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gunung Kelud merupakan gunung berapi aktif yang terletak di tiga Kabupaten di Jawa Timur yaitu Kediri, Blitar dan Malang. Gunung Kelud termasuk gunung api berbentuk stratovulkano dengan tipe letusan eksplosif yang terjadi mulai sekitar 1000 M hingga 2014. Seperti kebanyakan gunung api lainnya di Pulau Jawa, Gunung Kelud terbentuk akibat proses subduksi lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Kekhasan Gunung Kelud adalah adanya danau kawah yang terbentuk tahun 2007 (selanjutnya diberi nama Putri Kelud) yang kemudian hancur pada letusan besar pada tanggal 13 Februari 2014.

Lereng timur laut Gunung Kelud merupakan wilayah yang terparah akibat terkena letusan Gunung Kelud. Hal tersebut telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh Tim Peneliti dari Jurusan Tanah FP-UB, jatuhnya piroklastik akibat letusan tahun 2014 tidak menyebar merata ke semua arah lereng dari Gunung Kelud. Sudarto *et al.* (2015) menginformasikan bahwa tebal abu vulkanik dan material piroklastik lebih banyak tersebar ke arah timur laut dari pusat letusan. Sebaran abu vulkanik dan bahan piroklastik yang tidak merata menyebabkan penambahan material baru di atas permukaan tanah yang tidak sama.

Hasil erupsi ini mempunyai dampak yang luas terhadap berbagai bidang kehidupan manusia, termasuk didalamnya bidang pertanian, lahan pertanian mendapatkan dampak positif dan negatif yang cukup signifikan karena material erupsi menutupi atau bahkan menghilangkan lahan pertanian dengan tanaman di atasnya.

Walau demikian, erupsi Gunung Kelud dapat pula dimaknai secara positif dalam arti sebagai proses alami yang mencurahkan material-material yang akan bermanfaat bagi kelangsungan pertanian hingga perkembangan tanah yang terkena dampak erupsi.

Tanah merupakan lapisan terluar kulit bumi yang telah mengalami pelapukan dan merupakan salah satu penunjang kehidupan bagi makhluk hidup di bumi. Tanah merupakan media pertumbuhan yang sangat penting karena tanah dapat menyediakan unsur hara dan air. Proses perkembangan tanah dipengaruhi oleh 5 faktor pembentuk tanah yaitu bahan induk, topografi, iklim, organisme, dan waktu. Dalam mempelajari



sifat morfologi suatu tanah perlu memperhatikan faktor pembentuk tanah yang berperan dalam proses pedogenesis. Topografi (relief dan lereng) adalah salah satu faktor pembentuk tanah yang aktif dalam proses pedogenesis.

Dengan adanya letusan Gunung Kelud 2014 maka tentunya akan ada perubahan sifat-sifat tanah di lokasi tersebut. Perubahan tanah pada lokasi tersebut didominasi oleh bahan vulkanik hasil letusan Gunung Kelud, abu vulkanik yang jatuh pada lokasi ini terdiri oleh batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Menurut Rodhian *et al.* (2015) hasil analisis dari tanah dan abu Gunung Kelud menunjukkan kesuburan tanah yang cukup baik dicirikan oleh pH tanah dan abu vulkanik berkisar 5-6 dan tergolong agak masam. Kandungan hara tanah terutama unsur makro P, dan K tergolong tinggi hingga sangat tinggi, sedangkan hara makro sekunder Ca dan Mg tergolong sedang hingga rendah.

Dilihat dari pentingnya peranan tanah dalam kehidupan manusia untuk segala kebutuhan pertanian, maka informasi tanah yang telah diklasifikasikan pada toposekuen lereng timur laut Gunung Kelud sangatlah penting untuk pengolahan tanah yang diutamakan untuk pertanian, maka dari itu diperlukan penelitian untuk mengetahui perbedaan sifat morfologi dan klasifikasi pada toposekuen lereng timur laut Gunung Kelud.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi karakteristik atau sifat morfologi tanah di Lereng Timur Laut Gunung Kelud pasca letusan tahun 2014.
2. Mengetahui perbedaan klasifikasi tanah pada masing-masing sekuen di Lereng Timur Laut Gunung Kelud.

1.3. Manfaat

Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai sifat tanah dan jenis tanah yang terbentuk pada toposekuen lereng Timur Laut Gunung Kelud dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pemanfaatan lahan secara optimal.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan penting dalam ekosistem, diantaranya sebagai pertumbuhan tanaman, habitat binatang yang berada dalam tanah, sistem daur ulang bagi unsur hara serta sistem pasokan dan penyaringan/penjernih air. Tanah dengan berdasarkan konsep pedogenesis juga memiliki arti yang berbeda. Darmawijaya (1990) menyatakan bahwa tanah merupakan akumulasi tubuh alam bebas yang menduduki sebagian besar permukaan bumi, yang memiliki sifat sebagai akibat pengaruh iklim, jasad hidup, serta bahan induk dalam keadaan relief tertentu, dan selama jangka waktu tertentu pula.

Soil Survey Staff (1998) menambahkan bahwa tanah mempunyai horizon-horizon atau lapisan-lapisan yang dapat dibedakan dari bahan asalnya/bahan induk sebagai hasil proses penambahan, kehilangan, pemindahan, dan transformasi material.

Menurut Soil Survey staff (2014) tanah merupakan suatu benda alam yang tersusun dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yang menempati permukaan daratan, menempati ruang, dan dicirikan oleh salah satu atau kedua berikut; horizon-horizon, atau lapisan-lapisan, yang dapat dibedakan dari bahan asalnya sebagai suatu hasil dari proses penambahan, kehilangan, pemindahan dan transformasi energi dan bahan, berkemampuan mendukung tanaman berakar di dalam suatu lingkungan alami.

2.2. Pembentukan dan Perkembangan Tanah

Faktor pembentukan tanah dibedakan menjadi dua golongan yaitu, pembentukan tanah secara pasif dan aktif. Faktor pembentukan tanah merupakan faktor pembentuk yang menjadi sumber massa dan keadaan dengan mempengaruhi massa yang meliputi bahan induk, topografi, waktu dan umur. Sedangkan faktor pembentuk tanah secara aktif adalah faktor yang menghasilkan energi pada massa tanah, yaitu iklim (hidrosfer dan atmosfer) dan makhluk hidup (biosfer).

Notohadiprawiro (2006) menyatakan bahwa proses pembentukan tanah berlangsung dengan berbagai reaksi fisik, kimia, dan biologi. Proses pembentukan



tanah berlangsung dengan tiga tahapan, yaitu: 1) mengubah bahan mentah menjadi bahan induk, 2) mengubah bahan induk menjadi bahan penyusun tanah, dan 3) menyusun bahan penyusun tanah menjadi tubuh tanah.

1. Bahan Induk

Bahan induk merupakan salah satu faktor perubahan bebas dalam pembentukan tanah. Sifat-sifat yang berpengaruh terhadap proses pelapukan batuan menjadi bahan induk adalah tekstur batuan, struktur batuan, tingkat kemasaman, kadar Ca yang dikandung, dan jenis mineral penyusunnya. Bahan induk dapat berasal dari batuan atau akumulasi biomassa mati sebagai bahan mentah. Batuan akan menghasilkan tanah mineral, sedangkan akumulasi biomassa mati akan menghasilkan tanah organik. Sifat dari bahan mentah akan mempengaruhi bahan induk tanah dalam proses pembentukan tanah.

Batuan sebagai bahan dasar pembentuk tanah mengalami proses pelapukan baik secara fisik, kimia maupun biologi sehingga batu-batuan terdesintegrasi menghasilkan bahan induk, selanjutnya pelapukan dan dekomposisi akan mengurai bahan induk tanah yang dapat menjadi tubuh tanah. Pedogenesis yang berbeda menyebabkan variabilitas dalam profil tanah. Profil tanah tersebut menandakan suatu diferensiasi alterasi bahan-bahan tanah yang merupakan indikasi sejarah pedogenesis khusus.

Wilayah Lereng Timur Laut Gunung Kelud merupakan wilayah yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik yang berasal dari kawasan Gunung Api Kelud.

Darmawijaya (1997) menambahkan bahwa semakin besar, homogen dan murni kristal batuan yang terbentuk dari hasil muntahan material (magma) gunungapi, maka semakin lama atau semakin sukar untuk melarutkan dibandingkan dengan kristal kecil, tercampur dan heterogen seperti abu vulkanik atau piroklastik, pasir dan batu apung.

Sehingga proses pembentukan bahan induk tanah akan berjalan lama, maka diperlukan waktu cukup lama untuk profil tanah. Bockheim (2014) menyatakan bahwa bahan induk dapat digunakan untuk mengidentifikasi tiga jenis tanah dalam tingkat ordo berdasarkan klasifikasi tanah versi USDA pada tingkat ordo, yaitu: Histosols (berasal dari bahan organik), Andisols (berasal dari gelas volkan, batu apung (*pumice*), dan



mineral yang baru berkembang), dan ordo Entisols yang berkembang di sekitar alluvial dan material berpasir (fluvents dan psamments). Tanah yang berkembang di Gunung Kelud khususnya di Lereng Timur Laut banyak dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme dengan jenis batuan yang ditemukan adalah batuan andesit dan batu apung (*pumice*).

2. Iklim

Iklim merupakan faktor yang paling aktif dalam proses perkembangan tanah, terutama curah hujan dan temperatur (suhu). Keduanya menentukan reaksi-reaksi kimia dan fisik di dalam tanah. Darmawijaya (1997) mengemukakan bahwa iklim (curah hujan dan suhu) merupakan faktor yang berperan besar dalam proses pelapukan batuan dan proses pedogenesis yang lain. Iklim pada suatu kawasan memberikan fakta yang berbeda di lapangan, bahwa iklim sebagai faktor pembentuk tanah memberikan dampak dalam wilayah yang relatif lebih sempit.

Maroeto dan Arifin (2000) menyatakan bahwa daerah-daerah dengan curah hujan yang cukup tinggi berpengaruh kurang baik terhadap pencucian. Unsur hara dan kation-kation basa akan mudah tercuci, sehingga menyebabkan tanah akan didominasi dengan kation Al^{2+} dan H^{+} . Hal-hal tersebut dapat mempengaruhi kenampakan suatu tanah maupun karakteristik yang dimilikinya.

3. Topografi

Topografi adalah perbedaan tinggi dan bentuk wilayah suatu daerah, termasuk perbedaan kecuraman dan bentuk lereng (Hardjowigeno, 2003). Topografi mempengaruhi perkembangan profil tanah atas tiga hal, yaitu: 1) mempengaruhi jumlah curah hujan yang terserap dan ditahan di dalam tanah, 2) mempengaruhi tingkat perpindahan tanah melalui erosi, dan 3) mempengaruhi gesekan-gesekan bahan-bahan dalam suspensi atau koloid dari suatu tempat ke tempat lainnya. Topografi dapat mempercepat atau memperlambat kegiatan iklim (Brady, 2002).

Pada tanah datar kecepatan pengaliran air lebih kecil daripada tanah yang berombak. Topografi miring meningkatkan berbagai proses erosi air, sehingga membatasi kedalaman solum tanah. Sebaliknya genangan air di dataran dalam waktu lama atau sepanjang tahun dan pengaruh iklim nisbi tidak begitu nampak dalam



perkembangan tanah. Topografi pada Gunung Kelud didominasi oleh daerah berombak, bergelombang, berbukit dan bergunung.

4. Organisme

Organisme memiliki peran yang sangat besar dalam proses pembentukan tanah. pH di daerah vulkanik umumnya bervariasi, itu tergantung dari bahan penyusunnya apakah dari bahan vulkanik *mafik* atau *felsik*. Hal itu menyebabkan organisme yang hidup di daerah vulkanik sangat beragam. Notohadiprawiro (2006) menyatakan bahwa organisme terbagi menjadi dua, yaitu organisme yang hidup di dalam tanah dan di permukaan tanah. Organisme-organisme tanah berperan dalam mengaduk tanah, mempercepat pelapukan zarah-zarah batuan, menjalankan perombakan bahan organik, mencampur bahan organik dengan bahan mineral, membuat lorong dalam tubuh tanah, memindahkan bahan tanah dari satu bagian ke bagian tubuh tanah yang lain. Beberapa peran yang dimiliki oleh organisme tersebut dapat berpengaruh terhadap sifat dan karakteristik yang dimiliki oleh tanah.

5. Waktu

Pembentukan dan perkembangan tanah tidak akan berhenti karena waktu yang terus berjalan. Mineral pada batuan andesit yang berasal dari bahan vulkanik tergolong mineral sulit melapuk karena pada umumnya kandungan kwarsa lebih tinggi dibandingkan batuan karbonat pada daerah karst. Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa proses pembentukan tanah yang terus berjalan, maka bahan induk tanah berubah berturut-turut menjadi tanah muda, tanah dewasa, dan tanah tua.

Batasan tanah disebut sebagai tanah muda, matang dan lanjut adalah menunjukkan tingkat perkembangan profil tanah dalam hubungannya dengan faktor pembentuk tanah. Jika suatu bahan induk adalah faktor lain pembentuk tanah, maka tingkat pertumbuhan tanah akan segera terlihat, yang diwujudkan melalui kenampakan diferensiasi horizon atau perkembangan profil tanah.



2.3. Geomorfologi

Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat alami, penyebaran, dan sejarah landform serta proses-proses pelapukan, erosi dan sedimentasi yang menyebabkan terbentuknya landform tersebut. Ilmu yang mempelajari tentang landform dan interpretasinya sebagai suatu landform. Proses tersebut disebabkan oleh gaya endogenik/hipogenik, eksogenik/epigenik dan ekstra terrestrial.

Marsoedi *et al.* (1997) mengemukakan bentuk lahan yang terbentuk karena aktivitas gunung berapi disebut sebagai bentuk lahan (landform) vulkanik. Bentuk lahan (landform) ini terutama dicirikan adanya bentukan kerucut volkan, aliran lava maupun lahar dan daerah akumulasi bahan vulkanik.

