



PENDUGAAN SEBARAN TANAMAN ANGGRUNG HIJAU (*Parasponia andersonii*) DI GUNUNG KELUD

Oleh

PRASETYO ADI NUGROHO



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2017



**PENDUGAAN SEBARAN TANAMAN ANGGRUNG HIJAU
(*Parasponia andersonii*) DI GUNUNG KELUD**

Oleh:

PRASETYO ADI NUGROHO
125040200111130

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG**

2017



PERNYATAAN

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, yang diketuai oleh Dr. Ir. Sudarto, MS dengan judul “REKLAMASI LAHAN PERTANIAN PASCA ERUPSI GUNUNG KELUD: Penyusunan Kriteria Kesesuaian Lahan Tanamaan *Parasponia andersonii* di Lereng Utara Gunung Kelud”, yang dibiayai oleh dana BOPTN Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Nomor 211 Tahun 2016. Data yang digunakan dalam skripsi ini merupakan data bersama yang dianalisis oleh tim penelitian.

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil dari penelitian yang saya lakukan 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 orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 21 Agustus 2017

Yang menyatakan,

Prasetyo Adi Nugroho

NIM. 125040200111130



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pendugaan Sebaran Tanaman Anggrung Hijau (*Parasponia andersonii*) di Gunung Kelud

Nama Mahasiswa : Prasetyo Adi Nugroho

NIM : 125040200111130

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : PSISDL

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Dr. Ir. Sudarto, MS.

NIP. 19560317 198303 1 003

Christanti Agustina, SP, MP.

NIK. 82082604320025

Diketahui

a.n Dekan

Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.

NIP.19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan:



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006

Dr. Ir. Sudarto, MS.
NIP. 19560317 198303 1 003

Penguji III

Penguji IV

Christanti Agustina, SP., MP.
NIK. 820826 04 3 2 0025

Prof. Dr. Ir. M. Luthfi Rayes, M.Sc.
NIP. 19540505 198003 1 008

Tanggal Lulus:



HALAMAN PERSEMBAHAN

*Skripsi ini saya persembahkan untuk
Kedua orang tua saya, Bapak Ngadiman dan Ibu Mujinten
Kedua Kakak saya, Wahyu Subekti dan Nugroho Febrianto
serta Keluarga Besar HMIT dan SOILER 2012*

RINGKASAN

Prasetyo Adi Nugroho. 125040200111130. Pendugaan Sebaran Tanaman Anggrung Hijau (*Parasponia andersonii*) di Gunung Kelud. Di bawah bimbingan Sudarto sebagai pembimbing utama dan Christanti Agustina sebagai pembimbing kedua.

Gunung Kelud merupakan salah satu gunungapi aktif di Jawa Timur yang terletak diantara Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Malang. Erupsi Gunung Kelud terakhir terjadi pada hari Kamis, tanggal 13 Februari, tahun 2014 yang memiliki dampak sangat luas hingga mencapai radius 200-300 km. Abu dan pasir vulkanik Gunung Kelud yang jatuh di permukaan tanah menyebabkan kerusakan lahan, khususnya kerusakan bagi vegetasi yang hidup di atasnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi dampak dari timbunan material vulkanik pada lahan pertanian adalah reklamasi. Reklamasi lahan jangka pendek dapat dilakukan dengan cara menanam jenis-jenis rerumputan untuk memperbaiki lahan pasca erupsi. Akan tetapi mayoritas warga menanam rerumputan sebagai pakan ternak, sehingga dibutuhkan tambahan jenis tumbuhan yang tersedia dan dapat digunakan sebagai sarana reklamasi lahan. *Parasponia andersonii*, merupakan tumbuhan yang ditemukan di bagian aliran lahar dan punggung bukit dimana tanaman tersebut memiliki bintil pada akarnya. Bintil akar bermanfaat sebagai sarana fiksasi Nitrogen dengan cara bersimbiosis dengan *Rhizobium* sehingga dapat tersedia bagi tanaman. Tumbuhan ini dapat toleran terhadap abu vulkanik, terbukti tumbuhan ini masih bertahan di atas material vulkanik Gunung Kelud pasca letusan 2014. Namun demikian, informasi mengenai sebaran habitat tumbuhan ini di Gunung Kelud masih sangat terbatas.

Penelitian dilaksanakan di lereng timur laut Gunung Kelud, Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Penelitian ini dilaksanakan dalam 7 tahap yaitu tahap persiapan, tahap pembuatan peta *landfacet* & peta satuan lahan, tahap pra-survei, tahap *pre-processing* citra satelit, tahap klasifikasi penggunaan lahan, tahap pembuatan peta NDVI, dan tahap survei lapangan. Pembuatan Peta *Landfacet* menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM) Alos Palsar resolusi 12,5 x 12,5 meter yang diolah menggunakan *software* SAGA GIS. Penentuan titik didasarkan pada Peta *Landfacet* yang menunjukkan posisi lereng (punggung, lereng, dan lembah). Pembuatan Peta Sebaran menggunakan model persamaan dan kriteria kesesuaian lahan dengan acuan produksi bintil akar efektif.

Model persamaan yang didapatkan untuk mengestimasi sebaran *Parasponia andersonii* adalah dengan menggunakan kombinasi variabel permeabilitas dan elevasi. Hasil persamaanya yaitu $y = 186,7 + 1,297$ (Permeabilitas) + 0,1841 (Elevasi) dengan nilai $R^2 = 96,1\%$. Sebaran spasial *Parasponia andersonii* paling banyak berada pada posisi punggung, sedangkan paling sedikit berada pada posisi lembah. Faktor yang paling berpengaruh berdasarkan model persamaan adalah ketersediaan air dan temperatur.

SUMMARY

Prasetyo Adi Nugroho. 125040200111130. Estimation of Green Anggrung Plant Spread (*Parasponia andersonii*) on Mount Kelud. Supervised by Sudarto and Christanti Agustina.

Mount Kelud is one of the active volcanoes in East Java located in Kediri Regency, Blitar Regency, and Malang Regency. Mount Kelud eruption will occur on Thursday, February 13, 2014 which has a very wide impact to reach a radius of 200-300 km. Mount Kelud volcanic ash and sand fell on the soil surface causes land damage, especially damage to the vegetation that lives on it. One effort that can be done to overcome the impact of the pile of volcanic material on agricultural land is reclamation. Short-term land reclamation can be done by planting grasses to improve post-eruption lands. However, the majority of the people grow grasses as animal feed, so that additional types of plants are available and can be used as a means of land reclamation. *Parasponia andersonii*, a plant found in lava flows and ridges where the plant has a nodule on its roots. Nodule is useful as a means of fixation of Nitrogen by symbiosis with Rhizobium so that it can be available to plants. This plant can tolerate volcanic ash, proved this plant still survive in Mount Kelud after the eruption of 2014. However, information on the distribution of plant habitat on Mount Kelud is still very limited.

The research was conducted in the northeastern slope of Mount Kelud, Pandansari Village, Ngantang District, Malang. The research was carried out in 7 stages: preparation stage, *landfacet* & land unit stage, pre-survey stage, satellite image pre-processing stage, classification of land use, NDVI map stage, and survey stage. *Landfacet* Maps was made by using Digital Elevation Model (DEM) Alos Palsar resolution 12,5 x 12,5 meters processed using SAGA GIS. Point determination is built on *Landfacet* Map showing slope position (back, slope and valley). *Parasponia andersonii*;s Spread Map was made by using model equation and land criteria suitability.

The model to estimate the spread of *Parasponia andersonii* is using a combination of permeability and elevation variables. The result of the equation is $y = 186,7 + 1,297 (\text{permeability}) + 0,1841 (\text{elevation})$ with $R^2 = 96,1\%$. *Parasponia andersonii* most found at the ridge of the mountain and the least is in the valley. The most influential factor based on the equation model is the availability of water and temperature.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala berkat dan kurnia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Pendugaan Sebaran Tanaman Anggrung Hijau (*Parasponia andersonii*) di Gunung Kelud” dengan sebaik-baiknya.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Sudarto, MS sebagai dosen pembimbing yang senantiasa membimbing penulis untuk bisa menyelesaikan penelitian,
2. Christanti Agustina, SP, MP selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan penelitian,
3. Aditya Nugraha Putra, SP, MP yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian penelitian,
4. Dana BOPTN Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Tahun 2016,
5. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya,
6. Ayah, Ibu, Kakak, dan semua keluarga yang telah memberikan doa serta dukungan kepada penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan selesai tepat waktu,
7. Kepala Desa Pandansari yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian di Desa tersebut,
8. Tim Kelud II (Syamsu Ridzal Indra Hadi, Fachrurozi Nur Ubaidillah, dan Ayi Priana) yang selalu bekerja sama dalam menyelesaikan penelitian,
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Malang, 21 Agustus 2017

Prasetyo Adi Nugroho

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Klaten pada tanggal 20 Juli 1994 sebagai putra ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Ngadiman dan Ibu Mujinten.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Cetan 2 pada tahun 2000, kemudian pada tahun 2002 pindah ke SDN Cetan 1 sampai tahun 2006. Pada tahun 2006, penulis melanjutkan ke SMPN 2 Ceper hingga lulus pada tahun 2009.

Selanjutnya, penulis melanjutkan sekolah ke SMAN 3 Klaten tahun 2009 hingga lulus tahun 2012. Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SNMPTN Tulis.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten Survei Tanah dan Evaluasi Lahan pada tahun 2015 dan 2016, dan SISL atau GIS untuk MSLB pada tahun 2016. Penulis pernah aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah periode 2015. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan magang kerja di BBSDLP (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian), Cimanggu Bogor pada tahun 2015. Penulis pernah mengikuti kegiatan survei tentang AEZ di Kabupaten Ponorogo, Evaluasi Kesuburan Tanah Kabupaten Probolinggo, dan Mojokerto USAID pada tahun 2017. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan Gatraksi (Galang Mitra dan Kenal Profesi) pada tahun 2016.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Hipotesis Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Karakteristik Gunung Kelud	5
2.2. Anggrung Hijau (<i>Parasponia andersonii</i>)	6
2.3. Bintil Akar	7
2.4. Sistem Informasi Geografis	9
2.5. Penginderaan Jauh	10
III. METODE PENELITIAN	14
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2. Alat dan Bahan	14
3.3. Metode Penelitian	14
3.4. Pelaksanaan Penelitian	15
IV. KONDISI UMUM WILAYAH	23
4.1. Administrasi	23
4.2. Geologi	23
4.3. Topografi	27
4.4. Bentuk Lahan	30
4.5. Iklim	32
4.6. Tanah	35
4.7. Penggunaan Lahan	37
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
5.1. Hasil	39
5.2. Pembahasan	51
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	59
6.1. Kesimpulan	59
6.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alat dan Bahan	14
2.	Uji Akurasi <i>Confussion Matrix</i>	17
3.	Titik Pengamatan.....	18
4.	Analisis Laboratorium Fisika Tanah	19
5.	Analisis Laboratorium Kimia Tanah.....	19
6.	Analisis Laboratorium Biologi Tanah.....	20
7.	Kelas Koefisien Korelasi.....	20
8.	Administrasi Gunung Kelud.....	23
9.	Sebaran Geologi Gunung Kelud	26
10.	Sebaran Lereng dan Relief Gunung Kelud.....	27
11.	Sebaran Ketinggian Tempat Gunung Kelud	27
12.	Sebaran Bentuk Lahan Gunung Kelud.....	30
13.	Klasifikasi Iklim Schmidh-Fergusson.....	34
14.	Sebaran Jenis Tanah Gunung Kelud	35
15.	Sebaran Penggunaan Lahan Gunung Kelud.....	37
16.	Lokasi <i>Parasponia andersonii</i>	39
17.	Kriteria Sebaran <i>Parasponia andersonii</i>	55