Gunung api Kelud termasuk dalam tipe stratovulkan dengan karakteristik letusan eksplosif. Seperti banyak gunung api lainnya di Pulau Jawa. Gunung Kelud terbentuk akibat proses subduksi lempeng benua Indo – Australia terhadap lempeng Eurasia. Sejak tahun 1300 masehi, gunung ini tercatat aktif meletus dengan rentan waktu yang relatif pendek (9-25 tahun), dan menjadikannya gunung api yang berbahaya bagi manusia. Gunung Kelud memiliki ketinggian 1.731 mdpl. merupakan gunungapi yang berada di Provinsi Jawa Timur. Berada di perbatasan antara Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar dan Kabupaten Malang. Morfologi Gunung Kelud dibagi kedalam 4 bagian yaitu puncak dan kawah (> 1000 mdpl), tubuh gunung api (600-1000 mdpl), kerucut samping dan dataran (< 600 mdpl) Djumarma (1991).

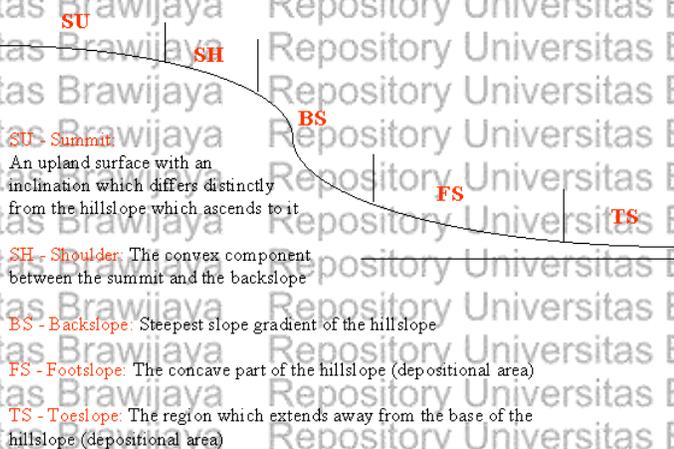
2.4. Toposekuen

Dalam topografi terdapat tiga komponen utama yaitu bentuk lereng, tingkat kecuraman, dan posisi lereng. Perkembangan tanah yang disebabkan terutama oleh pengaruh satu faktor pembentuk tanah (topografi) disebut toposekuen. Konsep inti dari toposekuen adalah mengkaji pengaruh kelerengan dan relief, kaitannya dengan proses perkembangan tanah dengan mempertimbangkan faktor-faktor denudasi dari suatu bentang lahan, seperti erosi dan deposisi dari satu lereng. Gerrard (1981) Menyatakan bahwa toposekuen merupakan suatu sistem yang menunjukkan adanya perbedaan sifat-sifat tanah secara berurutan berdasarkan faktor dan posisi topografi.



Anderson (2005) mengemukakan bahwa karakteristik lereng yang sering digunakan untuk mendeskripsikan lereng atau bagian dari suatu lereng adalah: (1) tingkat kecuraman, (2) panjang lereng, (3) aspek lereng, (4) bentuk lereng, (5) ketinggian, dan (6) posisi pada lereng yang lebih kompleks. Topografi dalam hal ini relief dan lereng berpengaruh terhadap perkembangan tanah, terutama dalam hubungannya dengan erosi tanah. Munir (2001) mengemukakan bahwa topografi berperan aktif dalam mempengaruhi sifat-sifat tanah khususnya dalam satuan sekuen (toposekuen), dimana toposekuen merupakan konsep pendekatan perubahan sifat-sifat tanah karena perbedaan ketinggian.

Poerwowidodo (1991) menambahkan, keutamaan relief pada pembentuk tanah adalah keterkaitan hubungan dengan sifat dari bahan induknya. Hal ini akan mempengaruhi beberapa sifat tanah, antara lain: ketebalan solum, ketebalan dan kandungan bahan organik horizon A, warna tanah, derajat deferensiasi horizon, derajat perkembangan lapisan padas dan kebasahan nisbi profil tanah. Dari uraian diatas dapat dijelaskan bahwa pada bagian-bagian lereng tersebut akan memiliki perbedaan sifat-sifat tanah yang ditunjukkan. Bagian dari toposekuen disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian dari toposekuen (Grundwal, 2013)

Lereng merupakan faktor yang paling mempengaruhi pembentukan tanah pada suatu sekuen, terutama dalam hubungannya dengan erosi. Erosi menyebabkan



pergerakan massa tanah ke bagian lereng bawah, sehingga pada lereng bagian atas pada umumnya memiliki solum yang relatif dangkal. Endapan hasil erosi di bagian lereng bawah membentuk daerah alluvial yang menyebabkan meningkatnya kedalaman solum. Topografi juga dapat mempengaruhi cepat atau lambatnya tingkat pelapukan dari mineral tanah. Nettleton (1968) menyatakan bahwa pelapukan mineral jauh lebih cepat pada posisi lereng bawah dibanding lereng atas. Hal ini disebabkan karena adanya pergerakan air secara lateral, sehingga terjadi perbedaan kelembaban yang dapat mempengaruhi pelapukan.

2.5. Hubungan Toposekuen dengan Karakteristik Tanah

Toposekuen merupakan sekuen perubahan karakteristik tanah karena perbedaan topografi. Hubungan antara topografi dengan jenis-jenis tanah yang ditemukan sangat penting untuk diketahui agar dapat diperkirakan penyebaran berbagai jenis tanah di suatu daerah. Hubungan itu tidak selalu sama, tergantung dari faktor pembentuk tanah yang lain seperti iklim, bahan induk, organisme dan waktu. Brady (2002) telah mengemukakan bahwa topografi dengan konfigurasi dari permukaan tanah dan digambarkan dalam perbedaan ketinggian, lereng, dan lansekap posisi dengan kata lain merupakan awal dari tanah. Pengaturan topografi baik dapat mempercepat atau menghambat kegiatan iklim.

Lereng curam umumnya mendorong penurunan tanah cepat oleh erosi dan memungkinkan curah hujan lebih sedikit untuk memasuki tanah. Di daerah semi kering, efektif curah hujan lebih rendah di lereng-lereng curam dan juga menghasilkan tutupan vegetasi kurang lengkap, jadi ada kontribusi kurang dari tanaman terhadap pembentukan tanah. Oleh karena itu, tanah di daerah curam cenderung profil kurang berkembang dibandingkan dengan daerah puncak atau dataran. Dalam hubungannya dengan toposekuen terhadap karakteristik tanah yang terbentuk, relief dan kelerengan (topografi) memiliki peran yang besar.

Menurut Mulugeta (2010) Topografi mempengaruhi jumlah permukaan limpasan, erosi dan deposisi. Jika erosi menghilangkan tanah dari bahu atau back-lereng daerah bukit-lereng, tanah tipis dan berwarna terang tetap di mana bahan organik



rendah. Tanah yang ditemukan di kaki lereng atau kaki-lereng daerah umumnya menunjukkan kandungan organik yang lebih tinggi dan horizon A- tebal

Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa lereng berpengaruh terhadap warna tanah. Warna tanah biasanya lebih merah di daerah berlereng daripada daerah datar. Di daerah lembah warna cenderung kelabu atau lebih gelap dengan sedikit bercak-bercak merah karena pengaruh genangan yang lebih tinggi.

Menurut Putra *et al.* (2014) hasil penelitian toposekuen di Gunung Arjuno telah mengalami perubahan dalam kurun waktu 20 tahun secara alami maupun akibat campur tangan manusia, dilihat dari perubahan warna, struktur dan ketebalan horizon serta penciri khusus lainnya, sehingga pada beberapa lokasi penelitian di Gunung Arjuno menyebabkan perubahan taksa tanah. Hasil penelitian di Gunung Arjuno telah mengalami perubahan klasifikasi tanah pada lokasi tersebut yaitu Typic Hapludands menjadi Andic Dystrudepts, Andic Hapludolls menjadi Typic Hapludolls, Fluventic Hapludolls masih sama Fluventic Hapludolls, Typic Argiudolls masih sama Typic Argiudolls, dan Anthraquic Hapludalfs menjadi Fragic Oxyaquic Hapludalfs. Faktor utama dalam berubahnya taksa tanah adalah adanya alih guna lahan, erosi dan campur tangan manusia.

2.6. Sifat Tanah Andik Bahan Kasar dan Bahan Halus

Lereng Timur Laut Gunung Kelud merupakan daerah yang tanahnya berbahan induk berasal dari material vulkanik. Tanah yang berasal dari material vulkanik akan menghasilkan ordo Andisol. Andisol merupakan tanah yang memiliki sifat andik dengan ketebalan sebesar 60% atau lebih bila : 1) terdapat dalam 60 cm dari permukaan mineral atau pada permukaan bahan organik dengan sifat andik yang lebih dangkal, jika tidak terdapat kontak densik, litik, atau paralitik, horizon duripan atau horizon perokalsik pada kedalaman tersebut, atau 2) diantara permukaan tanah mineral atau lapisan organik dengan sifat andik, yang lebih dangkal dan kontak densik, litik, atau paralitik, horizon duripan atau horizon petrokalsik (Soil Survey Staff, 2014). Dijelaskan kemudian bahwa persyaratan tanah yang memiliki sifat andik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:



1. Tanah harus mengandung kurang dari 25% (berdasarkan berat) karbon organik, dan memenuhi satu atau lebih sifat berikut:
 2. Seluruh persyaratan berikut
 - a. Nili berat isi pada retensi air 33 kPa adalah 0,90 g/cm³ atau kurang
 - b. Retensi fosfat sebesar 85% atau lebih
 - c. Nilai Al+1/2 Fe adalah 2,0% atau lebih
 3. Seluruh persyaratan berikut:
 - a. Dalam fraksi tanah halus terdapat fraksi partikel dengan ukuran 0,02–2,0 mm sebesar 30% atau lebih
 - b. Retensi fosfat sebesar 25%
 - c. Nilai Al+1/2 adalah 0,4%
 - d. Terdapat gelas volkan sebesar 5%
 - e. [(persentase Al+1/2Fe) dikalikan (15,625)] + [persentase gelas volkan] adalah 36,25 atau lebih

Pada persyarata nomor ke-2 adalah untuk sifat andik berbahan halus, sedangkan pada syarat nomor ke-3 adalah sifat andik berbahan kasar.

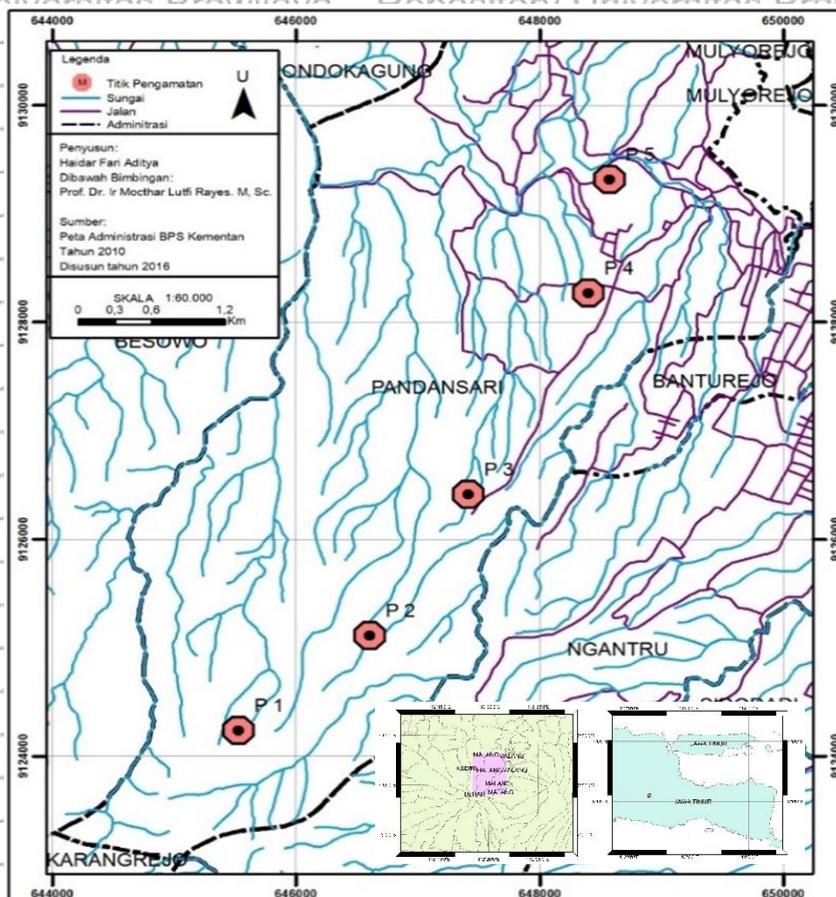


III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1. Lokasi Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di lereng timur laut Gunung Kelud pada bulan Agustus – Februari 2017 lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2 dimana 5 titik tersebut meliputi: P1 adalah puncak, P2 adalah lereng atas, P3 adalah lereng tengah, P4 adalah lereng bawah, dan P5 adalah dataran. Penentuan lokasi pengamatan disesuaikan dengan konsep pembagian bagian lereng oleh Gruwnland (2013) yang mana dibagi menjadi 5 bagian. Penyiapan peta dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan (PSISDL). Analisis kimia dan kimia khusus dan fisika dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Fisika Jurusan Tanah Universitas Brawijaya sedangkan analisis gelas volkan dilakukan di Laboratorium Geofisika di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.



Gambar 2. Peta Titik Pengamatan



3.1.2. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi empat tahap, yaitu; 1) persiapan, 2) survey lapangan, 3) Analisis laboratorium, 4) pengolahan data, jadwal penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Waktu Pelaksanaan
Persiapan	Agustus – Oktober 2016
Survey Lapangan	Oktober – November 2016
Analisa Laboratorium	Desember 2016 – Februari 2017
Pengolahan Data	Februari – April 2017

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk kegiatan survei tanah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Alat	Bahan	Fungsi
1	Komputer	1. Software ArcGIS 10.0 2. Software Global Mapper 3. Peta Geologi 1 : 100000 4. Peta RBI Kabupaten Kediri 5. DEM SRTM	Analisis Landform Pembuatan peta lereng dan relief Analisa Penggunaan Lahan Pembuatan transek dan titik pengamatan
2	Penggalian Tanah Cangkul dan Sekop Sabuk profil, meteran, pisau lapang, botol semprot, <i>Soil Munsell Colour Chart</i> , alat tulis, papan dada, kamera	1. Buku petunjuk teknis pengamatan lapangan 2. Kartu Profil Tanah	Deskripsi profil tanah di lokasi pengamatan
3	Pengamatan Fisiografi GPS (<i>Global Positioning System</i>), Klinometer, kompas		Mengetahui kondisi wilayah penelitian
4	Analisa Laboratorium		



<p>Fisika : Timbangan analitik, Ring volumetric, jangka sorong</p> <p>Kimia : Timbangan analitik, Tabung Elemeyer, gelas elektroda, pH meter</p>	<p>Contoh tanah per horizon dari setiap titik pengamatan (dalam bentuk sampel tanah utuh dan komposit)</p>	<p>Analisis sifat fisika dan sifat kimia</p>
--	--	--

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan prinsip pendekatan analitik, yaitu metode survei menggunakan sistem fisiografi yang didasarkan dari informasi yang berasal dari foto udara dan dikombinasikan dengan informasi lainnya seperti geologi dan administrasi. Penelitian ini dibagi menjadi lima tahap yaitu, tahap persiapan, pengamatan lapangan, analisis laboratorium, klasifikasi tanah dan tahap analisa data.

3.3.1. Tahap Persiapan

Perizinan dibutuhkan dalam setiap kegiatan penelitian. Perizinan bertujuan sebagai dasar dalam akses serta kelancaran dalam kegiatan penelitian. Pembuatan surat izin nantinya ditujukan kepada instansi dan pihak-pihak yang nantinya terkait dengan penelitian

3.3.2. Tahap Prasurevei

Prasurevei merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum survei lapangan. melakukan observasi untuk memperoleh kondisi aktual di lokasi pengamatan. Kegiatan yang dilakukan dalam pra survei adalah untuk penentuan titik pengamatan. Kegiatan pra survei juga dilakukan pengecekan terhadap letak titik pengamatan, kondisi lahan disekitar titik pengamatan, dan mencari aksesibilitas untuk menuju titik pengamatan.

3.3.3. Pembuatan Peta

Peta dijadikan sebagai acuan untuk kegiatan observasi, pengamatan di lapang, baik dalam fisiografis maupun dalam penentuan titik pengamatan. Peta juga dapat membantu sebagai penentuan jenis tanah yang terdapat di lokasi tersebut. Peta-peta yang digunakan dalam penelitian adalah peta administrasi, peta lereng, peta relief, peta elevasi, peta geologi dan peta bentuk lahan dan pembuatan transek penampang melintang untuk Lereng Timur Laut Gunung Kelud.



a. Peta Administrasi

Peta administrasi merupakan peta yang memuat informasi mengenai batas-batas suatu wilayah, beserta informasi adanya jalan dan sungai. Peta administrasi berfungsi sebagai acuan dalam proses survey lapangan, salah satunya sebagai dasar dalam menentukan aksesibilitas menuju titik pengamatan. Bahan dalam pembuatan peta administrasi berasal dari peta RBI Kabupaten Malang. Peta analog dirubah dalam bentuk digital dengan cara *scanning* peta, sehingga diperoleh peta dengan format jpeg. Peta tersebut setelah itu dilakukan proses retriifikasi untuk memberikan koordinat pada peta, serta merubah ke format tiff. Langkah selanjutnya adalah digitasi sesuai dengan batas administrasi lokasi penelitian.

b. Pembuatan Peta Lereng

Peta kelerengan daerah Kecamatan Ngantang dihasilkan dari transformasi *Digital Elevation Model (DEM)*-SRTM resolusi 30 meter. Dalam analisis kemiringan lereng menggunakan *surface analysis* yang berada di dalam *3D analysis* aplikasi ArcGIS 10.0 yang kemudian dilakukan tahap slope. Skala kerja yang digunakan adalah 1:30.000. tujuan pembuatan peta lereng ini untuk mengetahui tingkat kelerengan dan sebaran daerah di Kecamatan Ngantang dengan 7 kelas. Kelas kemiringan terdiri dari 0-3%, 3-8%, 8-15%, 15-25%, 25-40%, 40-60%, >60%. Tersaji pada Lampiran 3.

c. Pembuatan Peta Relief

Peta relief merupakan kenampakan bentuk permukaan bumi yang dapat dilihat berdasarkan faktor kelerengan dan faktor ketinggian. Dalam pembuatan peta relief, yang dilakukan adalah dengan cara *overlay* dan *transparent* peta *hillshade* hasil dari *3D analyst* dan peta lereng setelah itu pengisian *attribute* jenis relief berdasarkan kelas kelerengan dan ketinggian. Tersaji pada Lampiran 5

d. Peta Geologi

Peta geologi merupakan peta yang berisi informasi bahan induk penyusun tanah. Bahan pembuatan peta geologi berasal dari Lembar Geologi Kediri tahun 1992. Lembar geologi tersebut dilakukan proses digitasi sesuai dengan frame pengamatan. Tersaji pada Lampiran 4



e. **Peta Bentuk Lahan**

Dalam pembuatan peta bentuk lahan dilakukan dengan digitasi *Hillshade* yang berasal dari DEM SRTM dengan ukuran pixel 30x30 dalam software ArcGIS 10.0.

Analisa landform juga menggunakan software ArcGIS 10.0 untuk membantu melihat kenampakan lokasi secara 3D dengan melihat kelereng dan relief. Tersaji pada Lampiran 7.

f. **Penentuan Titik Pengamatan**

Pada penelitian ini, terdapat lima titik pengamatan yang digunakan. Titik pengamatan ditentukan berdasarkan komponen topografi, yaitu lereng relief dan ketinggian yang terdapat pada lokasi pengamatan. Berdasarkan komponen topografi tersebut, Lereng Timur Laut Gunung Kelud dikelompokkan menjadi puncak, lereng atas, lereng tengah, lereng bawah dan dataran. Pada setiap titik pengelompokan berdasarkan topografi tersebut, terdapat satu perwakilan yang akan diamati. Garis transek mengikuti punggung bukit yang terbentuk. Titik pengamatan diambil pada satu punggung bukit yang sama. Titik pengamatan disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Penampang melintang Lereng Timur Laut Gunung Kelud



3.3.4. Tahap Pengamatan Lapangan

Tahapan survei lapangan yang dilakukan adalah kegiatan utama dalam penelitian ini. Dengan melalui pendekatan fisiografis menggunakan peta dengan skala 1 : 60.000. Beberapa tahapan dilakukan untuk pengamatan lapangan ialah observasi dengan cara fisiografi lokasi, deskripsi profil tanah dan pengambilan contoh tanah.

Untuk pengamatan fisiografis dan deskripsi tanah dilakukan di lapangan. Dalam melakukan deskripsi profil tanah perlu dibuat lubang profil dengan ukuran 1 m x 1 m, dengan kedalaman profil 180-200 cm. Rayes (2006) mengemukakan beberapa yang dilakukan dalam profil tanah adalah penentuan batas horizon, tebal horizon, tekstur, struktur, konsistensi, kedalaman efektif, jenis dan jumlah pori, serta karakteristik dan penciri lainnya. Dalam kriteria fisiografis yang diamati adalah relief, kelerengan, drainase, permeabilitas, tingkat erosi dan banjir, batuan.

permukaan, sistem pengairan, vegetasi alami, dan kondisi lingkungan sekitar yang lainnya.

Pengambilan contoh tanah dibagi menjadi dua, yaitu terganggu dan tidak terganggu. Sampel tanah terganggu digunakan untuk analisis laboratorium fisik dan kimia. Sampel tanah tidak terganggu, yaitu sampel ring. Sampel terganggu dan tidak terganggu diambil dari seluruh horizon. Sampel ini digunakan untuk Analisis fisik seperti BI dan tesktur. Pengambilan contoh tanah didasarkan pada buku Deskripsi Profil di Lapangan (Rayes, 2006) dan Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah Balai Penelitian Tanah (Puslittanak, 2004).

3.3.5. Analisis Tanah di Laboratorium

Berikut disajikan parameter pengamatan tanah dan metode analisis laboratorium pada Tabel 3.



Tabel 3. Parameter Pengamatan Tanah Profil Tanah

No.	Jenis Analisis	Metode
1.	Analisis Dasar Sifat Fisik Tanah:	
	- Tekstur	Pipet
	- BI	Ring Volumetri
2.	Analisis Dasar Sifat Kimia Tanah:	
	- K, Na	Flamephotometer
	- Ca, Mg	Titrasi EDTA
	- KTK	Kjeldahl
	- Kejenuhan Basa	$\sum (Ca, Mg, K, Na)/KTK \times 100\%$
	- pH (H ₂ O dan KCl)	Elektrode glas Rasio 1:1
	- C-Organik	Walkey and Black
3.	Analisis Khusus:	
	- pH NaF	Elektrode glas Rasio 1:50
	- Retensi P	Blackmore
	- Al dan Fe larut asam oksalat	McKeague
	- Gelas Vulkan	Line Counting

3.3.6. Tahap Analisis dan Olah Data

Tahapan analisis dan olah data merupakan tahapan akhir untuk dibentuk sebuah laporan dimana ada beberapa serangkaian yaitu data pengamatan lapang dan data analisis laboratorium di tabulasi dan di analisis. Serta dilakukan pengecekan kembali agar tidak terjadi kesalahan di dalam sebuah laporan tersebut

3.3.7. Tahap Klasifikasi Tanah dan Tahapan Membedakan Tanah

Tahapan ini merupakan tahap pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang diklasifikasikan dengan menggunakan sistem klasifikasi tanah yang dibuat oleh Departemen Amerika Serikat (USDA). Pedoman yang digunakan dalam klasifikasi ini adalah dengan menggunakan *Keys to Soil Taxonomy* (Kunci Taksonomi Tanah) tahun 2014. Tanah dari masing-masing titik diklasifikasikan sampai dengan tingkat Sub-Grup. Menurut Hardjowigeno (1993) Pada dasarnya tahap untuk membedakan tanah yang diklasifikasi dimulai dari:

- Ordo* : Terdiri dari 11 taksa. Faktor pembeda adalah ada tidaknya horison penciri serta jenis (sifat) dari horison penciri tersebut
- Subordo* : Terdiri dari 58 taksa. Faktor pembeda adalah keseragaman genetik, misalnya ada tidaknya sifat-sifat tanah yang berhubungan dengan pengaruh



air, rejim kelembaban, bahan induk utama, pengaruh vegetasi seperti adanya sifat-sifat tanah tertentu.

c) *Great group* : Pada waktu ini dikenal lebih 250 taksa. Faktor pembedanya adalah kesamaan jenis, tingkat perkembangan dan susunan horison, kejenuhan basa, regim suhu dan kelembaban, ada tidaknya lapisan-lapisan penciri lain seperti plintit, fragipan, duripan.

d) *Sub group* : jumlah taksa masih terus bertambah. Faktor pembeda terdiri dari sifat-sifat inti dari great group (subgroup Typic); sifat-sifat tanah peralihan ke great group lain, subordo atau ordo; sifat-sifat tanah peralihan ke bukan tanah.

e) *Famili* : jumlah taksa tanah dalam famili uga masih terus bertambah. Faktor pembedanya adalah sifat-sifat tanah yang penting untuk pertanian atau *engineering*. Sifat-sifat pembedanya adalah; sebaran besar butir, susunan mineral (liat), rejim temperatur pada kedalaman 50 cm

f) *Seri* : Faktor pembedanya adalah susunan horison, warna, tesktur, struktur, konsistensi, reaksi tanah dari masing-masing horison, sifat-sifat kimia dan mineral pada masing-masing horison

3.3.8. Tahap Pembuatan Laporan

Tahapan ini merupakan tahap penulisan laporan untuk dibentuk sebuah skripsi dimana hasil tabulasi data dan hasil klasifikasi dijadikan satu hingga menjadi sebuah data hasil klasifikasi dan hasil analisa laboratorium fisika dan kimia. Setelah itu dilakukan pengecekan pada hasilnya agar tidak ada kesalahan dalam penulisan dan laporan

IV. KONDISI UMUM WILAYAH

4.1. Geologi

Lokasi penelitian yang berada di Lereng Timur Laut Gunung Kelud sebagian besar terbentuk dari aktivitas vulkanik. Aktivitas yang berpengaruh berasal dari aktivitas Gunung api yang sering meletus di lokasi tersebut. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Kediri (Santosa & Atmawinata 1992). Tanah di lokasi penelitian pada bagian atas terbentuk dari Gunung Api Kelud Muda (Qvk). Material penyusunnya adalah Lava, breksi tuf, aglomerat, tuf dan lahar. Sebagian lokasi bawah terbentuk dari hasil batuan gunung api kuartar atas (Qv), dengan material penyusunnya adalah breksi gunungapi, tuf breksi, lava dan tuff pada Lampiran 3. Formasi geologi lokasi penelitian disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Formasi Geologi

Kode Profil	Formasi Geologi	Keterangan
P1	Qvk	Lava, breksi tuff, aglomerat, tuf dan lahar
P2	Qvk	Lava, breksi tuff, aglomerat, tuf dan lahar
P3	Qpvp	Lava andesit, breksi dan tuf
P4	Qpvk	Lava, breksi gunungapi, tuff breksi, tuf dan lahar
P5	Qv	Breksi gunungapi, tuff breksi, lava dan tuff

Lembar Geologi Kabupaten Kediri (1992)

4.2. Kondisi Biofisik Lahan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, terdapat perbedaan kondisi biofisik lahan di Lereng Timur Laut Gunung Kelud mulai dari atas sampai bawah. Pada P1 berada pada posisi puncak, P2 berada di lereng bagian atas, P3 berada di lereng bagian tengah, P4 berada di lereng bagian bawah dan P5 yang berada di dataran vulkanik dapat dilihat pada Gambar 4. Masing-masing lokasi memiliki kondisi biofisik lahan yang berbeda-beda. Kondisi biofisik lahan Lereng Timur Laut Gunung Kelud secara ringkas disajikan dalam Tabel 5. Peta penggunaan lahan tersaji dalam Lampiran 6

Tabel 5. Kondisi Biofisik Lereng Timur Laut Gunung Kelud

Kode Profil	Fisiografi	Elevasi (mdpl)	Lereng (%)	Penggunaan Lahan	Aliran Permukaan	Erosi	Permeabilitas	Drainase Alami
P1	Puncak	1240	58 %	Semak dan belukar	sedang	Sedang (alur)	Agak Cepat	Sedang
P2	Lereng Atas	1085	46 %	Semak dan belukar	sedang	Sedang (alur) Selokan (berat)	Agak cepat	Sedang
P3	Lereng Tengah	973	38 %	Semak	sedang	Sedang (alur) Berat (selokan)	Agak cepat	Sedang
P4	Lereng Bawah	791	9 %	Mahoni dan semak	Agak lambat	Ringan (permukaan)	Agak cepat	Sedang
P5	Dataran	655	3 %	Sawah dan lahan jagung	Agak lambat	Ringan (permukaan)	Agak cepat	Sedang



Profil P1, berada pada posisi puncak dengan ketinggian 1240 mdpl dan tingkat kemiringan lereng 58%. Jenis penggunaan lahan pada P1 adalah semak dan belukar, dengan vegetasi dominan semak dan vegetasi lainnya adalah tanaman anggrung. Pada lokasi ini tidak terdapat pengolahan lahan. Hal tersebut dapat dilihat dari banyaknya semak dan tanaman liar lainnya di sekitar lokasi. Lokasi ini memiliki erosi sedang (alur), drainase alami agak cepat, permeabilitas sedang dan aliran permukaan sedang.