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Kubah Lava Gunung Kelud Tahun 2007.....	5
3.	Kenampakan Gunung Kelud Pasca Erupsi Tahun 2014.....	6
4.	<i>Parasponia andersonii</i>	7
5.	Peta Observasi Gunung Kelud.....	21
6.	Peta Satuan Lahan Gunung Kelud.....	22
7.	Peta Administrasi Gunung Kelud.....	23
8.	Peta Geologi Gunung Kelud.....	24
9.	Peta Topografi Gunung Kelud.....	28
10.	Peta Ketinggian Gunung Kelud.....	29
11.	Peta Bentuk Lahan.....	31
12.	Grafik Curah Hujan Tahunan.....	33
13.	Grafik Curah Hujan Bulanan.....	33
14.	Peta Jenis Tanah.....	36
15.	Peta Penggunaan Lahan.....	38
16.	Berat Isi dan Berat Jenis.....	41
17.	Porositas.....	42
18.	Ketersediaan Air atau pF.....	43
19.	Fraksi Bahan Kasar.....	43
20.	Permeabilitas atau KHJ.....	44
21.	Tekstur.....	45
22.	Ketinggian Tempat.....	45
23.	Kelerengan.....	46
24.	pH.....	46
25.	C-Organik.....	47
26.	N-Total.....	48
27.	P-Tersedia.....	48
28.	KTK.....	49
29.	K-dd.....	50
30.	Kejenuhan Basa.....	50
31.	NDVI.....	51
32.	Grafik Elevasi.....	52
33.	Grafik Permeabilitas.....	53
34.	Peta Pendugaan Sebaran <i>Parasponia andersonii</i>	56
35.	Peta Kesesuaian Lahan <i>Parasponia andersonii</i>	57
36.	Uji Validasi Model Persamaan.....	58
37.	Uji Validasi Kriteria Kesesuaian Lahan.....	58



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Uji Validasi <i>Confussion Matrix</i>	65
2.	Kesesuaian Lahan pada 15 Titik Pengamatan.....	66
3.	Data Curah Hujan Tahun 2003-2014.....	67
4.	Uji Statistika.....	68
5.	Dokumentasi.....	70
6.	Kriteria Kesesuaian Lahan <i>Parasponia andersonii</i>	72



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gunung Kelud merupakan salah satu gunung api aktif di Jawa Timur yang terletak diantara Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Malang.

Sebagai salah satu gunung api pada Zaman Kwartar Muda (Holosen), Gunung Kelud tumbuh dan berkembang di dalam Sub Zona Blitar dari Zona Solo, yang dimulai dari bagian selatan Jawa (Gunung Lawu) hingga bagian timur Jawa (Gunung Raung), yang dibatasi gawir sesar Pegunungan Selatan (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2011). Secara morfologis, Gunung Kelud memiliki bekas kawah berbentuk tapal kuda (tumpang tindih). Hal ini menjadi ciri Gunung Kelud yang telah terjadi erupsi yang berulang secara eksplosif (Kadarsetia, 2006).

Erupsi yang terjadi secara eksplosif mengeluarkan material vulkanik berupa abu dan pasir. Abu dan pasir vulkanik terdiri dari bahan kasar berukuran besar yang biasanya jatuh di sekitar kawah hingga radius 5 - 7 km dan bahan berukuran halus dapat jatuh hingga jarak ribuan kilometer dari kawah (Sudaryo dan Sucipto, 2009).

Erupsi Gunung Kelud terakhir terjadi pada hari Kamis 13 Februari 2014 memiliki dampak sangat luas hingga mencapai radius 200 - 300 km. Abu dan pasir vulkanik Gunung Kelud yang jatuh di permukaan tanah menyebabkan kerusakan lahan, khususnya kerusakan bagi vegetasi yang hidup di atasnya.

Material vulkanik yang jatuh di atas permukaan tanah mencapai ketebalan 30 cm. Hal ini dapat menyebabkan terganggunya kondisi tanah yang tertimbun, karena material baru yang menimbun permukaan tanah merupakan mineral primer.

Mineral primer tersebut belum tersedia bagi tanaman karena belum terjadi proses mineralisasi (Supriadi *et al.*, 2013). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi dampak dari timbunan material vulkanik pada lahan pertanian adalah reklamasi. Reklamasi merupakan kegiatan perbaikan lahan yang dilakukan dengan cara menanam dan atau memanfaatkan tumbuhan sebagai sarana meningkatkan kualitas lahan-lahan pertanian. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan memilih tanaman yang toleran terhadap material vulkanik yang cenderung masam (Soelaeman *et al.*, 2012).



Prawiradiputra (2011) menyatakan bahwa reklamasi lahan jangka pendek dapat dilakukan dengan cara menanam jenis-jenis rerumputan untuk memperbaiki lahan pasca erupsi. Akan tetapi mayoritas warga menanam rerumputan sebagai pakan ternak, sehingga dibutuhkan tambahan jenis tumbuhan yang tersedia dan dapat digunakan sebagai sarana reklamasi lahan. Hasil penelitian Tim Biologi Jurusan Tanah FP UB (2015), menemukan jenis tanaman yang memiliki potensi sebagai tanaman *pioneer* yang dapat dimanfaatkan sebagai perbaikan lahan. *Parasponia andersonii*, merupakan tumbuhan yang ditemukan di bagian aliran lahar dan punggung bukit dimana tanaman tersebut memiliki bintil pada akarnya. Bintil akar bermanfaat sebagai sarana fiksasi Nitrogen dengan cara bersimbiosis dengan *Rhizobium* sehingga dapat tersedia bagi tanaman.

Smieith (1992) menyatakan bahwa di lereng-lereng Gunung Kelud terdapat tumbuhan *Parasponia andersonii* yang merupakan salah satu tumbuhan non-legume akan tetapi memiliki bintil akar. Tumbuhan ini dapat toleran terhadap abu vulkanik, terbukti tumbuhan ini masih bertahan di atas material vulkanik Gunung Kelud pasca letusan 2014. Namun demikian, informasi mengenai sebaran habitat tumbuhan ini di Gunung Kelud masih sangat terbatas. Informasi terkait sebaran habitat tumbuhan ini dapat diketahui melalui beberapa cara, diantaranya menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh. Selain menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh penelitian ini juga menerapkan analisis statistik *stepwise* untuk membuat formula sebagai dasar pembuatan pola sebaran *Parasponia andersonii*. Alur pikir penelitian disajikan pada Gambar 1:

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

1. Bagaimana model persamaan untuk mengestimasi sebaran *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud?
2. Bagaimana sebaran spasial *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Membuat model persamaan untuk mengestimasi sebaran *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud, dan
2. Mengidentifikasi sebaran spasial *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud.

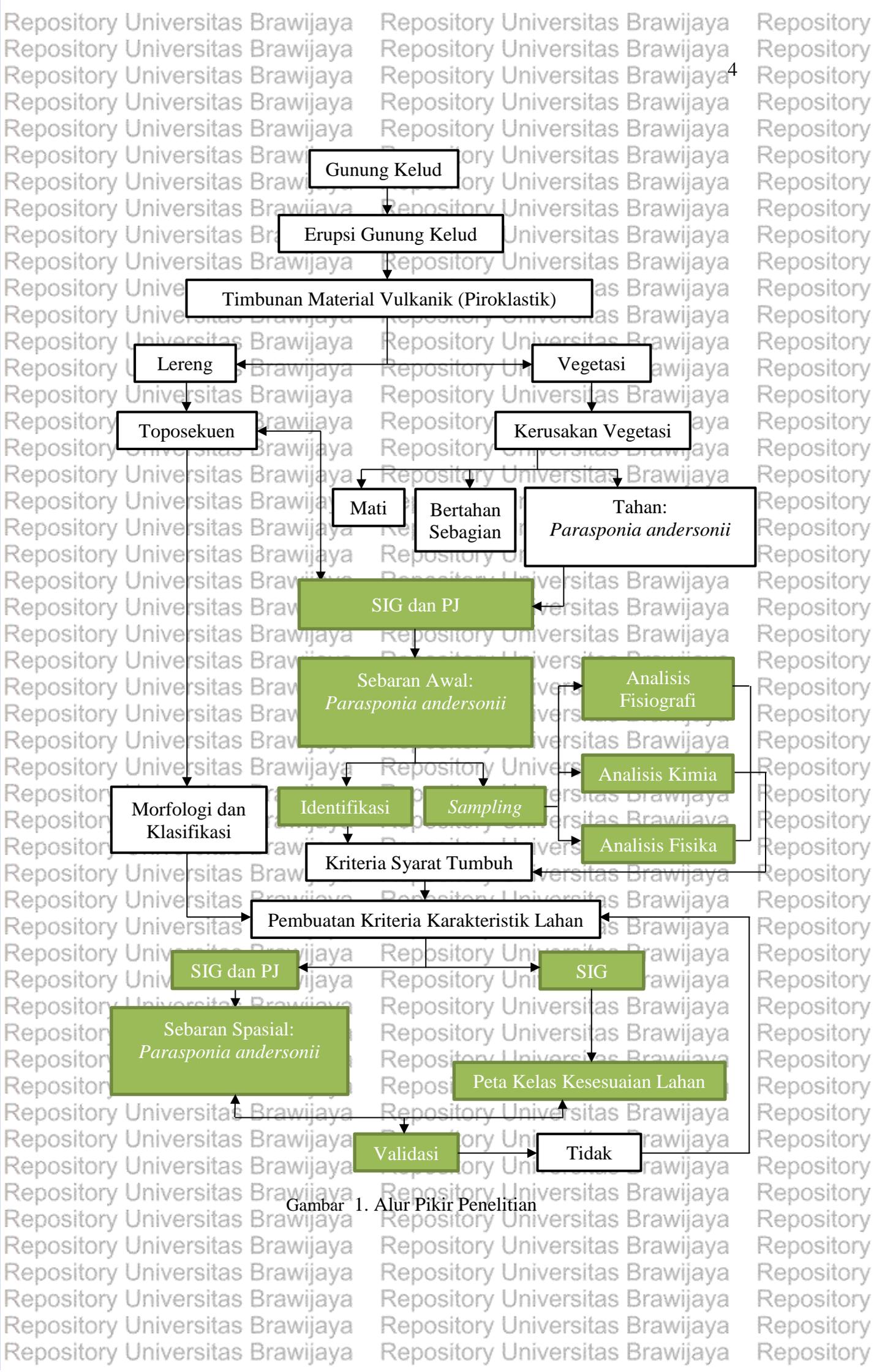


1.4. Hipotesis Penelitian

1. Model persamaan untuk mengestimasi sebaran *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud dipengaruhi oleh variabel Nitrogen, dan
2. Sebaran *Parasponia andersonii* paling banyak ditemukan di wilayah punggung bukit.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi keberadaan *Parasponia andersonii* berdasarkan karakteristik lahan di wilayah Gunung Kelud, dan
2. Memberikan informasi tentang potensi *Parasponia andersonii* yang dapat digunakan sebagai alternatif baru dalam reklamasi lahan pasca erupsi.



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Gunung Kelud

Gunung Kelud merupakan salah satu gunung api aktif bertipe strato yang relatif kecil dengan ketinggian berkisar 1731 mdpl. Gunung ini terletak di Propinsi Jawa Timur, tepatnya berada diantara Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Malang (Pratomo, 2006). Gunung Kelud, sudah beberapa kali mengalami erupsi atau letusan yang bersifat eksplosif. Van Padang (1983) menyatakan bahwa sejak awal abad 20, Gunung Kelud mengalami 5 kali erupsi yang bersifat eksplosif, yaitu tahun 1901, 1915, 1919, 1966, dan 1990. Setelah itu, Gunung Kelud mengalami masa diam selama hampir 17 tahun dan kembali terdeteksi peningkatan aktivitas mulai bulan Agustus 2007, hingga mencapai puncaknya pada 3 November 2007. Haerani *et al.* (2010), menambahkan bahwa erupsi Gunung Kelud pada November 2007 bersifat efusif dengan manifestasi pertumbuhan kubah lava. Bentuk kubah lava Gunung Kelud dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kubah Lava Gunung Kelud tahun 2007

Sumber: <https://rudysoul.com/2014/02/27/inilah-wujud-kawah-gunung-kelud-sebelum-dan-sesudah-meletus/>

Menurut PVMBG (2014), Gunung Kelud kembali beraktivitas pada akhir tahun 2013, kemudian mengalami peningkatan kegempaan pada Januari 2014 dan pada akhirnya mengalami erupsi eksplosif pada 13 Februari 2014. Erupsi Gunung Kelud pada 13 Februari 2014 ini memiliki jangkauan atau radius yang luas yaitu antara 100 – 300 km. Pernyataan ini sesuai dengan Lapan (2014) yaitu dalam waktu

satu jam, abu-volkan Gunung Kelud menyebar ke arah horizontal dengan radius 100 km dan dalam waktu tiga jam, sebaran abu volkan melebar sekitar 300 km.

Letusan vulkanik gunung kelud berupa padatan disebut bahan piroklastik. Bahan padatan ini berdasarkan diameter partikel terbagi atas debu vulkan (< 0,26 mm) yang berupa bahan lepas dan halus, pasir (0,25 - 4 mm) yang lepas dan tumpul, lapilli atau little stone (4 - 32 mm) yang terbentuk bulat hingga persegi dan bom (>32 mm) yang bertekstur kasar (Fiantis, 2000). Abu vulkanik hasil erupsi Gunung Kelud mampu tersebar di area yang luas karena sifat abu vulkanik yang ringan sehingga terbawa oleh hembusan angin. Batu, pasir, dan abu vulkanik merupakan bahan material vulkanik yang disebarkan ke udara saat terjadi letusan sampai jarak radius 5 - 7 km dari kawah yang berukuran besar (batu, pasir) dan yang berukuran halus (abu) dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan sampai ribuan kilometer (Nandi, 2006). Kenampakan Gunung Kelud pasca erupsi 2014 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kenampakan Gunung Kelud Pasca Erupsi tahun 2014 (Maeno *et al.*, 2017)

2.2. Anggrung Hijau (*Parasponia andersonii*)

Anggrung Hijau (*Parasponia andersonii*) merupakan salah satu tumbuhan yang hidup dan tumbuh pascaerupsi Gunung Kelud. Tumbuhan ini tersebar di



wilayah aliran lahar, dimana aliran lahar tersebut digunakan oleh masyarakat setempat sebagai tambang pasir. Menurut Smieth (1992) salah satu jenis tumbuhan pionir yang umum dijumpai di daerah Gunung Kelud yaitu *Parasponia andersonii*, merupakan jenis tumbuhan non-legume, dari famili *Cannabaceae* (*Cannabis*), namun demikian tumbuhan tersebut memiliki bintil akar yang biasanya dimiliki oleh jenis tumbuhan legume. Broughton (1981) menambahkan, bahwa *Parasponia andersonii* mampu tumbuh dan berkembang pada lahan yang belum dibudidayakan, selain itu dapat berperan dalam kesuburan tanah serta proses penghijauan pada daerah tropis. Bintil akar pada akar tumbuhan ini mampu bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sehingga mampu menambat dan memfiksasi N dari udara (Op den Camp *et al.*, 2012; Becking, 1979).



Gambar 4. *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud (A), Bintil Akar *Parasponia andersonii* (B).

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2016)

2.3. Bintil Akar

Tanah yang terkena abu vulkanik akan mempengaruhi respirasi mikroorganisme tanah, karena semakin tebalnya abu akan membuat tanah menjadi padat dan akan mengganggu aerasi tanah. Ketersediaan oksigen dalam tanah akan mempengaruhi keberadaan dan aktivitas mikroorganisme tanah karena terhambatnya sirkulasi udara akibat bercampurnya tanah dengan abu vulkanik yang membuat mikroorganisme sukar melakukan aktivitasnya di dalam tanah.

Kandungan pH juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Kandungan abu vulkanik hasil erupsi gunung Sinabung tergolong masam yakni dengan kisaran pH 4,30 - 4,98. Abu vulkanik yang menjadi lumpur bahkan memiliki nilai pH yang lebih rendah sekitar 3,80 sedangkan untuk tanah yang sudah bercampur dengan abu vulkanik sendiri memiliki kisaran pH 4,83 (Rauf, 2014).



Semakin tebalnya abu yang menutupi tanah menyebabkan perubahan nilai respirasi tanah. Hal ini tergantung pada total mikroorganisme dan jumlah persediaan bahan organik di tanah. Semakin tinggi total mikroorganisme dan semakin banyaknya jumlah persediaan bahan organik di tanah maka nilai respirasi mikroorganisme akan semakin tinggi. Menurut Hanafiah (2009), aktivitas mikroorganisme yang tinggi berhubungan dengan banyaknya populasi mikroorganisme dan bahan organik sebagai sumber energi.

Rhizobium adalah salah satu contoh kelompok bakteri yang berkemampuan sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman. kelompok bakteri ini akan menginfeksi akar tanaman dan membentuk bintil akar didalamnya. Peranan *Rhizobium* terhadap pertumbuhan tanaman khususnya berkaitan dengan masalah ketersediaan nitrogen bagi tanaman inangnya (Sari, 2015). Bakteri *Rhizobium* aktif dapat diketahui secara visual dari bintil – bintil bundar di akar tanaman. Bila akar dibelah, didalamnya akan tampak warna kemerahan bila bagian ini dipijit, akan keluar cairan kemerahan. Bakteri *Rizobium* akan giat mengadakan fiksasi N pada tanah yang kandungan nitrogennya rendah dan akan berkurang pada tanah yang kandungan nitrogennya tinggi. Bakteri *Rhizobiium* mampu bertahan di dalam tanah selama beberapa tahun (Ismawati, 2004).

Adapun ciri – ciri umum bakteri *Rhizobium* adalah merupakan gram negatif, bersifat aerob, berbentuk batang dengan ukuran sekitar $0,5 - 0,9 \mu\text{m} \times 1,2 - 3 \mu\text{m}$. Bakteri ini termasuk dalam famili *Rhizobiaceae*. Bakteri ini banyak terdapat di dalam daerah perakaran tanaman legume dan membentuk hubungan simbiotik inang khusus (Yuwono, 2006).

Bakteri *Rhizobium* tumbuh terlebih dahulu dalam jaringan akar sebelum memfiksasi nitrogen. Infeksi dari sitem jaringan ini oleh bakteri dikaitkan dengan pembentukan benang infeksi yang berkembang menjadi akar rambut. Bakteri pengfiksasi nitrogen kemudian merusak ke dalam jaringan inang melalui benang infeksi inang. Beberapa sel kemudian diinfeksi, sehingga menyebabkan pembengkakan sel dan peningkatan pembelahan sel, sehingga terjadilah pembentukan nodul. Dalam proses ini baik bakteri maupun tanaman mendapatkan keuntungan dari infeksi ini. Bakteri mengubah N_2 dari udara menjadi nitrogen yang



difiksasi sehingga dapat digunakan tanaman, sedangkan dipihak lain bakteri mendapatkan zat hara dari jaringan tanaman tersebut (Budiyanto, 2002).

Bakteri yang telah masuk membentuk benang-benang dasar pada perakaran. Dengan adanya infeksi pada akar tanaman maka disekitarnya akan timbul nodul atau bintil akar, dan disinilah bakteri hidup. Setiap nodula dapat mengandung berjuta-juta bakteri dan sejumlah nitrogen yang berkumpul pada nodul (Mulyani, 1991).

2.4. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk mengambil, menyimpan, menganalisa dan menampilkan informasi dengan referensi geografis. Menurut Murai (1996), SIG diartikan sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan transportasi, fasilitas kota dan pelayanan umum lainnya.

Soenarmo (2003) menambahkan, bahwa SIG adalah suatu sistem yang terdiri dari komponen-komponen yang saling berhubungan dalam mencapai suatu sasaran, berdasarkan informasi (data, fakta, kondisi, fenomena) berbasis geografis (daerah, spasial, keruangan) yang dapat dicek posisinya dipermukaan bumi (bergeoreferensi). Kedua jenis data, baik spasial maupun tabulasi disimpan dalam suatu sistem yang dikenal dengan basis data SIG. Sistem basis data ini merupakan komponen utama yang harus tersedia dalam SIG, disamping komponen lain seperti sistem komputer, sumber daya manusia dan organisasi atau wadah pengelolaan yang mengendali penggunaan SIG.