Profil P2, berada pada posisi lereng atas dengan ketinggian 1085 mdpl dan tingkat kemiringan 46%. Jenis penggunaan lahan pada lokasi ini adalah semak belukar, dengan vegetasi yang dominan adalah rumput gajah dan vegetasi lainnya adalah semak. Pada lokasi ini tidak terdapat pengolahan lahan. Lokasi ini memiliki erosi sedang (alur) dan selokan dengan tingkat berat, drainase alami agak cepat, permeabilitas sedang dan aliran permukaan sedang.

Profil P3, berada di lereng bagian tengah dengan ketinggian 973 mdpl dan kemiringan 38%. Jenis penggunaan lahan pada lokasi tersebut adalah semak, belum terdapat pengolahan lahan dilokasi tersebut. Lokasi ini memiliki erosi alur sedang dan selokan dengan tingkat berat, permeabilitas sedang, drainase alami agak cepat, aliran permukaan sedang.

Profil P4, berada pada posisi lereng bagian bawah dengan ketinggian 791% dan tingkat kemiringan 9%. Jenis penggunaan lahan pada lokasi ini adalah kebun. Vegetasi yang dominan adalah mahoni, serta vegetasi lainnya adalah semak sebagai tumbuhan bawah. Lokasi ini memiliki aliran permukaan agak lambat, erosi ringan (permukaan), permeabilitas lambat dan drainase alami agak cepat.

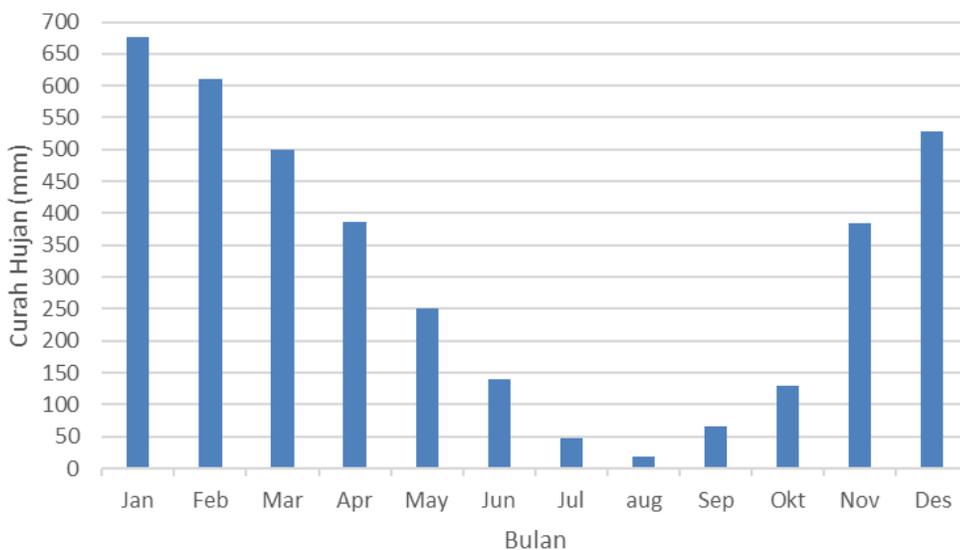
Profil P5, berada pada posisi dataran dengan ketinggian 655 mdpl dan tingkat kemiringan 3%. Jenis penggunaan lahan pada lokasi ini adalah sawah. Vegetasi dominan adalah tanaman jagung dan vegetasi lainnya rumput gajah. Pada lokasi ini terdapat pengolahan lahan yang cukup intensif. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya pembuatan gundukan dan adanya bekas pupuk yang diberikan. Lokasi ini memiliki aliran permukaan agak lambat, erosi ringan (permukaan), permeabilitas lambat, dan drainase alami yang baik.



Berdasarkan data biofisik, diketahui bahwa setiap perbedaan ketinggian dan kelerengan, memiliki macam penggunaan lahan. Topografi berpengaruh pada kelerengan di suatu tempat, sehingga menyebabkan perbedaan jenis tanaman dan Semakin tinggi tempat, maka semakin curam juga kelerengan tersebut sehingga pada wilayah P1 tidak memungkinkan untuk tanaman budidaya dengan tingkat kelerengan 58%. Pada lokasi P2 dan P3 adalah semak dan belukar sedangkan di bagian P4 dan P5 adalah mahoni dan tanaman jagung. Faktor tingkat kelerengan berpengaruh pada limpasan permukaan erosi di suatu tempat

4.3. Iklim

Data iklim lokasi penelitian diperoleh dari Stasiun Klimatologi yang berada di Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Letak Stasiun Klimatologi Ngantang berada pada ketinggian 643 mdpl. Data iklim yang digunakan adalah data iklim 10 tahun terakhir (2007-2016). Pada penelitian ini, data iklim diolah menggunakan *Software Java Newhall Simulation Model* Wanbake (2000) untuk menentukan rejim kelembaban tanah dan rejim suhu tanah lokasi penelitian. Data curah hujan lokasi penelitian disajikan pada Gambar 4. Sedangkan jumlah bulan-basah dan bulan kering disajikan pada Gambar 5.

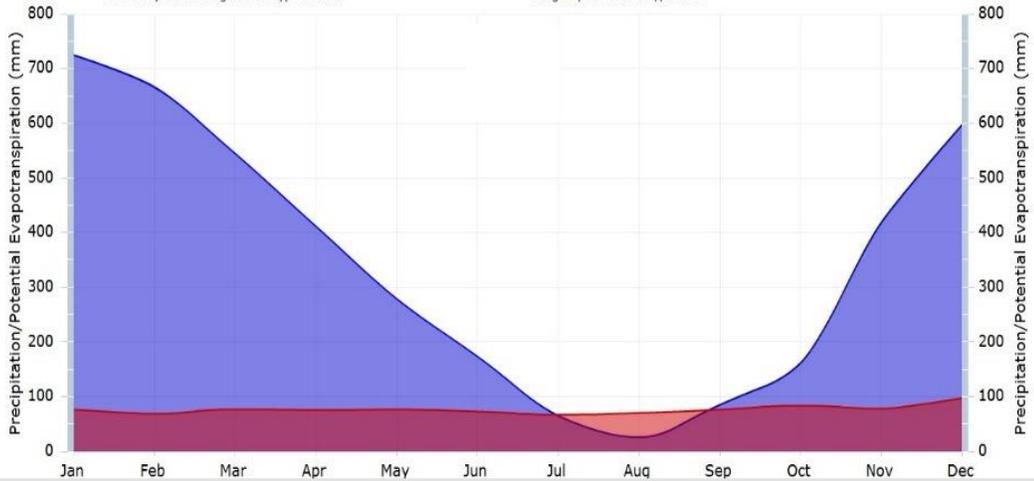


Gambar 4. Rata-rata Curah Hujan 10 Terakhir



Station: Kaumrejo/Ngantang
 Station ID: 35072702a
 Period of Record: 2007 - 2016
 Period Type: normal
 Mean Annual Precipitation: 4151 mm
 Soil Temperature Regime: Isohythermic

Latitude: 7.0°
 Longitude: 112.0°
 Elevation: 643 m
 Waterholding Capacity: 200 mm
 Soil Moisture Regime: Udic
 Subgroup Modifier*: Typic Udic



Gambar 5. Jumlah Bulan Basah dan Bulan Kering Pada Lokasi Penelitian (JNSM)

Data suhu yang diambil dari Stasiun Ngantang kurang mewakili untuk keseluruhan titik pengamatan. Setiap perbedaan ketinggian, memiliki nilai suhu yang berbeda, maka nilai suhu akan semakin menurun. Berdasarkan Braak, 1928 (dalam Rayes, 2007) data suhu diolah menggunakan persamaan berikut:

$$T = 26,3^{\circ}\text{C} - 0,006h$$

Keterangan:

T = Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

H = Ketinggian tempat dalam hectometer (100 meter)

26,3 $^{\circ}\text{C}$ merupakan temperatur rata-rata tahunan permukaan laut

Perbedaan ketinggian akan memiliki nilai suhu yang berbeda, dari persamaan Braak (1928) rejim suhu tanah dan rejim kelembaban telah ditentukan perbedaan suhu pada setiap ketinggian di Lereng Timur Laut Gunung Kelud yang disajikan pada Tabel



Tabel 6. Rejim Suhu Tanah dan Rejim Kelembaban

Titik	Elevasi (mdpl)	Suhu Udara (Braak)	Suhu Tanah (°C)	Rejim Suhu Tanah	Rejim Kelembaban Tanah
P1	1240	18.86	21.36	Isotermik	Udik
P2	1085	19.79	22.29	Isohipertermik	Udik
P3	973	20.46	22.96	Isohipertermik	Udik
P4	791	21.55	24.05	Isohipertermik	Udik
P5	655	22.37	24.87	Isohipertermik	Udik

Lokasi penelitian ini memiliki 11 bulan basah dan 1 bulan kering. Berdasarkan Soil Survey Staff (2014). Tanah dilokasi penelitian ini dimasukan dalam rejim kelembaban Udik, karena penampang kontrol kelembaban tanah tidak ada bagian yang kering selama 90 hari kumulatif dalam tahun-tahun normal. Tanah tanah P1 memiliki rejim suhu tanah Isotermik karena suhu tanah tahunan rata-rata adalah 15°C atau lebih tinggi, tetapi lebih rendah dari 22°C. pada lokasi P2, P3, P4, P5 memiliki rejim suhu tanah Isohipertermik karena suhu tanah tahunan rata-rata adalah 22°C atau lebih tinggi.



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Karakteristik Morfologi & Sifat Fisik Tanah

Sifat morfologi tanah dapat diamati pada profil tanah di lapangan, beberapa sifat morfologi yang diamati adalah susunan horizon, warna, struktur, dan konsistensi.

Ringkasan karakteristik morfologi dan sifat fisik tanah disajikan pada Lampiran 2.

5.1.1. Susunan horizon

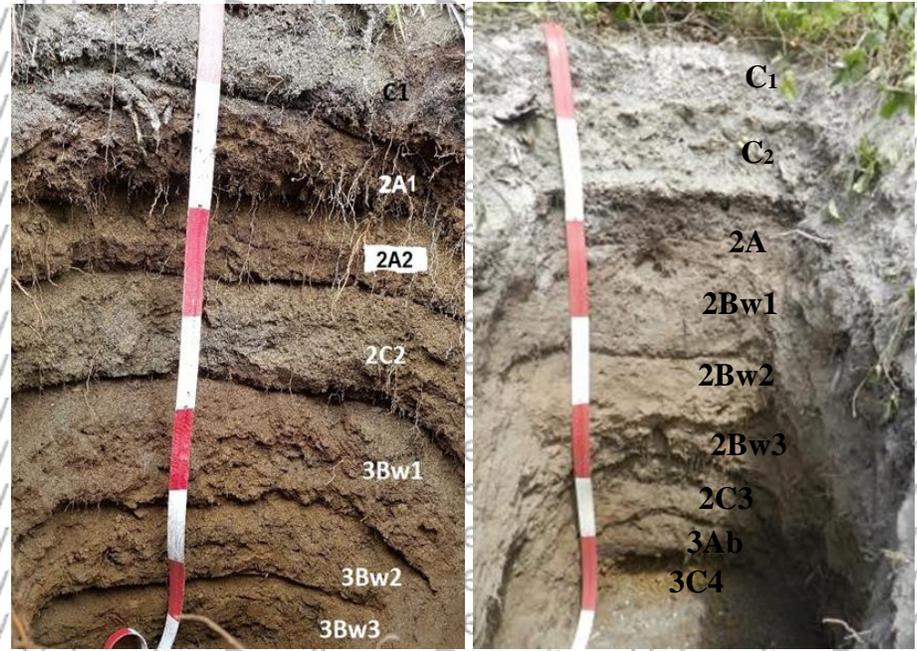
Morfologi tanah di daerah penelitian memperlihatkan ciri-ciri dari tanah yang berkembang dari abu vulkanik muda dengan adanya diskontinuitas litologi, dengan adanya penambahan bahan-bahan vulkan dari Gunung Kelud yang berulang pada periode yang berbeda. Penampang profil di lereng timur laut Gunung Kelud menunjukkan susunan horizon/lapisan C, 2A, 2Bw, 2C dan 3A (Gambar 6, 7, dan 8) selengkapnya tersaji dalam Lampiran 2. Terdapatnya penambahan horizon C di permukaan disebabkan oleh material piroklastik dari abu vulkanik dari letusan Kelud 2014. Ketebalan lapisan C pada lereng timur laut bervariasi antara 10 hingga 32 cm.

Ketebalan lapisan C (C1 dan C2) di lereng timur laut semakin menurun dengan elevasi yang semakin rendah, namun pada P1 mempunyai lapisan C lebih tipis (24 cm) dibandingkan dengan P2 (32 cm). hal ini diduga disebabkan pengamatan P1 dilakukan di akhir tahun 2016 sedangkan pengamatan pada P2 dilakukan di tahun 2015. Selama rentang waktu tersebut, lapisan C terus mengalami perubahan terutama oleh faktor topografi dan iklim. Tingkat ketererangan yang tinggi membuat lapisan permukaan yang tebal berangsur menipis karena material yang terus berpindah ke tempat yang lebih rendah.

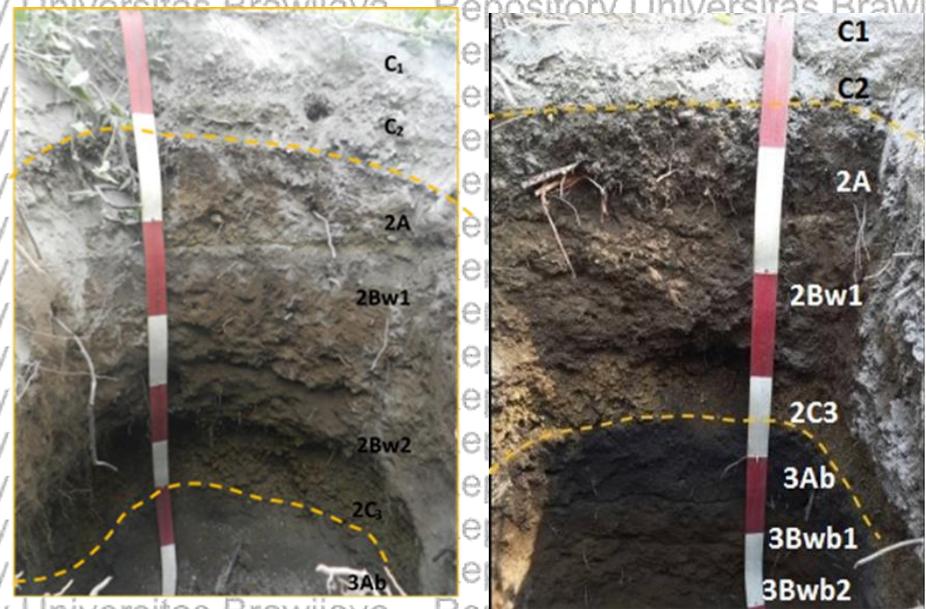
Lahan budidaya mempunyai horizon Ap yang telah mengindikasikan telah terjadi pengolahan pada horizon permukaan. Terbukti pada P5 memiliki penggunaan lahan sebagai budidaya jagung. Penampang profil P5 terdapat kongkresi dengan keberadaan gejala *redoxi morfic feature* (RMF) sehingga terdapat penambahan imbuhan (*Suffix*) "g" pada penamaan horizon genetik. Gejala tersebut disebabkan tanah pada lahan tersebut digunakan untuk budidaya lahan basah sehingga terjadi proses reduksi-



oksidasi. Terdapat kontak dengan air pada profil P5 pada kedalaman ± 100 cm dibawah permukaan.

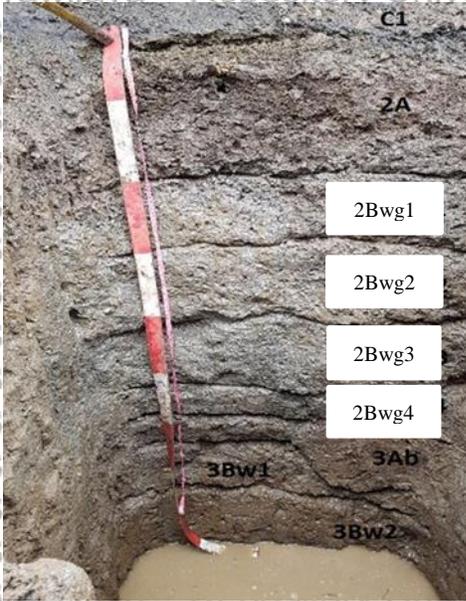


Gambar 6. a). Susunan Horizon Puncak (P1) dan b). Susunan Horizon Lereng Atas (P2) Sudarto *et. Al.* (2014)





Gambar 7. a). Susunan Horizon Lereng Tengah (P3) dan b). Susunan Horizon Lereng Bawah (P4) Sudarto *et al.* (2014)



Gambar 8. Susunan Horizon Dataran (P5)

5.1.2. Warna

Warna merupakan sifat morfologi yang paling jelas dilihat perbedaannya dan dapat juga digunakan untuk menentukan batas horizon tanah. Berdasarkan pengamatan di lapangan terdapat berbagai variasi warna pada profil P1, P2, P3, P4 dan P5 disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Warna Profil Tanah Lereng Timur Laut

Lapisan / Horizon	P1	P2	P3	P4	P5
1	2.5 Y 4/1	2.5 Y 6/1	2.5 Y 6/1	2.5 Y 6/1	2.5 Y 6/1
2	10 YR 3/3	2.5 Y 4/1	2.5 Y 4/1	2.5 Y 4/1	10 YR 4/2
3	10 YR 3/2	10 YR 3/2	10 YR 3/2	10 YR 3/3	10 YR 6/1
4	10 YR 5/2	10 YR 4/2	10 YR 6/3	10 YR 5/3	10 YR 6/1
5	10 YR 4/4	10 YR 4/3	10 YR 4/3	2.5 YR 5/4	10 YR 5/1
6	10 YR 4/4	10 YR 5/3	7.5 YR 5/6	10 YR 2/2	10 YR 5/1
7	10 YR 5/4	10 YR 4/3	10 YR 3/3	10 YR 3/2	10 YR 4/1
8		10 YR 3/3		10 YR 3/2	10 YR 4/2
9		7.5 YR 5/6			10 YR 4/3



Setiap profil tanah yang dijumpai memiliki timbunan abu vulkanik hasil erupsi pada tahun 2014 dengan ketebalan yang berbeda-beda (Horizon C) yang berwarna abu-abu muda hingga abu-abu tua (2.5 Y 4/1 – 2.5 Y 6/1). Pada profil P1 pada horizon 2A memiliki warna coklat (10 YR 3/3) dan (10 YR 3/2) sedangkan dibawahnya merupakan bahan induk dari letusan sebelumnya yang baru mengalami proses pedogenesis dengan warna coklat ke abu-abuan (10 YR 5/2). Warna menjadi gelap pada horizon 3Bw1 hingga 3Bw2 (10 YR 4/4) dan dilapisan horizon kembali menjadi lebih terang di 3Bw3 (10 YR 5/4). Pada profil tanah P2 dan P3 memiliki warna coklat pada 2A (10 YR 3/2) hingga (10 YR 3/3) selanjutnya di horizon 2Bw terjadi braunifikasi hingga kembali menjadi terang di horizon 2Bw3 (10 YR 5/3), dibawahnya (Horizon C) merupakan tanah asli yang memiliki warna (10 YR 4/3) dengan bertambahnya kedalaman, warna tanah berkembang menjadi lebih terang *value* dan *chroma* yang lebih tinggi. Kembali gelap ketika terdapat horizon A tertimbun. Perbedaan warna pada setiap profil horizon diduga karena pada horizon C tanah belum melapuk dan masih berupa material abu vulkanik, sedangkan pada horizon 2A masih berupa tanah yang baru berkembang dan masih menunjukkan bahan induknya tetapi sudah tertutup oleh lapisan baru diatasnya (C) pada horizon 3Ab (Horizon tertimbun) masih merupakan warna asli dari bahan induknya. Team Kelud (2014) menginformasikan bahwa warna tanah pada horizon C adalah tanah yang belum mengalami proses genesis karena masih menunjukkan warna abu-abu yang merupakan horizon terbaru akibat letusan Gunung Kelud 2014 dan warna tanah pada 3Ab masih memiliki warna asli dari bahan induknya.

Profil P4 pada horizon telah terjadi proses pembentukan warna hitam pada tanah (melanisasi) membentuk warna coklat gelap (10 YR 3/3). Putra *et al.* (2015) menjelaskan bahwa proses melanisasi mengubah warna tanah menjadi warna gelap yang disebabkan oleh deposit mineral tanah yang bercampur dengan bahan organik atau humus. Warna gelap merupakan ciri dari horizon A dan berkembang menjadi lebih terang di bagian bawahnya (horizon Bw) dan kembali gelap ketika ditemukan horizon A tertimbun di bagian bawah. Selanjutnya, horizon dibawah-bawahnya telah mengalami proses braunifikasi (2Bw1, 3Bwb1, dan 3Bwb2) dengan warna 10 YR 5/3, 10 YR 3/2 dan 10 YR 3/2. Pada horizon 2C masih dipengaruhi oleh bahan induknya



dengan warna 2.5 YR 5/4. Profil P5 memiliki warna *value* yang tinggi (4-6) namun dengan warna *value* yang tinggi profil P5 memiliki warna *chroma* yang rendah (1) hingga horizon ke 7 dengan kedalaman hingga 132 cm. Menurut *Soil Survey Staff* (2014) hal ini merupakan indikasi bahwa tanah mengalami kondisi akuik dengan saturasi antrik.

5.1.3. Struktur

Secara keseluruhan struktur yang terbentuk di lokasi penelitian memiliki tingkat perkembangan yang lemah dan cukup. semakin menurunnya lokasi pengamatan maka tingkat perkembangan struktur semakin meningkat. Pada keseluruhan profil, pada horizon C didominasi oleh kerikil (pumice) dan memiliki struktur tanah remah dan butiran tunggal (*single grain*), sedangkan di horizon C lapisan bawah masih berupa fragmental. Hal tersebut disebabkan oleh tingkat pelapukan yang masih sangat lemah. Struktur gumpal membulat dengan ukuran halus berada di horizon A dan sebagian di horizon Bw. Hasil dari pengamatan struktur disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Struktur Pada Setiap Profil Tanah di Lereng Timur Laut

Lapisan / Horizon	P1	P2	P3	P4	P5
1	R, K, L	Kerikil	Kerikil	SG	SG
2	R, H, C	R, K, C	SG	SG	GM, H, L
3	R, H, C	GM, H, L	GM, H, L	GM, H, L	GM, H, L
4	R, S, C	Sg, H, L	GM, H, L	GM, H, L	GM, H, L
5	R, H, C	GM, H, L	Sg, H, L	F	GM, H, L
6	R, H, C	GM, H, L	F	GM, H, L	GM, H, L
7	R, H, L	Sg, H, L	GM, H, L	GM, H, L	GB, H, L
8	-	Sg, gm, H	-	GM, H, L	GB, H, L
9	-	F	-	-	GB, H, L

Keterangan: R=remah, K=kasar, H-halus, C=cukup, S=sedang, L=lemah, Sg=Single grain, Gb=gumpal bersudut, GM=gumpal membulat, F=Fragmental.

Dapat dilihat pada tabel diatas pada P5 dengan penggunaan lahan sawah dan lahan jagung adalah yang memiliki tingkat perkembangan tanah cukup hingga kuat. Dengan bentuk gumpal membulat hingga semakin dalam menjadi gumpal bersudut Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian Kurniati (2016) menyebutkan bahwa pada



beberapa jenis tanah di lahan kering memiliki struktur tanah remah di permukaan dan berkembang menjadi gumpal membulat di horizon bawahnya. Sedangkan pada lahan yang disawahkan pada umumnya memiliki struktur tanah masif. Di lokasi penelitian, lahan sawah memiliki struktur tanah gumpal membulat hingga gumpal bersudut. Struktur tanah masih belum berubah menjadi masif diduga karena tanah masih belum berkembang lanjut.

5.1.4. Konsistensi

Tanah di lokasi penelitian memiliki konsistensi lemah hingga sangat teguh, namun didominasi oleh sangat gembur pada beberapa lokasi penelitian, konsistensi gembur disebabkan oleh perkembangan perakaran dan bahan organik tanah yang berada pada profil P1, P2, P3 dan P4. Selain perkembangan perakaran tanah yang gembur juga disebabkan oleh pengolahan pada lapisan atas tanah. Tanah yang gembur sangat bagus untuk pertumbuhan tanaman hingga perkembangan akar. Konsistensi tanah pada lereng timur laut disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Konsistensi Tanah Kondisi Lembab Lereng Timur Laut

Lapisan / Horizon	P1	P2	P3	P4	P5
1	L, TL, TP	L, TL, TP	L, TL, TP	L, TL, TP	L, TL, TP
2	G, AL, AP	L, TL, TP	L, TL, TP	L, TL, TP	G, AL, AP
3	G, AL, AP	G, AL, AP	G, AL, AP	G, AL, AP	G, AL, AP
4	L, TL, TP	G, AL, AP	G, AL, AP	G, AL, AP	G, AL, AP
5	G, TL, TP	G, AL, AP	L, TL, TP	Fragmental	T, AL, AP
6	G, TL, TP	G, AL, AP	Fragmental	G, AL, AP	T, AL, AP
7	G, TL, TP	L, TL, TP	G, AL, AP	G, AL, AP	ST, AL, AP
8	-	L, TL, TP	-	G, AL, AP	ST, AL, AP
9	-	Fragmental	-	-	ST, AL, AP

Keterangan: L=lepas, TL=tidak lekat, TP=tidak plastis, G=gembur, AL=agak lekat, AP=agak plastis, T=teguh, ST=sangat teguh

Profil P1, P2, P3, P4, dan P5 memiliki konsistensi basah tidak lekat hingga agak lekat dan tidak plastis hingga agak plastis. Hal tersebut sesuai dengan yang dijelaskan oleh Shoji (2002) bahwa tanah abu vulkan mempunyai sifat yang tidak lekat dan mudah diolah sehingga menjadi sebuah keuntungan untuk dunia pertanian. Pada profil P5



memiliki konsistensi teguh hingga sangat teguh pada horizon bawah. Hal tersebut disebabkan oleh berkembangnya tanah pada profil P5 dibandingkan pada horizon P1, P2, P3, dan P4.

5.2. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah meliputi bobot isi, kadar air dan tekstur tanah yang secara lengkap tersaji pada Lampiran 2.