Tipe basis data ada dua macam, yaitu basis data spasial dan non spasial. Basis data spasial (keruangan) adalah data yang dapat diamati atau diidentifikasi di lapangan yang berkaitan dengan data di permukaan maupun di dalam bumi. Data ini dapat diukur atau ditentukan oleh besaran lintang dan bujur atau sistem koordinat lain (termasuk peta, foto udara dan citra satelit). Data spasial (keruangan) ada tiga macam, yaitu titik, garis dan poligon (daerah). Sedangkan basis data non spasial adalah data yang melengkapi keterangan data spasial, keterangan



penampakan (*feature*) data baik statistik, numerik, deskriptif, diagram, maupun tekstual.

2.5. Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh adalah suatu teknik untuk mendapatkan informasi dari suatu wilayah dengan bantuan satelit sehingga tidak memerlukan kontak langsung dengan obyek tersebut. Menurut Sutanto (1986), penginderaan jauh merupakan teknik perolehan dan analisis informasi tentang bumi yang berbentuk radiasi elektromagnetik melalui pantulan dari permukaan bumi. LAPAN (2014) menambahkan, bahwa Penginderaan Jauh dapat diartikan sebagai teknologi untuk menganalisa dan mengidentifikasi suatu obyek yang berada di permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan obyek tersebut. Teknologi Penginderaan Jauh menggunakan teknologi berbasis satelit, sehingga memiliki beberapa kelebihan, diantaranya: (1) harga yang relatif murah dan mudah didapat, (2) adanya resolusi temporal (perulangan), (3) memiliki cakupan yang luas, dan (4) bentuk datanya digital.

Menurut Lillesand dan Kiefer (1990), penginderaan jauh merupakan ilmu yang digunakan untuk menganalisis suatu daerah atau gejala dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek kajian. Lindgren (1985) menambahkan bahwa, penginderaan jauh merupakan teknik untuk menganalisis permukaan bumi guna memperoleh informasi berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Campbell (2002), bahwa penginderaan jauh merupakan ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai permukaan bumi seperti dataran dan perairan dari citra satelit tanpa kontak langsung atau dari jarak jauh.

1.1.1. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

NDVI merupakan indikator numerik atau angka yang menggunakan kombinasi band terlihat dan inframerah dekat dari spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk menganalisis dan menilai target yang diamati merupakan vegetasi hijau atau bukan (Rouse *et al.*, 1973). Hal ini ditambahkan oleh Holme *et al.* (1987), pada umumnya vegetasi sehat akan menyerap sebagian cahaya tampak yang jatuh di atasnya dan mencerminkan sebagian besar cahaya inframerah dekat, sedangkan



vegetasi tidak sehat atau jarang akan memantulkan cahaya lebih terlihat dan kurang cahaya inframerah dekat.

Sejak diketahui bahwa perilaku tanaman bisa dilihat dengan spektrum elektromagnetik, maka dapat diperoleh informasi terhadap vegetasi melalui informasi NDVI dengan berfokus pada band-band satelit yang paling berpengaruh terhadap informasi vegetasi (inframerah dekat dan merah). Algoritma NDVI mengurangi nilai inframerah dekat dengan reflektansi merah dan membaginya dengan jumlah band inframerah dekat dan merah.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{red}) / (\text{NIR} + \text{red})$$

dimana:

NDVI : nilai indeks vegetasi

NIR : band inframerah dekat atau band 5

Red : band merah atau band 4

Nilai NDVI diwakili sebagai rasio berkisar nilai dari -1 ke 1 tapi dalam prakteknya nilai-nilai negatif yang ekstrim mewakili air, nilai-nilai sekitar nol mewakili tanah kosong dan nilai-nilai lebih dari 6 mewakili vegetasi hijau lebat (Roderick *et al.*, 1996).

1.1.2. Interpretasi Foto Udara (IFU)

Menurut Simonett (1983), citra sebagai gambaran rekaman suatu objek (biasanya berupa suatu gambaran pada foto) yang didapat dengan cara optik, elektro optik, optik mekanik atau elektronik. Interpretasi Foto Udara merupakan suatu cara untuk menganalisis kenampakan pada suatu obyek pada citra satelit. Untuk melakukan interpretasi citra maupun foto udara digunakan kriteria/unsur interpretasi yaitu terdiri atas rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, situs dan asosiasi (Sutanto, 1986).

1. Rona/warna. Rona adalah tingkat kegelapan atau tingkat kecerahan obyek pada citra. Rona merupakan tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya. Sedangkan warna adalah ujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektrum sempit, lebih sempit dari spektrum tampak. Permukaan yang menyerap cahaya seperti permukaan air akan berwarna gelap, sedangkan tanah yang kering akan berwarna cerah karena memantulkan cahaya ke kamera atau satelit penangkap

sinyal/gelombang cahaya. Contoh permukaan atap pabrik/gudang yang terbuat dari seng atau asbes akan kelihatan cerah.

2. Bentuk merupakan konfigurasi atau kerangka suatu objek, sehingga dapat mencirikan suatu penampakan yang ada pada citra dapat diidentifikasi dan dapat dibedakan antar objek. Dari penampakan pada citra maupun foto udara dapat diidentifikasi bentuk massa bangunan, maupun bentuk-bentuk dasar fisik alam lainnya seperti jalan, sungai, kebun, hutan dan sebagainya. Dengan melihat bentuk-bentuk fisik dari citra ikonos maupun foto udara dapat ditentukan penggunaan lahan suatu tempat, sebagai contoh bentuk penggunaan lahan untuk kawasan industri/pergudangan yang di cirikan dengan bentuk bangunan yang seragam persegi dan massa bangunan yang cukup.
3. Ukuran ialah atribut obyek yang antara lain berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan volume. Ukuran obyek pada citra maupun foto udara merupakan fungsi skala sehingga dalam memanfaatkan ukuran sebagai unsur interpretasi citra harus selalu memperhatikan skala citranya. Dengan kata lain ukuran merupakan perbandingan yang nyata dari obyek-obyek dalam citra maupun foto udara, yang menggambarkan kondisi di lapangan. Sebagai contoh: (a) Perbedaan ukuran antara stadion dan lapangan sepak bola biasa atau lahan kosong yang di manfaatkan untuk lapangan, (b) Perbedaan antara ukuran lapangan biasa dengan stadion, ukuran jalan lingkungan berbeda dengan jalan arteri.
4. Tekstur adalah frekuensi perubahan rona pada citra atau pengulangan rona kelompok obyek yang terlalu kecil untuk dibedakan secara individual. Tekstur sering dinyatakan dari kasar sampai halus. Tekstur merupakan hasil gabungan dari bentuk, ukuran, pola, bayangan serta rona. Dengan melihat tekstur dapat di kelompokkan penggunaan lahan atau fungsi dari kawasan-kawasan tertentu. Misalnya tekstur sawah akan kelihatan halus berbeda dengan kebun ataupun hutan.
5. Pola atau susunan keruangan merupakan ciri yang menandai bagi banyak obyek bentukan manusia dan bagi beberapa obyek alamiah lainnya. Pengulangan bentuk tertentu dalam hubungan merupakan karakteristik bagi obyek alamiah maupun bangunan akan memberikan suatu pola yang membantu dalam interpretasi citra maupun foto udara dalam mengenali obyek tertentu. Misalnya





pola perumahan yang teratur menunjukkan adanya kompleks perumahan (permukiman bukan perkampungan). Atau pola yang persegi dan teratur serta bentuk dan ukuran yang hampir sama dapat menunjukkan suatu perkantoran ataupun kawasan pendidikan. Dalam menginterpretasi citra atau foto udara pola sangat di perhatikan, guna membedakan antara obyek-obyek yang hampir sama karakteristiknya, jika di interpretasi dengan unsur-unsur sebelumnya.

6. Bayangan sering merupakan kunci pengenalan yang penting bagi beberapa obyek yang justru lebih tampak dari bayangannya. Akan tetapi di sisi lain keberadaan bayangan merupakan suatu kondisi yang bertentangan, pada satu sisi bentuk dan kerangka bayangan dapat memberikan gambaran profil suatu obyek. Tetapi pada lain sisi jika ada suatu obyek yang berada di bawah bayangan, maka hanya sedikit memantulkan sedikit cahayadan sulit untuk diamati pada citra atau foto udara. Dengan bantuan unsur bayangan ini juga dapat menentukan arah mata angin serta pengenalan terhadap suatu obyek yang kemungkinan sulit diamati sebelumnya.

7. Situs atau lokasi suatu obyek dalam hubungannya dengan obyek lain dapat membantu dalam menginterpretasi foto udara ataupun citra ikonos. Situs ini sering dikaitkan antara obyek dengan melihat obyek yang lain. Contoh situs permukiman memanjang pada umumnya terletak disepanjang tepi jalan.

8. Asosiasi dapat diartikan sebagai keterkaitan antara obyek yang satu dengan obyek yang lain, dengan kata lain asosiasi ini hampir sama dengan situs. Adanya keterkaitan ini maka terlihatnya suatu obyek pada citra sering menjadi petunjuk adanya obyek yang lain. Seperti stasiun kereta api sering berasosiasi dengan jalan kereta api yang bercabang (jumlahnya lebih dari satu).



III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Gunung Kelud dan pengambilan sampel dilakukan di lereng timur laut Gunung Kelud, Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Penyiapan peta dasar, peta kerja, analisis dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan (PSISDL). Sedangkan analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah dan Kimia Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016 sampai dengan Juli 2017. Survei dan pengambilan sampel di lapangan dilaksanakan pada bulan Oktober 2016. Analisis laboratorium sampel tanah fisika dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 sampai dengan Januari 2017. Analisis laboratorium sampel tanah kima dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan April 2017. Pengolahan dan analisis data dilaksanakan mulai bulan Januari sampai dengan Juni 2017.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan di setiap kegiatan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Alat dan Bahan

Kegiatan	Alat	Bahan
Persiapan	Laptop	Peta Rupa Bumi Indonesia
	<i>Software</i> ArcGIS 10.5	Lembar Krisik Skala 1:25.000
	<i>Software</i> SAGA GIS	DEM ALOS PALSAR 12,5 m
	<i>Software</i> Global Mapper 16	Citra Landsat 8, 16 Juni 2015
Survei Lapangan	<i>Software</i> PCI Geomatica 2014	Citra Google Earth 2016
	Kamera	Peta Observasi
	GPS	Peta NDVI
	Survei set	
Pengolahan Data	Teropong	
	Alat Tulis Penggaris	
Pengolahan Data	<i>Software</i> Microsoft Office 2016	Data analisis Laboratorium
	<i>Software</i> Genstat	

3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode survei dan analisis statistik yang dipadukan dengan Sistem Informasi Geografis &

Penginderaan Jauh. Penggunaan Sistem Informasi Geografis meliputi pembuatan transek melintang untuk titik pengamatan survei lapangan dan pembuatan satuan lahan untuk menyebarkan kesesuaian lahan berdasarkan hasil pembuatan kriteria. Sedangkan Penginderaan Jauh digunakan untuk penyebaran hasil survei lapangan yang didukung oleh analisis statistik dalam pembuatan model spasial.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan

Tahapan persiapan dimulai dari studi pustaka terkait penelitian yang diperoleh dari jurnal penelitian sebelumnya, artikel-artikel yang dapat diakses dari situs internet maupun pustaka dari perpustakaan. Kemudian mengurus perijinan penelitian di Administrasi Jurusan Tanah Universitas Brawijaya dan perijinan lokasi penelitian di Dusun Kutut, Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang. Persiapan alat dan bahan juga dilakukan pada tahap ini, antara lain berupa Laptop yang telah ter-install *software-software* terkait, *Global Positioning System* (GPS), Citra Satelit Landsat 8 (16 Juni 2015), Citra Google Earth 2016, *Digital Elevation Model* (DEM), dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Lembar 1508-321 Krisik yang diperoleh dari Laboratorium PSISDL Jurusan Tanah Universitas Brawijaya.

3.4.2 Pembuatan Peta *Landfacet*, Peta Satuan Lahan, dan Titik Observasi

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan Peta *Landfacet* dan Peta Satuan Lahan yang digunakan sebagai acuan pembuatan Peta Observasi dan Peta Sebaran. Bahan yang digunakan dalam pembuatan Peta *Landfacet* dan Peta Satuan Lahan adalah DEM ALOS PALSAR dengan resolusi 12,5 x 12,5 meter. Pada pembuatan Peta *Landfacet* data DEM diolah menggunakan *software* SAGA GIS yang menghasilkan sepuluh kelas *landform* atau bentuk lahan, antara lain: *High Ridges*, *Midslope Ridges*, *Local Ridges*, *Upper Slopes*, *Open Slopes*, *Plains*, *Valleys*, *Upland Drainages*, *Midslope Drainages*, dan *Streams*. Kemudian dari hasil tersebut dilakukan pembagian lingkup pengamatan, yaitu Lereng Atas (LA), Lereng Tengah (LT), dan Lereng Bawah (LB). Setiap lingkup pengamatan diberi transek melintang dan titik observasi berdasarkan perbedaan kelas *landform* yang dikelompokkan berdasarkan posisinya yaitu punggung, lereng, dan lembah.

Peta Satuan Lahan tersusun dari peta relief, peta bentuk lahan, peta elevasi, dan peta geologi. Peta-peta dasar tersebut kemudian dianalisis menggunakan software ArcGIS 10.5 untuk mendapatkan satuan lahan di wilayah Gunung Kelud. Hasil dari analisis satuan lahan digunakan untuk membuat peta sebaran berdasarkan kriteria kesesuaian lahan *Parasponia andersonii*.

3.4.3 Pra-Survei

Pada tahap ini dilakukan survei awal di lokasi penelitian untuk mengambil data lapangan awal guna memperbaiki Peta Observasi. Data lapangan yang diambil dalam kegiatan pra-survei antara lain: gambaran lokasi penelitian, kenampakan atau wujud tumbuhan obyek penelitian, titik koordinat tumbuhan obyek penelitian, dan perijinan pada lokasi penelitian.

3.4.4 Pre-Processing Citra Satelit Digital Landsat 8

Pada tahapan ini dilakukan proses koreksi radiometrik pada citra satelit untuk meminimalisir kesalahan detector satelit atau gangguan atmosfer. Koreksi radiometrik bermanfaat untuk memperbaiki kualitas citra akibat dari kesalahan pantulan permukaan atau kelengkungan bumi dan faktor lain, seperti arah sinar matahari, kondisi cuaca, kondisi atmosfer dan faktor lainnya, sehingga informasi yang dihasilkan menjadi lebih akurat (Jensen, 1996). Koreksi radiometrik yang dilakukan pada penelitian ini yaitu koreksi pada radiasi untuk pemerataan bauran pada citra satelit melalui konversi TOA Radiasi Cahaya. Persamaan yang digunakan dalam koreksi ini yaitu:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \dots\dots\dots 1)$$

Dimana:

L_{λ} = TOA spektral radiasi cahaya (Watts/(m2 * srad * μm))

M_L = (RADIANCE_MULT_BAND_x)

A_L = (RADIANCE_ADD_BAND_x)

Q_{cal} = piksel value (DN)

3.4.5 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan Peta Penggunaan Lahan untuk mengetahui penggunaan lahan pada lokasi penelitian. Bahan yang digunakan dalam pembuatan peta ini yaitu Citra Satelit Landsat 8 pada peliputan 16 Juni 2015. Proses





pembuatan peta ini diawali dengan melakukan koreksi radiometrik pada Citra Landsat 8 terlebih dahulu (persamaan 1). Langkah selanjutnya memotong Citra Landsat 8 sesuai dengan lokasi penelitian. Kemudian melakukan proses klasifikasi Citra Landsat 8 dengan bantuan Citra Google Earth 2016.

Hasil klasifikasi Penggunaan Lahan kemudian dilakukan uji akurasi untuk melihat keakuratan terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Uji akurasi yang digunakan adalah *Confussion Matrix*. Rumus yang digunakan dalam uji akurasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Akurasi *Confussion Matrix*

Data Referensi	Diklasifikasikan ke dalam Kelas (Data Kelas di Peta)				Total Baris	<i>Producer's Accuracy</i>
	A	B	C	D		
A	Xii				Xi+	Xii/Xi+
B						
C						
D				Xii		
Total Kolom	X+i					
<i>User's Accuracy</i>	Xii/X+i					

Sumber: Sutanto (1994)

Secara matematis, akurasi pada Tabel 2 dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\%$$

$$Producer's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\%$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_i X_{ii}}{N} \times 100\%$$

Hasil perhitungan uji akurasi terhadap Peta Penggunaan Lahan, disajikan pada Lampiran 1.

3.4.6 Pembuatan Peta *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI)

Pada tahap ini dilakukan pembuatan Peta NDVI yang digunakan sebagai acuan indeks vegetasi. Hasil dari peta ini menunjukkan kondisi kerapatan vegetasi yang ada pada lokasi penelitian, semakin besar nilai indeksnya maka semakin rapat kondisi wilayahnya. Data indeks atau nilai digital dari peta ini akan digunakan

dalam penyusunan model atau formula untuk mengetahui ada tidaknya hubungan indeks ini dengan tumbuhan obyek penelitian. Persamaan yang digunakan dalam pembuatan indeks ini yaitu:

$$NDVI = (NIR - red) / (NIR + red) \dots\dots\dots 2)$$

Dimana:

NDVI = nilai indeks vegetasi

NIR = band inframerah dekat atau band 5

Red = band merah atau band 4

3.4.7 Survei

Survei lapangan yang dilakukan antara lain: (1) pengambilan titik koordinat lokasi, (2) *groundcheck* Peta Kerja (*Landfacet* dan NDVI), (3) pengambilan data variabel (fisika, kimia, dan biologi), (4) pengamatan kondisi fisiografi tiap titik pengamatan, dan (5) dokumentasi kegiatan penelitian, serta (6) validasi peta hasil dari data pra-survei. Daftar titik observasi disajikan dalam Tabel 2, sedangkan Peta Observasi disajikan dalam Gambar 5.

Tabel 3. Titik Pengamatan

Titik Pengamatan	Posisi	Bentuk Lahan
LA 1	Lereng Atas	<i>Midslope Ridges</i>
LA 2		<i>Open Slopes</i>
LA 3		<i>Upper Slopes</i>
LA 4		<i>High Ridges</i>
LA 5		<i>Valleys</i>
LT 1	Lereng Tengah	<i>Midslope Ridges</i>
LT 2		<i>Open Slopes</i>
LT 3		<i>High Ridges</i>
LT 4		<i>Streams</i>
LT 5		<i>Valleys</i>
LB 1	Lereng Bawah	<i>Plains</i>
LB 2		<i>Open Slopes</i>
LB 3		<i>Midslope Ridges</i>
LB 4		<i>Streams</i>
LB 5		<i>Valley</i>

3.4.8 Pasca Survei

Pada tahap ini terdapat beberapa kegiatan yang akan dilakukan, antara lain: (1) tabulasi data hasil survei lapangan, (2) analisis laboratorium, (3) analisis



statistika, (4) pembuatan peta sebaran, dan (5) validasi hasil peta sebaran. Secara rinci tahapan dalam kegiatan pasca survei akan dijelaskan sebagai berikut:

1) Tabulasi Data

Kegiatan tabulasi data dimaksudkan untuk mengelompokkan data sesuai dengan jenis maupun fungsinya. Dalam penelitian ini, tabulasi yang dilakukan yaitu mengelompokkan data tiap titik pengamatan.

2) Analisis Data Laboratorium

Sampel tanah yang akan dianalisis di laboratorium terdiri atas sampel tanah fisika (Tabel 4), sampel tanah kimia (Tabel 5), sedangkan sampel tanaman yang akan dianalisis adalah bintil akar (Tabel 6). Data analisis sampel tanah fisika dan kimia bersumber dari Priana (2017) dan Hadi (2017).

a) Fisika Tanah

Tabel 4. Analisis Laboratorium Fisika Tanah

Obyek Parameter	Sampel	Parameter	Metode Analisis
Fisika Tanah	Tanah utuh	a. Berat Isi (g/cm^3)	Silinder (Ring)
		b. Berat Jenis (g/cm^3)	Piknometer
		c. Kadar Air (%)	Gavimetrix
		d. Porositas (%)	Kuantitatif
		e. KHI (cm/jam)	<i>Constant Head Permeameter</i>
	Tanah hancuran	f. Tekstur Tanah	Mekanik (Pipet)
		g. Fraksi Tanah (%)	Ayakan Kering
		h. $\text{pF } 2,52$ (cm^3/cm^3)	<i>Sand/Caoline Box</i>
		i. $\text{pF } 4,2$ (cm^3/cm^3)	<i>Plate Pressure</i>

b) Kimia Tanah

Tabel 5. Analisis Laboratorium Kimia Tanah

Obyek Parameter	Sampel	Parameter	Metode Analisis
Kimia Tanah	Tanah hancuran	a. pH (H_2O)	Elektrometrik
		b. C-Organik (%)	<i>Walkey and Black</i>
		c. N-Total (%)	Kjeldahl
		d. P-Tersedia ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Bray I / Bray II
		e. KTK ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	Ekstraksi amonium asetat pH 7
		f. K-dd ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	Flame Photometer
		g. Ca-dd ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	Titration EDTA
		h. Mg-dd ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	Titration EDTA
		i. Na-dd ($\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$)	Flame Photometer
		j. Kejenuhan Basa (%)	Perbandingan total basa dibagi dengan KTK

c) Biologi Tanah

Tabel 6. Analisis Laboratorium Biologi Tanah

Obyek Parameter	Sampel	Parameter	Metode Analisis
Biologi Tanah	<i>Parasponia andersonii</i>	Bintil Akar	Penghitungan dan Pembelahan

3) Analisis Statistika

Kegiatan analisis statistik menggunakan data variabel fisika, kimia, dan biologi hasil survei lapangan. Dalam pelaksanaannya data-data tersebut dianalisis korelasi (Tabel 7), kemudian variabel yang memiliki korelasi kuat-sangat kuat dilanjutkan dengan regresi *stepwise* untuk mengetahui kombinasi variabel yang bisa dimasukkan ke dalam model persamaan. Dari hasil pembuatan model tersebut, kemudian digunakan untuk menyelesaikan tahap terakhir, yaitu pembuatan peta sebaran.