5.2.1 Bobot Isi

Tanah yang biasanya berkembang dari material vulkanik secara umum diklasifikasikan ke dalam ordo Andisols. Namun tidak semua tanah yang berkembang dari bahan vulkanik bisa dimasukkan ke dalam ordo Andisols, karena menurut *Soil Survey Staff* (2014) harus memenuhi syarat yang khas dari tanah Andisols dengan nilai bobot isi (*Bulk Density*) yang rendah yaitu 0.9 g.cm^{-3} atau kurang yang disebabkan oleh mineral non-kristalin. Bobot isi tanah (*Bulk Density*) disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Bobot Isi (*Bulk Density*) Lereng Timur Laut (P2, P3 dan P4 hasil analisis Team Survey Kelud 2014)

Lapisan / Horizon	P1	P2	P3	P4	P5
	g.cm^{-3}	g.cm^{-3}	g.cm^{-3}	g.cm^{-3}	g.cm^{-3}
1	1,15	2,30	2,13	1,75	1,59
2	1,11	1,43	1,91	2,25	1,85
3	0,86	1,67	1,41	1,46	1,72
4	-	1,72	1,38	1,51	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-

Tabel diatas menunjukkan hasil analisis dengan nilai bobot isi tanah berkisar antara 0.86 hingga 2.3 g.cm^{-3} . Nilai tersebut dikategorikan sedang ($0.9-1.2 \text{ g.cm}^{-3}$) hingga sangat tinggi ($> 1.4 \text{ g.cm}^{-3}$). Pada profil P1 masih dikategorikan sedang untuk bobot isi dengan nilai $0.86-1.15 \text{ g.cm}^{-3}$ perbedaan tersebut diduga karena pengambilan sampel pada waktu yang berbeda yaitu 2016 sedangkan P2, P3, dan P4 diambil pada



tahun 2014. Pada profil lereng atas, tengah dan bawah memiliki nilai BI yang tinggi antara 1.38 g.cm^{-3} hingga 2.3 g.cm^{-3} . Tingginya nilai bobot isi pada lokasi penelitian P2, P3 dan P4 diduga karena tanah masih banyak memiliki kandungan abu vulkanik. Shoji *et al.* (1993) menjelaskan bahwa abu segar riolitik dan dasitik memiliki nilai bobot isi berkisar $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$ atau lebih, dan terus menurun karena tingkat pelapukan. Pelapukan terjadi dengan perkembangan tanah yang cepat. Pada profil dataran mempunyai BI yang tinggi $1.59-1.85 \text{ g.cm}^{-3}$. Pada P5 mempunyai nilai bobot isi yang rendah di lapisan permukaan atas dan meningkat pada lapisan kedua. Hal tersebut disebabkan lapisan permukaan yang mengalami pengolahan sehingga lebih gembur dan terjadi pemadatan di horison bawahnya. Rayes (2007) menyatakan bahwa pemadatan terjadi di horizon bawah permukaan yang menyebabkan nilai bobot isi lebih tinggi dibandingkan horison atau lapisan di atas atau di bawahnya.

5.2.2. Tekstur Tanah

Tekstur tanah pada lokasi penelitian mempunyai tekstur pasir hingga lempung berdebu. Kandungan pasir yang tinggi dapat memberikan indikasi bahwa tanah di lokasi penelitian belum begitu berkembang. Berdasarkan hasil analisis laboratorium kandungan pasir berkisar antara 49 hingga 95%. Lapisan C permukaan berkisar antara 79% hingga 95% dengan kelas tekstur pasir dan pasir berlempung. Pada horizon A mempunyai pasir 51% hingga 80% dengan kelas tekstur lempung berpasir hingga pasir berlempung. Pada horizon Bw kandungan pasir menurun dengan kadar 49% hingga 87% dengan kelas tekstur pasir berlempung hingga lempung berpasir ringkasan lengkap tersaji pada Lampiran 2. Pada beberapa horizon masih banyak ditemukan kerikil batu apung (*pumice*) dalam jumlah dan ukuran yang bervariasi. Keberadaan *pumice* yang dominan menunjukkan bahwa tanah yang berkembang di lokasi penelitian berasal dari batuan beku yang mudah melapuk. Himatullah (2010) menyatakan bahwa tingginya kadar pasir mencerminkan bahwa tingkat pelapukan bahan volkan yang masih rendah. Pada beberapa horizon masih banyak ditemukan batu apung (*Pumice*) dalam jumlah dan ukuran yang bervariasi.



Berdasarkan hasil analisis tekstur tersebut dapat dikatakan bahwa tanah di lokasi penelitian sudah mulai berkembang. Dapat dilihat dengan adanya perubahan kelas tekstur bagian atas yang kasar menjadi lebih halus di bagian bawahnya. Sukarman (2014) menjelaskan bahwa tanah yang berkembang dari bahan vulkanik memiliki tekstur yang bervariasi tergantung dari jenis dan ukuran tephra yang dikeluarkan saat terjadinya erupsi dan tingkat pelapukannya. Mulyanto (1999) melaporkan bahwa tekstur tanah vulkanik muda mempunyai partikel yang didominasi pasir dengan tekstur pasir hingga lempung berpasir.

5.3. Sifat Kimia Tanah

Karakteristik kimia yang diamati mencakup pH tanah, kadar karbon organik, kation basa dapat ditukar (K, Na, Ca, dan Mg), KTK dan Kejenuhan basa secara lengkap disajikan pada Lampiran 1.

5.3.1. pH Tanah

Pada lokasi penelitian, nilai pH H₂O bervariasi agak masam hingga sangat masam (3,61 hingga 6,08) dan pH KCl berkisar antara 4,00 hingga 5,94. Profil puncak dan lereng atas memiliki nilai pH yang sangat masam hingga masam di seluruh horizon dengan nilai terendah < 5% di lapisan atas dan meningkat dengan bertambahnya kedalaman tanah. Pada pH KCl lereng atas memiliki nilai yang lebih tinggi antara 4,00 hingga 5,94 di setiap horizonnya.

Tabel 11. pH H₂O dan pH KCl pada Lereng Timur Laut Gunung Kelud

Lapisan/ Horizon	P1		P2		P3		P4		P5	
	pH									
	H ₂ O	KCl								
1	4,98	5,45	4,99	5,34	5,36	5,77	5,80	5,42	5,65	4,84
2	4,84	5,48	3,61	4,13	5,86	4,29	4,02	4,00	5,80	5,02
3	3,98	4,47	5,88	5,83	4,79	4,90	5,71	5,06	5,88	5,03
4	5,12	5,79	5,64	5,75	5,55	5,59	5,95	5,44	6,01	5,11
5	5,41	5,78	5,54	5,83	5,53	5,82	5,92	5,47	6,08	5,06
6	5,16	5,90	5,08	5,94	5,55	5,60	5,61	5,47	5,93	5,24
7	5,18	5,74	5,54	5,92	5,36	5,67	5,75	5,15	5,93	5,05
8	-	-	5,63	5,89	-	-	5,90	5,06	5,93	5,14



1	0,73	0,4	0,81	0,32	0,32
2	1,3	0,49	0,08	0,57	0,57
3	1,14	4,74	3,10	2,45	0,16
4	0,4	1,63	1,47	1,14	0,08
5	1,22	0,24	1,96	1,22	0,08
6	0,9	0,81	1,88	2,70	0,24
7	0,81	1,55	2,61	0,81	0,16
8	-	1,63	-	0,81	0,24
9	-	1,63	-	-	0,32

Pada lokasi dataran memiliki kadar karbon organik 0,57 %. Nilai organik semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah dan kembali tinggi bila bertemu lapisan A terdahulu (2A/2Ab atau 3A/3Ab). Karbon organik rendah diduga disebabkan oleh budidaya tanaman secara intensif. Faktor utama yang menyebabkan tinggi atau rendahnya karbon organik adalah faktor pengolahan. Pada horizon A pada lahan pengolahan cenderung lebih rendah bila dibandingkan horizon A tanpa pengolahan. Maroeto (2001) menyatakan kandungan C-organik yang ada dalam tanah dapat mempengaruhi sifat tanah, pengaruh ini meliputi kemampuan tanah menahan air, merangsang granulasi agregat dan kemantapan, menurunkan plastisitas tanah dan kohesi.

5.3.3. Susunan Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kation basa dapat ditukar (K, Na, Ca, dan Mg) mempunyai jumlah yang bervariasi pada setiap masing-masing horizon di setiap profil tanah. Hampir semua horizon di lereng puncak dan atas mempunyai Kalium (K) yang sangat rendah sampai rendah ($0,01 - 0,42 \text{ me.}100\text{g}^{-1}$). kecuali pada horizon paling bawah di lereng tengah, bawah dan dataran yang mempunyai K tinggi sampai sangat tinggi ($0,6 - 3,01 \text{ me.}100\text{g}^{-1}$). Nilai Natrium (Na) di lereng timur laut bervariasi mulai rendah hingga sangat tinggi ($0,26 - 16,4 \text{ me.}100\text{g}^{-1}$). Secara umum kandungan Kalsium (Ca) rendah pada lereng atas kemudian semakin tinggi dengan berkurangnya ketinggian di horizon bawah hingga kriteria sedang. Nilai Magnesium (Mg) di lereng timur laut relatif rendah 0,15 hingga $3,93 \text{ me.}100\text{g}^{-1}$. Tingginya nilai Ca dan Mg diduga bersumber dari lapukan plagioklas dan magnetit, selengkapnya disajikan pada Tabel 13.



Tanah pada lokasi penelitian memiliki KTK sangat rendah hingga tinggi dengan nilai 2,2 – 28,98 me.100g⁻¹ disajikan dalam Tabel 13. Pada lapisan permukaan lereng timur laut secara umum memiliki KTK yang sangat rendah yaitu 2,22 – 14,4 me.100g⁻¹.

Hal tersebut disebabkan persen liat yang masih sedikit serta mineral yang belum melapuk. Hikmatullah (2010) menyatakan bahwa jenis koloid mineral liat, kandungan liat, dan bahan organik sangat berpengaruh terhadap nilai KTK tanah. Semakin tinggi kadar bahan organik dan mineral liat, maka nilai KTK akan semakin meningkat. Menurut Hardjowigeno (1993) KTK menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan kation-kation dan mempertukarkan tanah untuk menahan kation-kation tersebut. Kapasitas tukar kation penting untuk kesuburan tanah maupun pedogenesis tanah. Terdapat beberapa horizon di bawah permukaan yang mempunyai KTK lebih tinggi dari horizon permukaan dan ada yang lebih rendah. KTK dipengaruhi oleh bahan organik, jumlah dan jenis mineral liat.

Nilai Kejenuhan Basa (KB) yang disajikan pada Tabel 13 bervariasi dari sangat rendah hingga sangat tinggi 27 – 99 %. Nilai KB berbanding kebalik dengan nilai KTK. Pada tanah tertimbun material baru. Pada lereng atas dan lereng tengah memiliki nilai KB yang rendah 24 – 68%. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pencucian di horizon permukaan sebelum terjadinya erupsi 2014 yang menjadi penyebabnya. Hardjowigeno (1993) menyatakan bahwa Kejenuhan basa menunjukkan tingkat pencucian. Kejenuhan basa sub soil dari horizon B dan bagian atas horizon C merupakan petunjuk sejauh mana pencucian basa-basa dari tanah telah terjadi.

Tabel 13. Susunan Kapasitas Tukar Kation & Kejenuhan Basa

Pedon	Horizon/lapisan	Susunan Kation Tukar (NH ₄ OAc pH7,0)					KB*
		K	Na	Ca	Mg	KTK*	
		me.100g ⁻¹					%
P1	1	0,17	0,26	2,75	0,55	4,46	83
	2	0,28	0,37	2,88	0,78	4,45	96
	3	0,42	0,32	1,05	0,39	2,22	98
	4	0,28	0,35	1,60	0,94	3,34	94
	5	0,14	0,36	2,67	1,57	6,68	70
	6	0,13	0,37	2,66	0,15	3,34	99
	7	0,25	0,33	4,33	0,7	6,68	83
P2	1	0,10	0,40	3,54	1,18	14,4	36
	2	0,10	0,41	2,36	1,57	13,3	33
	3	0,23	0,44	3,46	6,93	33,4	33
	4	0,35	2,32	5,11	0,63	18,94	44
	5	0,04	0,38	3,46	0,47	13,37	32
	6	0,05	2,42	3,38	1,57	14,49	51



7	0,08	0,37	4,96	0,86	16,72	37
8	0,14	0,38	3,30	0,63	17,83	24
9	0,11	0,37	3,22	0,86	16,72	27
1	0,24	0,38	2,52	1,41	6,68	68
2	0,09	2,42	2,59	1,33	13,37	48
3	0,08	2,68	4,25	0,78	22,29	34
4	0,01	0,41	3,93	1,02	14,49	37
5	0,39	0,41	4,72	0,39	21,17	27
6	0,07	0,42	4,72	0,47	17,83	31
7	0,6	2,7	4,72	0,78	25,63	34
1	0,17	0,43	1,23	0,35	2,22	98
2	0,01	0,78	4,88	0,23	6,68	88
3	0,15	2,63	6,25	0,95	11,52	86
4	0,33	4,59	6,45	0,78	15,52	78
5	0,34	4,21	8,22	0,47	17,63	75
6	3,01	5,63	7,95	0,78	18,24	95
7	1,47	6,59	5,95	1,39	18,75	82
8	1,62	6,45	6,69	1,96	22,17	75
1	0,09	7,38	2,67	1,57	13,25	88
2	0,07	5,94	5,51	1,57	14,45	90
3	0,15	8,31	4,88	1,65	18,37	81
4	0,10	9,38	4,72	0,78	17,80	84
5	0,14	9,36	5,04	1,26	17,80	88
6	0,22	8,28	6,69	0,63	18,17	87
7	0,19	13,38	6,45	3,93	25,63	93
8	0,26	16,40	7,08	1,73	27,86	91
9	0,75	13,31	7,08	0,78	28,98	75

5.4. Klasifikasi Tanah

5.4.1. Profil Puncak P1

Lokasi P1 merupakan lokasi yang berada di ketinggian 1240 mdpl dengan relief daerah bergunung dan kemiringan lereng 58%. Epipedon pada lokasi P1 ini adalah molik karena memiliki warna 10 YR 3/3, memiliki kejenuhan basa >50% di setiap horizonya dan karbon organik sebesar 2,26% pada warna tanah, kejenuhan basa dan karbon organik telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh Soil Survey Staff (2014) untuk masuk karakteristik epipedon molik. Endopedon pada lokasi ini adalah Kambik yang mempunyai syarat ketebalan minimal 15 cm pada horizon iluviasi (horizon B) dengan tekstur pasir halus, lempung berpasir atau lebih halus, dan menunjukkan tingkat perkembangan struktur. Horizon ini paling mudah dikenali secara morfologi dengan warna *chroma* horizon bawah lebih tinggi dibandingkan dengan horizon yang berada di atasnya (Soil Survey Staff, 2014).