Tabel 7. Kelas Koefisien Korelasi

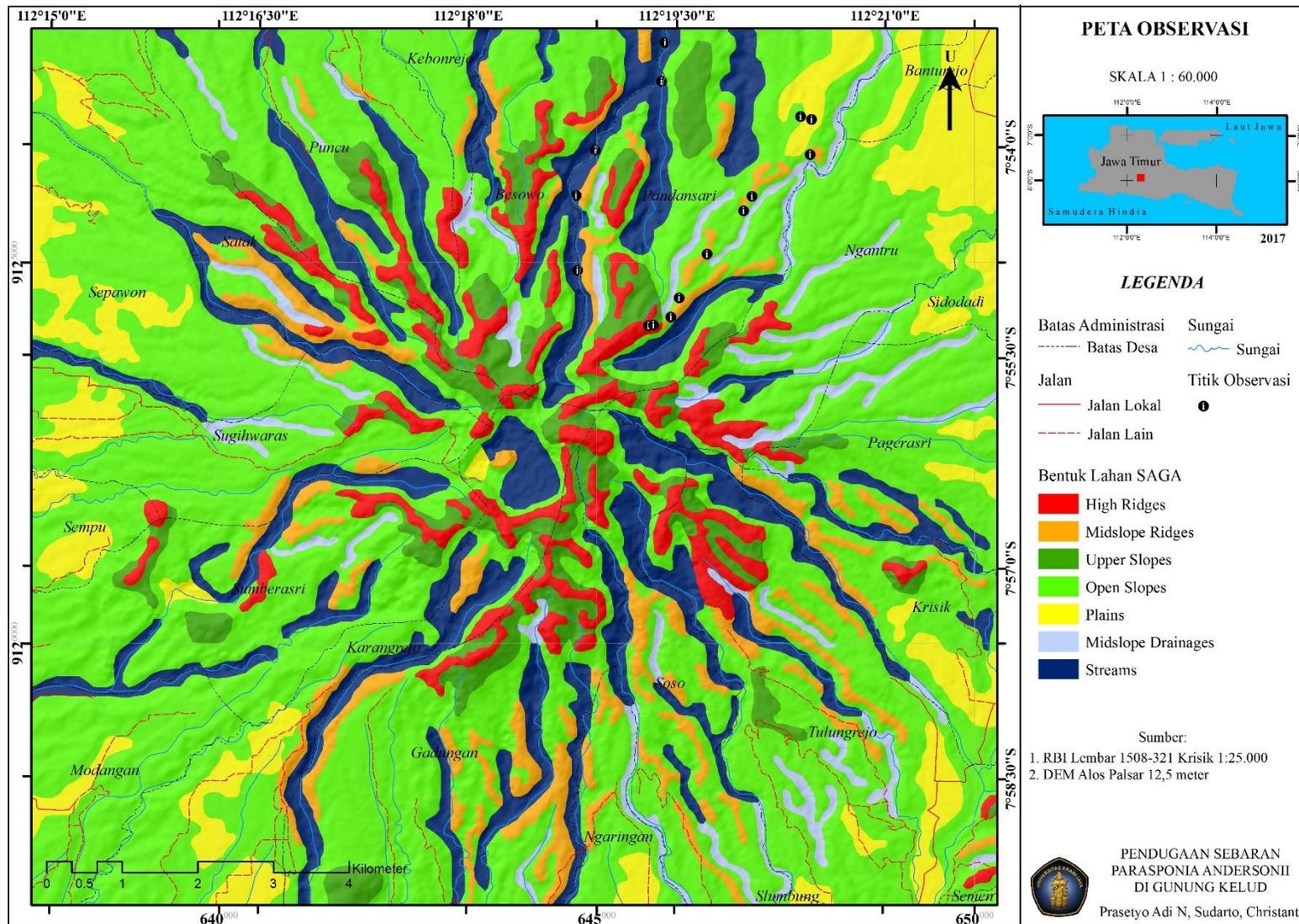
Koefisien Korelasi (r)	Kelas
0,00 – 0,19	Sangat Lemah
0,20 – 0,39	Lemah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono (2008)

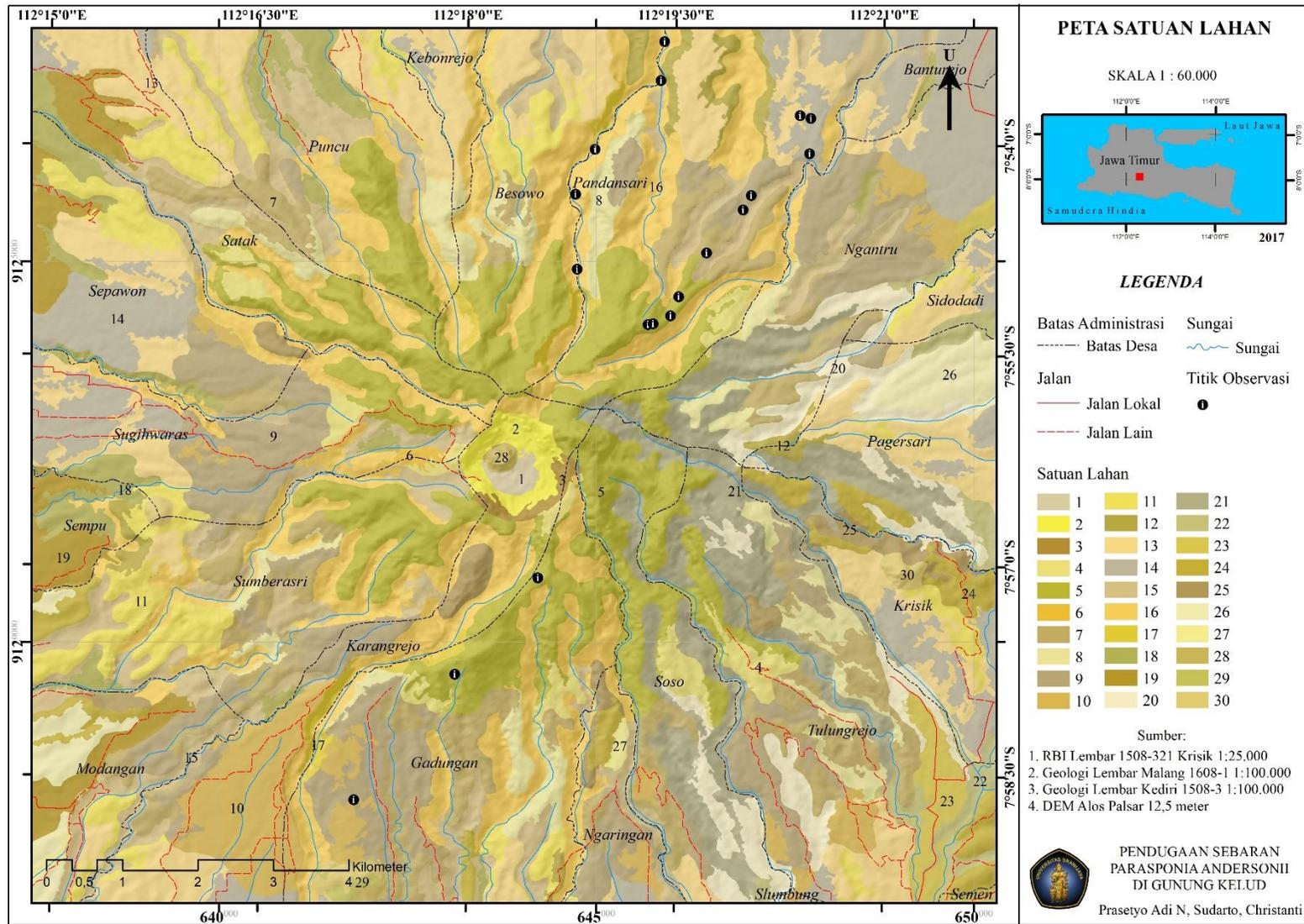
4) Pembuatan Peta Sebaran

Pembuatan Peta Sebaran dalam penelitian ini menggunakan dua cara, yaitu 1) model persamaan statistika; 2) kriteria kesesuaian lahan menurut Priana (2017) dan Hadi (2017). Peta Sebaran menggunakan kriteria kesesuaian dilakukan berdasarkan Peta Satuan Lahan (Gambar 6). Hasil kedua Peta Sebaran selanjutnya akan dilakukan uji akurasi untuk melihat seberapa akurat kebenaran dari peta tersebut. Uji akurasi dilakukan menggunakan pendekatan menurut Sutanto (1994), yaitu membandingkan nilai piksel pendugaan terhadap nilai aktual pada pengamatan di lapangan. Hasil uji akurasi akan disajikan dalam bentuk grafik yang akan menunjukkan nilai koefisien determinasi dari perbandingan antara piksel pendugaan terhadap nilai aktual pengamatan di lapangan.





Gambar 5. Peta Observasi Gunung Kelud



Gambar 6. Peta Satuan Lahan Gunung Kelud



IV. KONDISI UMUM WILAYAH

4.1. Administrasi

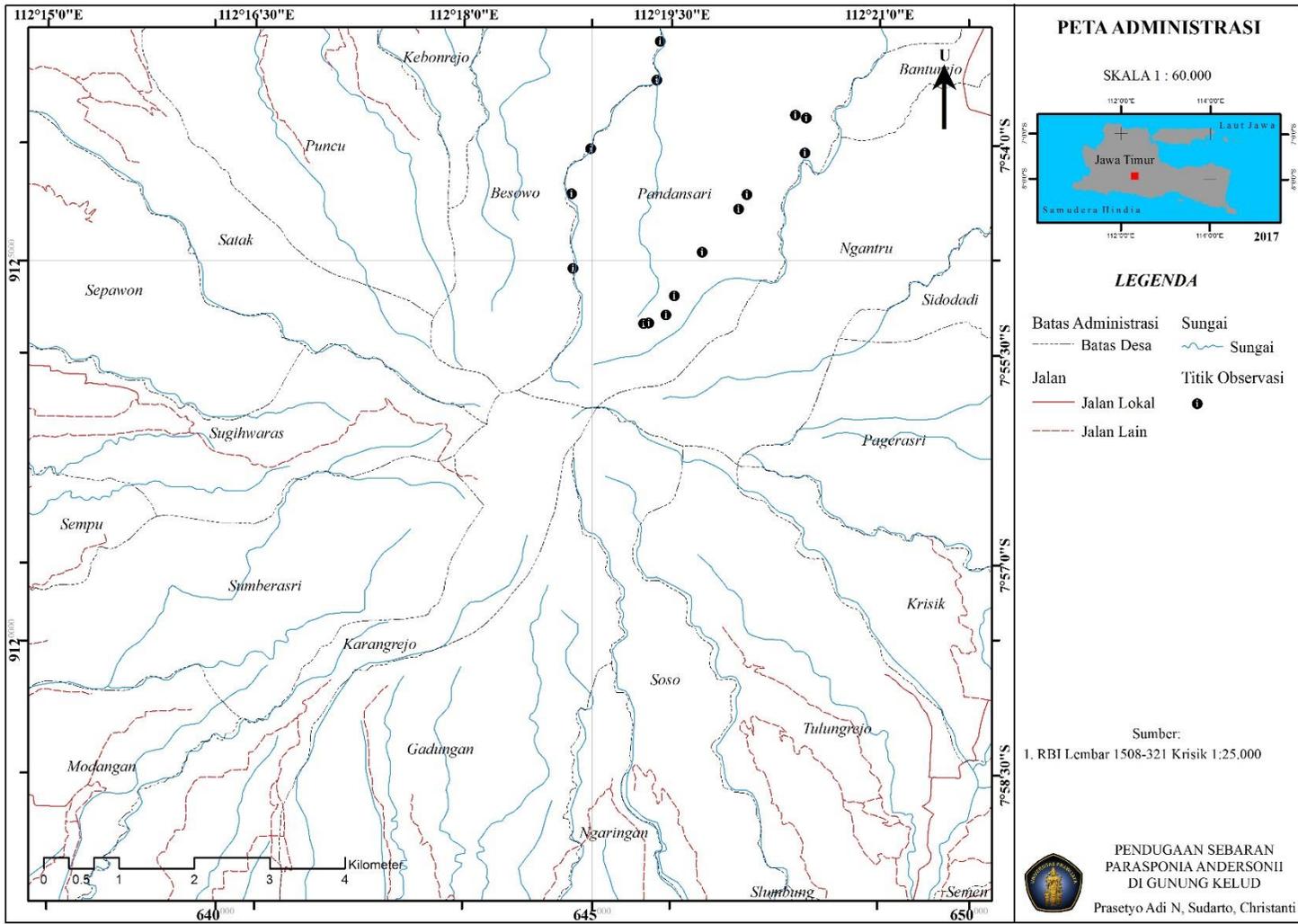
Secara geografis, Gunung Kelud terletak antara 7°56'00 Lintang Selatan dan 112°18'30 Bujur Timur. Secara administratif, Gunung Kelud terbagi atas 3 Kecamatan di Kabupaten Blitar (±8437,159 hektar), 4 Kecamatan di Kabupaten Kediri (±4621,784 hektar), dan 1 Kecamatan di Kabupaten Malang (±3322,77 hektar). Wilayah yang tercakup dalam administrasi Gunung Kelud disajikan pada Tabel 8, sedangkan batas administrasi Gunung Kelud disajikan pada Gambar 7.

Tabel 8. Administrasi Gunung Kelud

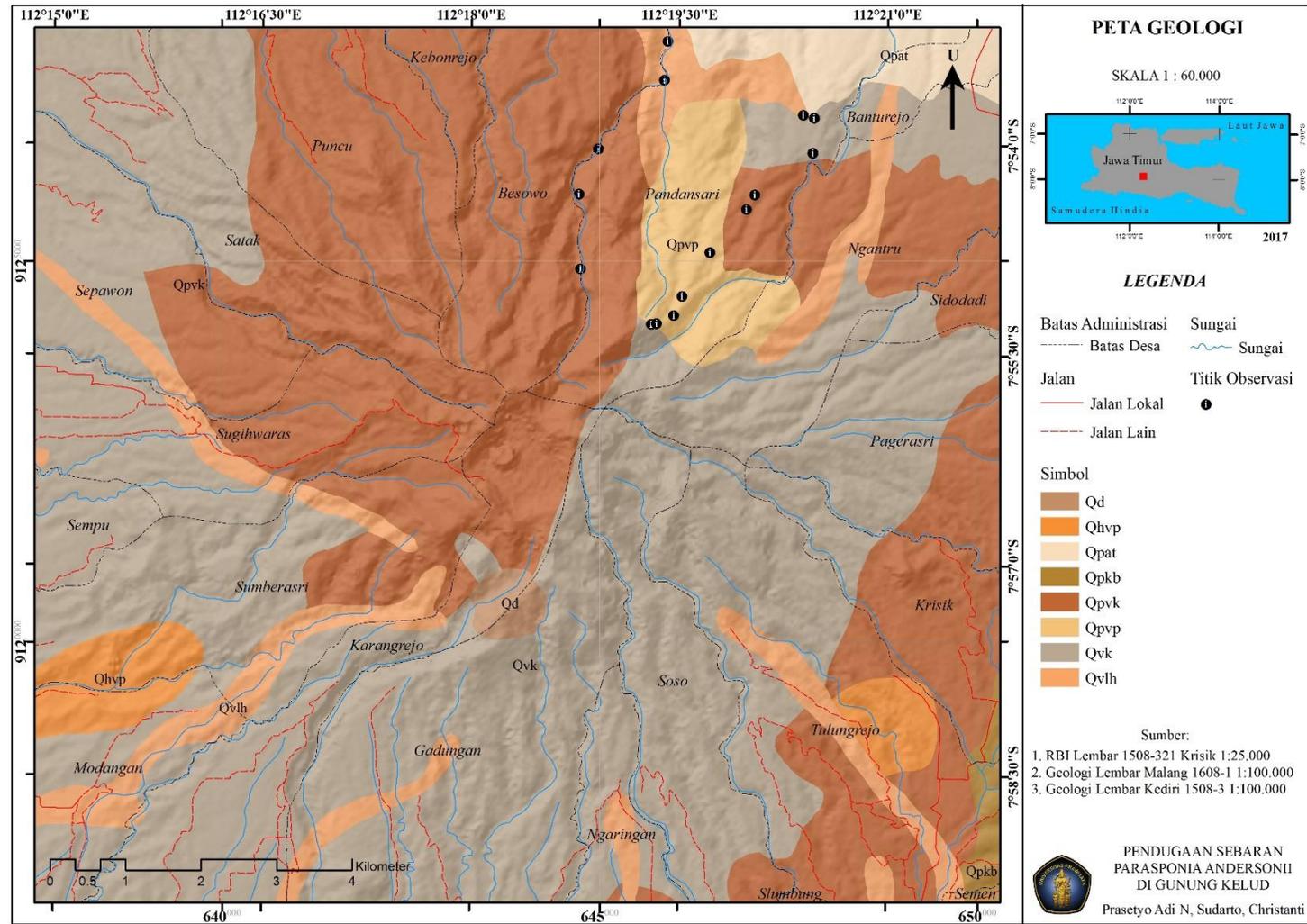
No.	Kabupaten	Kecamatan	Luasan	
			ha	%
1.	Blitar	Gandusari	5458,88	33,32
		Garum	1279,34	7,81
		Nglegok	1698,94	10,37
2.	Malang	Ngantang	3322,77	20,28
3.	Kediri	Kepung	1009,18	6,16
		Ngancar	1003,70	6,13
		Plosoklaten	766,55	4,68
		Puncu	1842,35	11,25

4.2. Geologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Malang 1608-1 dan Lembar Kediri 1508-3 (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1992), terdapat 8 formasi Geologi di Gunung Kelud (Tabel 9), yaitu 1) Qd: Endapan Rombakan Kelud; 2) Qhvp: Batuan Gunungapi Parasit Muda; 3) Qpat: Batuan Gunungapi Anjasmara Tua; 4) Qpkb: Batuan Gunungapi Kawi-Butak; 5) Qpyk: Batuan Gunungapi Kelud Tua; 6) Qpyp: Batuan Gunungapi Parasit Tua; 7) Qvkl: Batuan Gunungapi Kelud Muda; 8) Qvhl: Endapan Lahar. Sebaran Formasi Geologi di wilayah Gunung Kelud disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7. Peta Administrasi Gunung Kelud



Gambar 8. Peta Geologi Gunung Kelud



Tabel 9. Satuan Geologi Gunung Kelud

Kode	Sumber Bahan	Batuan Penyusun	Umur Batuan	Persentase
1. Qd	Kelud Debris	Runtuhan batu gunungapi dan talus.	Kuarter	0,47
2. Qhvp	Gn. Muda Parasitic	Lava, tuf breksi dan tuf.	Kuarter	2,29
3. Qpat	Batuan Gn. Api Tua Anjasmara	Breksi gunungapi, breksi tuf, tuf dan lava.	Kuarter	2,15
4. Qpkb	Batuan Gn. Api Kawi-Butak	Breksi gunungapi, lava, tuf dan lahar.	Kuarter	1,07
5. Qpvk	Batuan Gn. Api Tua Kelud	Lava, breksi gunungapi, tuf breksi, tuf dan lahar.	Kuarter	34,07
6. Qpvp	Batuan Gn. Api Marikeng	Lava andesit, breksi dan tuf.	Kuarter	2,65
7. Qyk	Gn. Api Muda Kelud	Lava, breksi tuf, aglomerat, tuf dan lahar.	Kuarter	49,77
8. Qvlh	Endapan Lahar	Kerakal-pasir gunungapi, tuf, lempung dan sisa tumbuhan atau peradaban.	Kuarter	7,54

Sumber: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (1992)

Endapan Rombakan Kelud (Qd), terdiri atas material runtuhan batu gunungapi dan talus. Material endapan ini terletak pada kubah Gunung Kelud dengan ketinggian antara 1000 – 1500 mdpl, yang memiliki luas ±77,22 hektar.

Batuan Gunungapi Parasit Muda (Qhvp), terdiri atas material lava, tuf breksi dan tuf. Material gunungapi ini berasal dari Gunung Pisang dengan ketinggian antara 0 – 1000 mdpl yang memiliki luas ±377,50 hektar. Batuan Gunungapi Anjasmara Tua (Qpat), terdiri atas material breksi gunungapi, breksi tuf, tuf dan lava. Material gunungapi ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas ±353,61 hektar.

Batuan Gunungapi Kawi-Butak (Qpkb), terdiri atas material breksi gunungapi, lava, tuf dan lahar. Material ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas ±176,23 hektar. Batuan Gunungapi Kelud Tua (Qpvk), terdiri atas material lava, breksi gunungapi, tuf breksi, tuf dan lahar. Material ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas ±5614,88 hektar. Batuan Gunungapi Parasit



Tua (Qpyp), terdiri atas material lava andesit, breksi dan tuf. Material ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 436,23$ hektar.