Berdasarkan hasil klasifikasi dan analisis laboratorium, tanah pada lokasi P1 masuk dalam ordo Mollisol. Telah ditetapkan masuk dalam sub grup Vitrandic Hapludolls. Karena untuk kriteria sifat andik kurang memenuhi untuk masuk dalam ordo Andisol. Jika dilihat dari analisis memiliki nilai KB >50% hingga kedalaman 180



cm pada setiap horisonnya Tabel 14 dan memiliki epipedon Molik ditetapkan untuk masuk kriteria *Soil Survey Staff* (2014) adalah ordo Mollisol. Pada profil P1 dilakukan analisa gelas volkan dengan hasil kandungan pada horison 2 dan 3 yaitu 42% dan 35% pada Tabel 15.

Tabel 14. Nilai Kejenuhan Basa Profil P1

Horizon	Kedalaman (cm)	Nilai Kejenuhan Basa
1	0-24	83 %
2	24-40	96 %
3	40-60	98 %
4	60-83	94 %
5	83-115	70 %
6	115-140	99 %
7	140-180	83 %

Tabel 15. Kandungan Gelas Volkan P1

Horizon	Kandungan Gelas Volkan (%)
2A	42
2Bw1	35

5.4.2. Profil Lereng Atas P2

Lokasi P2 merupakan lokasi yang berada di ketinggian 1085 mdpl dengan relief daerah bergunung dengan tingkat keterlereng 46%. Epipedon pada lokasi pengamatan P2 adalah Umbrik. Karena memiliki warna 10 R 3/2, nilai kejenuhan basa kurang dari 33 %. Sama halnya dengan lokasi P1, pada epipedon lokasi P2 sesuai dengan persyaratan molik tetapi untuk nilai kejenuhan basa kurang dari 50% keseluruhan karakter telah memenuhi persyaratan epipedon umbrik dari *Soil Survey Staff* (2014).

Endopedon pada lokasi ini adalah kambik terjadi alterasi dari horison A, dan sesuai dengan kriteria kambik.

Berdasarkan hasil deskripsi profil dan analisis laboratorium, tanah pada lokasi P2 ini dimasukkan ke dalam ordo Inceptisol. Karena pada lokasi ini merupakan tanah yang belum matang dengan perkembangan profil lemah dan masih menyerupai bahan induknya dan sesuai dengan karakteristik Inceptisol pada *Soil Survey Staff* (2014). Hal ini diakibatkan adanya tanah timbunan dari material baru akibat letusan Gunung kelud



2014 silam. Mengacu pada penjelasan tersebut pada tingkat subgrup dimasukkan ke dalam Vitrandic Dystrudepts karena mengindikasi adanya gelas volkan pada tanah tersebut yang lebih dari 5% secara berurutan dari kedalaman 14 – 71 cm adalah sebanyak 27%, 29% dan 38% dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kandungan Gelas Volkan Profil 2

Horizon	Kandungan Gelas volkan (%)
C2	27
2A	29
2Bw1	38

5.4.3. Profil Lereng Tengah P3

Lokasi P3 merupakan lokasi yang berada di ketinggian 973 mdpl dengan relief bergunung dengan tingkat kelerengan 38%. Epipedon pada lokasi pengamatan P3 adalah Umbrik. Karena kejenuhan basa dari epipedon tersebut kurang dari 50% keseluruhan karakter telah memenuhi persyaratan epiepdon umbrik dari Soil survey Staff (2014). Endopedon pada lokasi ini adalah Kambik karena telah terjadi alterasi dan sesuai dengan kriteria kambik.

Berdasarkan hasil deskripsi profil dan analisis laboratorium, tanah pada lokasi P3 ini dimasukkan ke dalam ordo Inceptisol. Karena pada lokasi ini merupakan tanah yang baru mengalami berkembang dan sesuai dengan karakteristik Inceptisol yang memiliki endopedon Kambik. Tanah pada P3 juga merupakan tanah tertimbun akibat dari letusan Gunung Kelud 2014 yang mengindikasi adanya material tanah yang belum berkembang pada horison atas dan terdapat gelas volkan pada tanah tersebut yang melebihi 5% yaitu 28%, 33%, 22% setiap horison tersebut dapat dilihat pada Tabel 17. Maka mengacu pada penjelasan diatas tingkat subgrup tanah pada lokasi P3 adalah Vitrandic Dystrudepts.

Tabel 17. Kandungan Gelas Volkan Profil 3

Horizon	Kandungan Gelas Volkan (%)
C2	28
2A	33



2Bw1

22

16

5.4.4. Profil Lereng Bawah P4

Lokasi P4 merupakan lokasi yang berada di ketinggian 791 mdpl dengan relief berombak dan tingkat ketererangan 9%. Epipedon pada lokasi pengamatan P4 adalah Molik karena memenuhi kriteria yang dimiliki molik dimana kejenuhan basa lebih dari 50%. Keseluruhan karakter telah memenuhi syarat epipedon molik dari Soil Survey Staff (2014). Endopedon pada lokasi ini adalah Kambik.

Berdasarkan hasil deksripsi profil dan analisis laboratorium, tanah pada lokasi P4 ini dimasukkan ke dalam ordo Mollisol karena pada lokasi ini memiliki kejenuhan basa >50% pada permukaan tanah mineral hingga kedalaman 180 cm pada setiap horisonnya dan memiliki epipedon Molik pada Tabel 18. Maka mengacu pada penjelasan diatas tingkat subgrup tanah pada lokasi P4 berbeda dengan lereng atas dan tengah yaitu Vitrandic Hapludols. Pada lokasi P4 memiliki lebih dari 5% kandungan gelas volkan yaitu 40%, 34%, 6% pada Tabel 19.

Tabel 18. Nilai Kejenuhan Basa Profil 4

Horizon	Kedalaman (cm)	Nilai Kejenuhan Basa
1	0 - 6	98 %
2	6 - 13	88 %
3	13 - 32	86 %
4	32 - 57	78 %
5	57 - 72	75 %
6	72 - 90	95 %
7	90 - 103	82 %
8	103 - 150	Fragmental

Tabel 19. Kandungan Gelas Volkan Profil 4

Horizon	Kandungan Gelas Volkan (%)
C2	40
2A	34
2Bw1	6



5.4.5. Profil Dataran P5

Lokasi pengamatan P5 merupakan lokasi yang berada di ketinggian 655 mdpl dengan relief berombak dan tingkat keterlerangan 3%. Epipedon pada lokasi pengamatan P5 adalah Okrik. Jika dilihat memiliki kejenuhan basa yang lebih dari 50% tetapi warna tanah pada kondisi lembab tidak memenuhi kriteria dari Molik dan ini sesuai dengan kriteria yang dimiliki oleh Soil Survey Staff (2014). Endopedon pada lokasi ini adalah Kambik

Berdasarkan deskripsi dan analisis laboratorium, tanah pada lokasi P5 ini dimasukkan ke dalam ordo Inceptisol karena pada lokasi ini memiliki endopedon Kambik. Dan masuk kategori subgrup Typic Endoaquepts Tanah pada lokasi di dataran ini memiliki jenuh air yang sangat tinggi dan terdapat karat pada horison – horisonnya dikarenakan dari air yang berada di tanah tersebut. Menurut Hardjowigeno (1993) Air biasanya meresap dari lereng atas ke kaki lereng disamping itu air tanah biasanya lebih dangkal di kaki lereng sehingga tanah lebih basah dibandingkan lereng atas. Terjadi pencucian pada tanah tersebut hal ini dapat dilihat dari tingginya kejenuhan basa. Demikian juga garam-garam yang mudah terlarut lebih banyak ditemukan di lembah-lembah karena garam-garam tercuci dari lereng atas berakumulasi disini.

5.5. Perbedaan Masing-Masing Klasifikasi Tanah di Lereng Timur Laut

Keseluruhan pedon dari P1 hingga P5 memiliki epipedon yang berbeda dimana pada P1 dan P4 memiliki epipedon Molik, sedangkan pada P2 dan P3 memiliki epipedon Umbrik dan pada P5 memiliki epipedon Okrik. Perbedaan karakteristik morfologi, karakteristik fisik dan karakteristik kimia di setiap profil memberikan perbedaan klasifikasi pada kategori sub grup.

Pada P1 dan P4 memiliki epipedon Molik dengan adanya nilai $KB > 50\%$ pada seluruh horizonnya. Maka ditetapkan untuk masuk ke dalam ordo Mollisols. ditemukannya ordo Mollisols di daerah vulkanik bukanlah hal yang baru. Hasil penelitian Putra *et al.* (2014) juga menemukan 3 dari 5 pedon tanah dengan ordo Mollisols di Gunung Anjasmoro. Pada kedua profil tersebut memiliki rezim lengas tanah Udik dan sub ordo Udolls. Profil P1 dan P4 mempunyai horizon penciri yang



sederhana dengan penciri bawah Kambik sehingga klasifikasi kategori great group adalah Hapludolls. Sehingga pada P1 dan P4 diklasifikasikan Vitrandic Hapludolls.

Pada P2 dan P3 memiliki epipedon Umbrik karena memiliki nilai KB <50% dan mempunyai endopedon Kambik. Perbedaan nilai KB yang menyebabkan tanah pada P2 dan P3 dimasukkan ke dalam ordo Inceptisols dengan memiliki rezim lengas Udik dan sub ordo Udepts, sehingga klasifikasi kategori sub grup P2 dan P3 adalah Dystrudepts, maka diklasifikasikan Vitrandic Dystrudepts.

Masing-masing profil tanah di P1, P2, P3 dan P4 memiliki Subgrup Vitrandic karena memiliki lebih dari 35 % partikel berdiameter 2,0 mm atau lebih, dimana lebih dari 66 % partikel tersebut berupa sinder, batuapung, dan fragmen serupa batu apung dan pada fraksi 0,02-2,0 terdapat 5 % atau lebih gelas vulkan

Berbeda dengan P5 dimana memiliki epipedon Okrik karena untuk syarat masuk kedalam epipedon Umbrik dan Molik tidak memenuhi, dapat dilihat dari tingginya warna *value* 4-6 dengan *chroma* rendah <2. Pada profil P5 mempunyai rezim lengas akuik, dengan tipe saturasi Endosaturasi. Maka dari itu sub ordo pada P5 adalah Aquepts dan masuk ke dalam ordo Inceptisols dengan tingkat great grup Endoaquepts dan tingkat sub grup Typic Endoaquepts.

Tabel 20. Hasil Klasifikasi Lereng Timur Laut Gunung Kelud

Lokasi	P1	P2	P3	P4	P5
Epipedon	Molik	Umbrik	Umbrik	Molik	Okrik
Endopedon	Kambik	Kambik	Kambik	Kambik	Kambik
Ordo	Mollisols	Inceptisols	Inceptisols	Mollisols	Inceptisols
Sub ordo	Udolls	Udepts	Udepts	Udolls	Aquepts
Great Grup	Hapludolls	Dystrudepts	Dystrudepts	Hapludolls	Endoaquepts
Sub Grup	Vitrandic Hapludolls	Vitrandic Dystrudpts	Vitrandic Dystrudepts	Vitrandic Hapludolls	Typic Endoaquepts

Endopedon pada keseluruhan penciri bawah profil pengamatan adalah Kambik karena rendahnya tingkat alterasi atau pelapukan yang terjadi di setiap pedon. Menurut Soil Survey Staff (2014) Syarat dari horizon Kambik adalah memiliki ketebalan 15 cm pada horizon iluviasi (horizon B) dengan tekstur pasir halus, lempung berpasir atau lebih halus, dan menunjukkan tingkat perkembangan struktur. Horizon ini paling



mudah dikenali secara morfologi dengan warna *chroma* horizon bawah lebih tinggi dibandingkan dengan horizon yang berada di atasnya.

Ditemukannya ordo tanah Inceptisols dan Mollisol di lereng timur laut Gunung Kelud disebabkan adanya perbedaan ketebalan epipedon dan nilai kejenuhan basa yang berbeda-beda pada setiap profil tanah yang dijumpai, menjadi faktor utama yang menyebabkan adanya perbedaan tanah pada masing-masing lereng timur laut Gunung Kelud.

5.6. Faktor Yang Mempengaruhi Taksa Tanah dan Perkembangan Tanah

Topografi adalah faktor yang berpengaruh pada penelitian ini. Topografi memiliki beberapa komponen, diantaranya adalah ketinggian tempat, kelerengan, dan relief. Berdasarkan hasil pengamatan, topografi lereng timur laut Gunung Kelud mempengaruhi taksa tanah tingkat perkembangan tanah. Pada puncak, lereng atas, lereng tengah, lereng bawah dan dataran memiliki jenis tanah dan tingkat perkembangan tanah yang berbeda. Tingkat perkembangan tanah dapat dilihat dari ketebalan horison, warna tanah, dan sifat fisik maupun kimia.

Tanah pada PI lereng timur laut Gunung Kelud memiliki taksa tanah Vitrandic Hapludolls. Tanah ini belum mengalami perkembangan yang signifikan dapat dilihat dari warna tanah yang belum mengalami perubahan. *Top soil* pada lereng puncak didominasi oleh kerikil dan kerakal dan bahan baru akibat letusan Gunung Kelud 2014 silam tetapi hasil timbunan material baru masih lebih tebal di posisi lereng atas dikarenakan adanya erosi akibat curamnya lereng pada puncak. Bahan material baru pada lokasi ini memiliki ketebalan (0-24 cm) masih tebal pada lereng atas dikarenakan pada lokasi ini memiliki tingkat kelerengan 58% yang termasuk sangat curam. Tanah ini tidak memenuhi syarat untuk masuk tanah andisol karena retensi P tidak memenuhi dimana hasil analisa kurang dari 25%. Soil Survey Staff (2014) Maka data dari hasil kimia menyatakan setiap horisonnya memiliki kejenuhan basa >50% mulai permukaan tanah mineral hingga kedalaman 180 cm sehingga tanah tersebut masuk kedalam ordo Mollisol. Apabila tanah mempunyai epipedon Molik, maka besar kemungkinan kedua (puncak dan lereng bawah) profil tersebut diklasifikasikan ke dalam ordo Mollisols.



Menurut Yulina (2015), semakin curamnya kemiringan lereng maka erodibilitas tanah juga akan semakin tinggi, sehingga tanah tersebut semakin tidak tahan dengan adanya erosi yang mengangkut material ke tempat yang semakin rendah. Di daerah humid seperti lereng timur laut Gunung Kelud, abu vulkanik cepat melapuk membentuk alofan yaitu aluminium silikat amorf yang membentuk kompleks dengan bahan organik. Menurut Hardjowigeno (1993) Mollisol merupakan tanah dengan epipedon molik. Walaupun demikian tidak semua tanah yang memiliki epipedon Molik disebut Mollisol. Epipedon Molik juga dapat ditemukan pada Inceptisol, tetapi gelas vulkanik dan horison kambik yang masam lebih banyak pengaruhnya terhadap profil tanah dari epipedon Molik.