Batuan Gunungapi Kelud Muda (Qvk), terdiri atas material lava, breksi tuf, aglomerat, tuf dan lahar. Material ini tersebar di wilayah gunung Kelud dengan luas $\pm 8203,68$ hektar. Endapan Lahar (Qvlh), terdiri atas material kerakal-pasir gunungapi, tuf, lempung dan sisa tumbuhan atau peradaban. Material ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 1242,97$ hektar.

4.3. Topografi

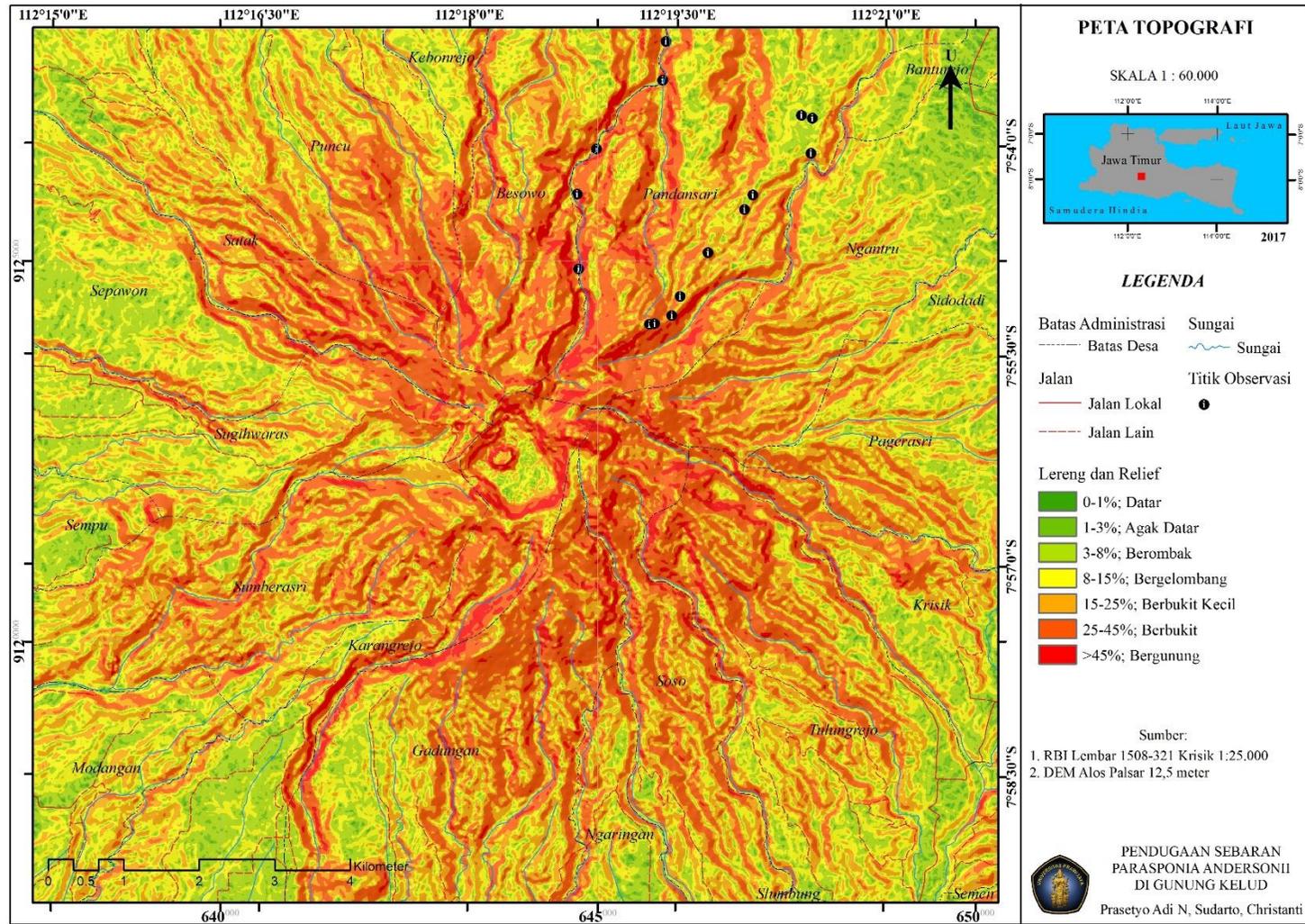
Gunung Kelud memiliki kenampakan topografi yang bervariasi, hal ini dikarenakan wilayah ini termasuk kedalam daerah Vulkanik. Berdasarkan kelas kelerengan dan relief, Gunung Kelud terbagi menjadi 7 kelas kelerengan, mulai datar (0 - 1%), agak datar (1 - 3%), berombak (3 - 8%), bergelombang (8 - 15%), berbukit kecil (15 - 25%), berbukit (25 - 40%), dan bergunung (> 40%). Sedangkan berdasarkan ketinggian tempat, berkisar antara $\pm 500 - 1730$ m dpl. Sebaran kelerengan, relief, dan ketinggian tempat disajikan pada Gambar 9 dan Gambar 10, sedangkan daftar kelerengan, relief, dan ketinggian disajikan pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Kelerengan dan Relief Gunung Kelud

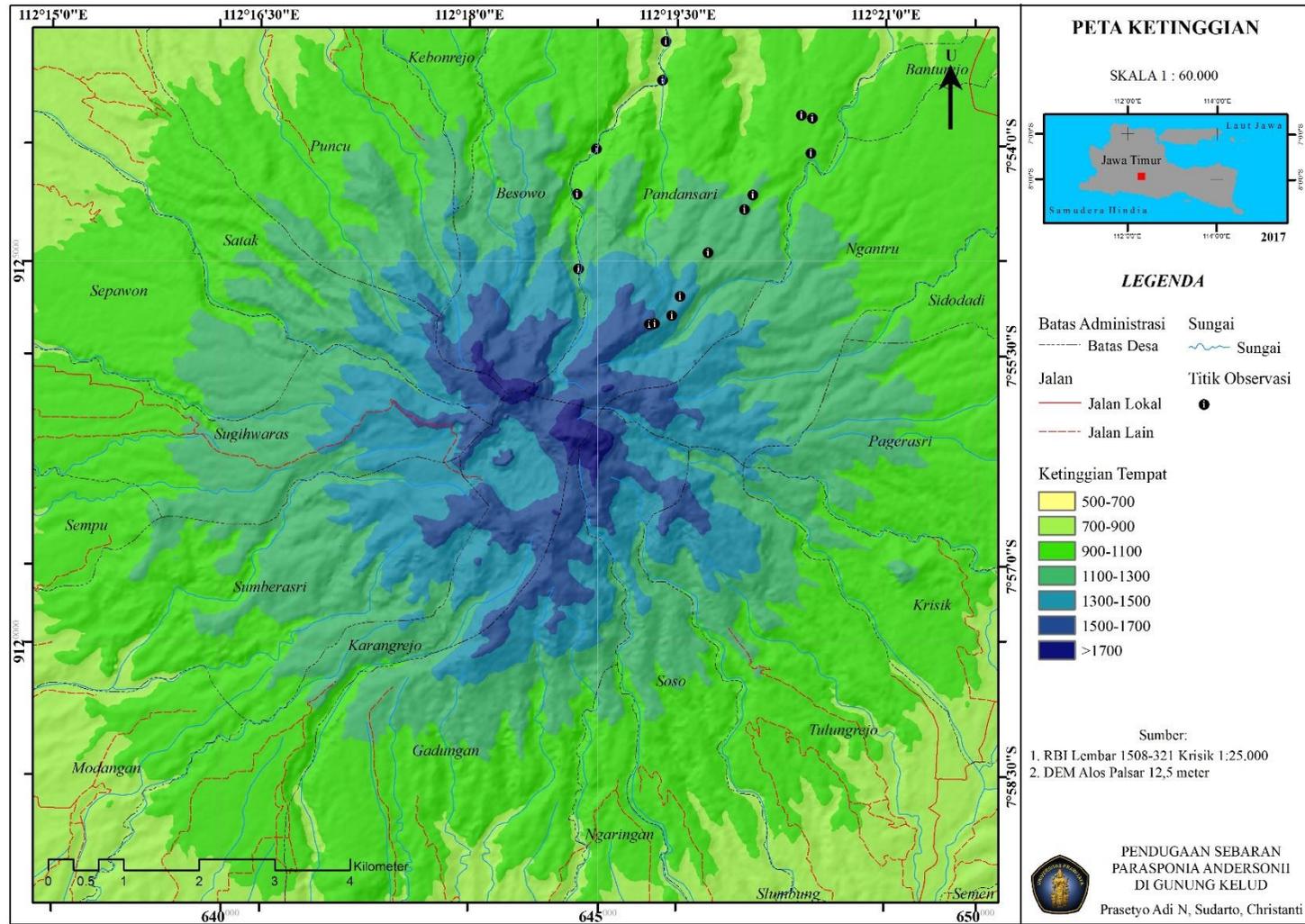
No.	Kelerengan	Relief	Luasan	
			ha	%
1.	0 - 1%	Datar	14,85	0,09
2.	1 - 3%	Agak Datar	165,42	1,01
3.	3 - 8%	Berombak	1437,57	8,76
4.	8 - 15%	Bergelombang	2914,92	17,76
5.	15 - 25%	Berbukit Kecil	3332,52	20,31
6.	25 - 40%	Berbukit	3420,27	20,84
7.	> 40%	Bergunung	5123,70	31,22

Tabel 11. Ketinggian Tempat Gunung Kelud

No.	Ketinggian Tempat	Luasan	
		ha	%
1.	500 - 700 m dpl	2979,168	18,196
2.	700 - 900 m dpl	7106,259	43,402
3.	900 - 1100 m dpl	3660,192	22,355
4.	1100 - 1300 m dpl	1617,030	9,876
5.	1300 - 1500 m dpl	909,830	5,557
6.	1500 - 1700 m dpl	99,885	0,610
7.	> 1700 m dpl	0,717	0,004



Gambar 9. Peta Topografi Gunung Kelud



Gambar 10. Peta Ketinggian Tempat Gunung Kelud

4.4. Bentuk Lahan (*Landforms*)

Berdasarkan klasifikasi bentuk lahan Marsoedi *et al.* (1997), bentuk lahan di wilayah Gunung Kelud merupakan Kelompok Vulkanik (Tabel 12 dan Gambar 11). Bentuk lahan tersebut, terdiri atas 1) V.1.1.1: Kawah; 2) V.1.1.2: Dinding Kaldera; 3) V.1.2: Aliran Lahar; 4) V.1.3: Aliran Lava; 5) V.1.7: Kerucut Anakan; 6) V.1.1.3: Lereng Vulkan Atas; 7) V.1.1.4: Lereng Vulkan Tengah; 8) V.1.1.5: Lereng Vulkan Bawah, 9) V.1.6: Lungur Vulkan, dan 10) V.4: Intrusi Vulkan.