Tanah pada P2 memiliki taksa tanah Vitrandic Dystrudepts. Tanah pada lokasi ini merupakan tanah yang belum matang dan merupakan tanah baru yang dihasilkan dari material hasil letusan dan memiliki fraksi pasir terlihat dari profil tanahnya yang masih menyerupai bahan induknya. Memiliki ketebalan bahan baru sekitar 0 – 44 cm lebih besar dibandingkan yang puncak. Pada tanah tersebut belum mengalami genesis. Tanah dibawahnya merupakan tanah tertimbun yang mengalami Perubahan warna braunifikasi yang terjadi di horison 2A hingga 2C3. Dibaluknya merupakan bahan induk yang didominasi oleh *Pumice gravel*. Tanah yang berkembang dari gunungapi banyak didominasi oleh batuan apung (*pumice gravel*). Pada lokasi ini diketahui bahwa nilai retensi P tidak memenuhi syarat sifat tanah andik karena kurang dari 25%. Menurut Putra *et al.* (2014) diperkirakan seiring dengan hilangnya lapisan tanah di permukaan, maka sifat tanah andik tidak ditemukan lagi. Dimana dalam perkembangannya, horison-horison yang berada di bawahnya telah mengalami proses pedogenik yang sedemikian rupa, dan telah mengalami perkembangan (*diskontinuitas litologi* dan berkembang terlebih dahulu sebelum tertimbun oleh lapisan yang berada di atasnya yang kemudian mengalami pedogenik yang mempunyai nilai jerapan Fosfat rendah, baru kemudian tererosi). Sehingga ketika tersingkap sudah tidak lagi memenuhi kriteria sifat Andik.

Tanah P1 dan P2 berbeda disebabkan oleh erosi dimana lereng P1 yang sangat curam (58%) hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan ketebalan abu vulkanik pada



profil P1 (0-24 cm) dan P2 (0-32 cm). Sementara itu penggunaan lahan juga berpengaruh terhadap sifat kimia (nilai kejenuhan basa) yang menyebabkan tanah pada P1 dan P2 berbeda. Perbedaan nilai KB disebabkan oleh perakaran tanaman pada masing-masing lokasi P1 dan P2. Hal tersebut juga didukung oleh hasil penelitian dari Putra *et al.* (2014) yang mengatakan bahwa penurunan kejenuhan basa seiring dengan bertambahnya kedalaman dipengaruhi oleh efektifitas perakaran tanaman dalam melakukan serapan kation-kation basa dipengaruhi oleh pelepasan ion H^+ hasil respirasi perakaran yang dipertukarkan dengan kation-kation basa tanah untuk metabolisme tanaman. Nilai kejenuhan basa tinggi dipengaruhi oleh kondisi perakaran tanaman pada profil P1 sedikit, dimana aktifitas pertukaran kation-kation yang ada di profil P1 tersebut tidak terlalu besar.

Tanah pada P3 masih memiliki taksa tanah yang berbeda yaitu Vitrandic Dystrudepts. Pada tanah lokasi ini masih berupa bahan baru hasil timbunan dari material baru letusan gunung 2014 yang dimana *top soil* pada tanah tersebut didominasi oleh warna abu-abu yang berupa pasir, kerikil dan kerakal. Tanaman pada lokasi ini masih berupa semak tetapi sudah ada beberapa pohon yang dapat dijumpai pada lokasi ini. Pada lokasi ini memiliki ketebalan abu 0 – 44 cm masih sama tebal seperti pada lereng atas. Belum terjadi perkembangan tanah yang signifikan pada lokasi ini.

Dibawah *top soil* merupakan tanah yang berkembang akibat letusan pada tahun 1990 silam. Pada tanah lokasi ini terdapat tanah tertimbun (*Buried Soils*) yang berada di horison 3Ab. Pada lokasi ini juga tidak memenuhi kriteria sifat Andik karena retensi P kurang dari 25% sehingga menurut *Soil Survey Staff* (2014) ditetapkan masuk ordo Inceptisol.

Tanah pada P4 masih memiliki taksa yang berbeda yaitu Vitrandic Hapludols sama seperti puncak karena memiliki nilai Kejenuhan basa $>50\%$ pada setiap horisonnya mulai dari permukaan mineral hingga kedalaman 180 cm dan sesuai dengan karakteristik dari ordo Mollisol menurut *Soil Survey Staff* (2014). Pada tanah lokasi ini merupakan tanah baru yang dihasilkan dari hasil letusan gunung Kelud pada 2014 sehingga memiliki banyak gelas abu vulkanik pada horison tanah tersebut. Adapun



perbedaannya adalah pada horizonnya baik pada tanah yang tertimbun ataupun material penimbun yang ketebalannya semakin tipis.

Tanah pada P5 (aliran lahar) adalah tanah yang belum matang dan di terdapat jenuh air pada tanah dilokasi ini. Taksa tanah pada lokasi ini adalah Typic Endoaquepts. Terdapat perkembangan tanah menjadi Inceptisol pada lokasi ini memiliki endopedon Kambik. Pada tanah di dataran memiliki top soil berupa abu vulkanik yang ketebalannya sangat sedikit. Hal ini dijelaskan bawah jauhnya dari pusat letusan. Terjadinya karatan besi pada tanah tersebut karena kondisi jenuh air pada tanah tersebut, karatan merupakan hasil pelapukan batuan tanah yang dipengaruhi oleh adhesi dan kohesi. Karatan berwarna hitam mengandung banyak mangan (Mg) sedangkan berwarna merah mengandung besi (Fe). Karatan merupakan hasil oksidasi dan reduksi dalam tanah. Karatan menunjukkan bahwa udara masuk dapat kedalam tanah setempat sehingga terjadi oksidasi di tempat tersebut dan terbentuk senyawa-senyawa Fe^{3+} yang berwarna merah. Bila air tidak pernah berhenti menggenangi tata udara tanah selalu baik, maka seluruh profil tanah dalam keadaan oksidasi (Fe^{3+}) oleh karena itu umumnya berwarna merah atau coklat. Kejenuhan basa $>50\%$ sangat tinggi pada subsoil lokasi dataran hal ini menunjukkan tingkat pencucian. Menurut Hardjowigeno (1993) daerah yang berlereng curam terjadi erosi terus menerus sehingga tanah-tanah pada di tempat ini memiliki solum tanah yang dangkal, kandungan bahan organik rendah dan perkembangan horison lambat dibandingkan di daerah datar yang air tanahnya dalam. Sehingga mempengaruhi pertumbuhan vegetasi di tempat tersebut yang seterusnya akan mempengaruhi proses pembentukan tanah.



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari Hasil penelitian di Gunung Kelud dimulai dari identifikasi, analisa laboratorium, analisa data, dan klasifikasi tanah. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya perbedaan signifikan dari karakteristik morfologi (warna tanah, struktur, tekstur, konsistensi), sifat fisik tanah (BI dan tekstur), dan sifat kimia tanah (pH, C-organik, KTK dan KB) pada lereng puncak, lereng atas, lereng tengah, lereng bawah dan dataran akibat letusan Gunung Kelud 2014
2. Terdapat perbedaan morfologi pada setiap posisi topografi. Tanah pada puncak, lereng atas, lereng tengah, lereng bawah, dan dataran memiliki karakteristik yang berbeda dan hasil dari letusan gunung Kelud pada 2014 menghasilkan perbedaan ketebalan material baru pada masing – masing lereng. Secara berurutan, taksa tanah pada toposekuen lereng timur laut Gunung Kelud adalah Vitrandic Hapludols pada puncak (P1), Vitrandic Dystrudepts pada lereng atas (P2), Vitrandic Dystrudepts pada lereng tengah (P3), Vitrandic Hapludols pada lereng bawah (P4) dan Typic Endoaquepts pada dataran (P5).

6.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perkembangan tanah pada Gunung Kelud khususnya di lereng timur laut.



DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, S and R. Schaetzl. 2005. *Soils Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, New York. p 101-102
- Brady, Nyle C. 2002. *The Nature And Properties of Soil*. 13th Edition. Perason Education, Inc., Upper Saddle River. New Jersey. 960 pp
- Bockheim, J. G., A. N. Gennadiyev, A. E. Hartemik, E. C. Brevik. 2014. Soil-forming factor and Soil Taxonomy. Published by Elsevier, B. V. *Geoderma*. p 226–227(1):231–237
- Buol, S.W., Southard, R. J., Graham, R. C., and McDaniel, P. A. 2003. *Soil Genesis and Classifications*, Fifth Edition. Iowa State University Press. Iowa. IA; 527 P.
- Darmawijaya, M. Isa. 1997. *Klasifikasi Tanah. Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksanaan Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 441 p.
- Djumarma, A. 1991. Some studies of volcanology, petrology and structure of Mt.Kelud, East Java, Indonesia. 84 : 1-920
- Fieldes, M. and K. W. Perrot. 1966. The Nature of Allophone in Soils. Part 3. Rapid Field and Laboratory test for allophone. *New Zealand Journ. Sci.* 9: 623 – 629.
- Gerrard, A.J (1981). *Soils and Landforms. An intergration of geomorphology and pedology*. London, UK: George Allen and Unwin. Ed xvii. 219 pp.
- Grunwald, S. 2013. *Soil Formation*. Soil and Water Science Department. <http://soils.ifas.ufl.edu/faculty/grunwald/teaching/eSoilScience/formforma.shtml>. 7 Agustus 2016
- Hardjowigeno, S.1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- _____. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hikmatullah and Kesumo, N. 2010. Tropical Volcanic Soil From Flores Island, Indonesia. *J Trop Soils*, 15 (1) : 83 – 93
- Jamulya. 2000. Soil Catena on West Part of Lawu Volcanic Slope in Karanganyar Regency. *Forum Geografi*. 14 (26) : 43-55.
- Marsoedi D.S., Widagdo, J. Dai, N. Suharta, Darul SWP., S. Hardjowigeno, Jan Hof, dan R. Jordens, 1997. *Pedoman Klasifikasi Landform/ Guidelines For*



- Landform Classification. LT 5 Versi 3.0. Proyek LREP II. Central For Soil and Agroclimate Research. Bogor (CSAR). Bogor.
- Maroeto dan M. Arifin, 2000. Studi Tingkat Perkembangan Tanah Ditinjau Dari Sifat Kimia Dalam Satu Toposekuen Di Lereng Selatan Gunung Kawi, Mapeta. 2 (6) : 17-21
- Mohr, E.C.J, F. A. van Barren, amf V. Schuylenborgh. 1972. Tropical Soil. A Comprehensive Study of Their Genesis. 3rd edition. The Hague. Paris. No ed 30, pp 481.
- Munir, M. 2001. Hubungan antara Sifat Andik dan Kelas Kesesuaian Lahan di Bromo-Tengger-Semeru. Jurnal Ilmu – ilmu Hayati (life Sciences). Volume 13 (1). : 16
- _____. 2003. Geologi Lingkungan. Bayumedia, Malang
- Mulyanto, B. 1999. Morphological, Physical, and Chemical Characteristics of Some Volcanic Soils of Mt. Galunggung. Journal of Soil Science and Environment p.25-32
- Mulugeta, D., Sheleme, B. 2010. Characteristization and Classification of Soil Along the Toposequence of Kindo Koye Watershed in Southern Ethiopia. East African Journal of Science. 4 (2) : 65 - 77
- Nettleton, W. D. 1968. A toposequence of soil on tonalite grus in the southern. California Penisular Range. US.Dept.Agri.Soil cons. Soil survey: 21 P
- Notohadiprawiro, T. 2006. Tanah dan Lingkungan. Repro: Ilmu Tanah Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Ollier, Cliff and C. Pain., 1996. Regolith, Soils and Landforms. John willey and Sons, Baffins Lane, Chichester. England.
- Poerwowidodo. 1991. Genesa Tanah. Proses Genesa dan Morfologi. CV Rajawali. Jakarta. 174 pp.
- Putra, Singgih W.A, Mukri, P, Rayes, M. L. 2014. Studi Tingkat Perkembangan Tanah Pada Toposekuen Gunung Anjasmoro Kabupaten Malang, Jawa Timur. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 1(1) : 39-50
- Rajamudin, U. A., S. A. Siradz, dan B. Radjagukguk. 2006. Karakteristik Kimiawi dan Mineralogi Tanah pada Beberapa Ekosistem Bentang Lahan KARST di kabupaten Gunung Kidul. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan 6 (1) : 1-12.
- Rayes, M. L. 2007. Metode Inventarisasi Sumber Daya Lahan. ANDI. Yogyakarta



- . 2006. Deskripsi Profil Tanah Di Lapangan. Fakultas Pertanian UB, Malang.
- Rodhian, S. A dan Hananto, H. 2015. Identifikasi Sifat Kimia Abu Vulkanik dan Upaya Pemulihan Tanaman Karet Terdampak Letusan Gunung Kelud. Balai Penelitian Getas. Salatiga. Warta Perkaretan 2015, 34 (1) : 19-30
- Santosa, S., dan Atmawinata, S., 1992. Geological Map Of The Kediri Quadrangle, Jawa. Geological Research and Development Centre
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition, 2014. United States Department of Agriculture. United States.
- Sudarto, S. Riza, Y. Andika, dan A. N. Putra. 2015. Sebaran Abu Vulkanik dan Material Piroklastik Pasca Erupsi Kelud 2014. Laporan Penelitian Jurusan Tanah-Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
- Suryaningtyas, Dyah. T. 1998. Characteristic of Volcanic Ash Soil of Southern Area of Mount Ruapehu, North Island, New Zealand. Thesis. The degree of Master of Applied Science in Soil Science. Massey University. Palmerston North, New Zealand
- Shoji, Sadao, M. Nanzyo, and R.A. Dhalgren. Volcanic Ash Soil (Genesis, Properties, and Utilization). Development in Soil Science 21, Elsevier Science Publisher B. V. Amsterdam, p.198
- Wambake. 2000. Java Newhall Simulator Model. United States Departement of Agriculture (USDA). Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska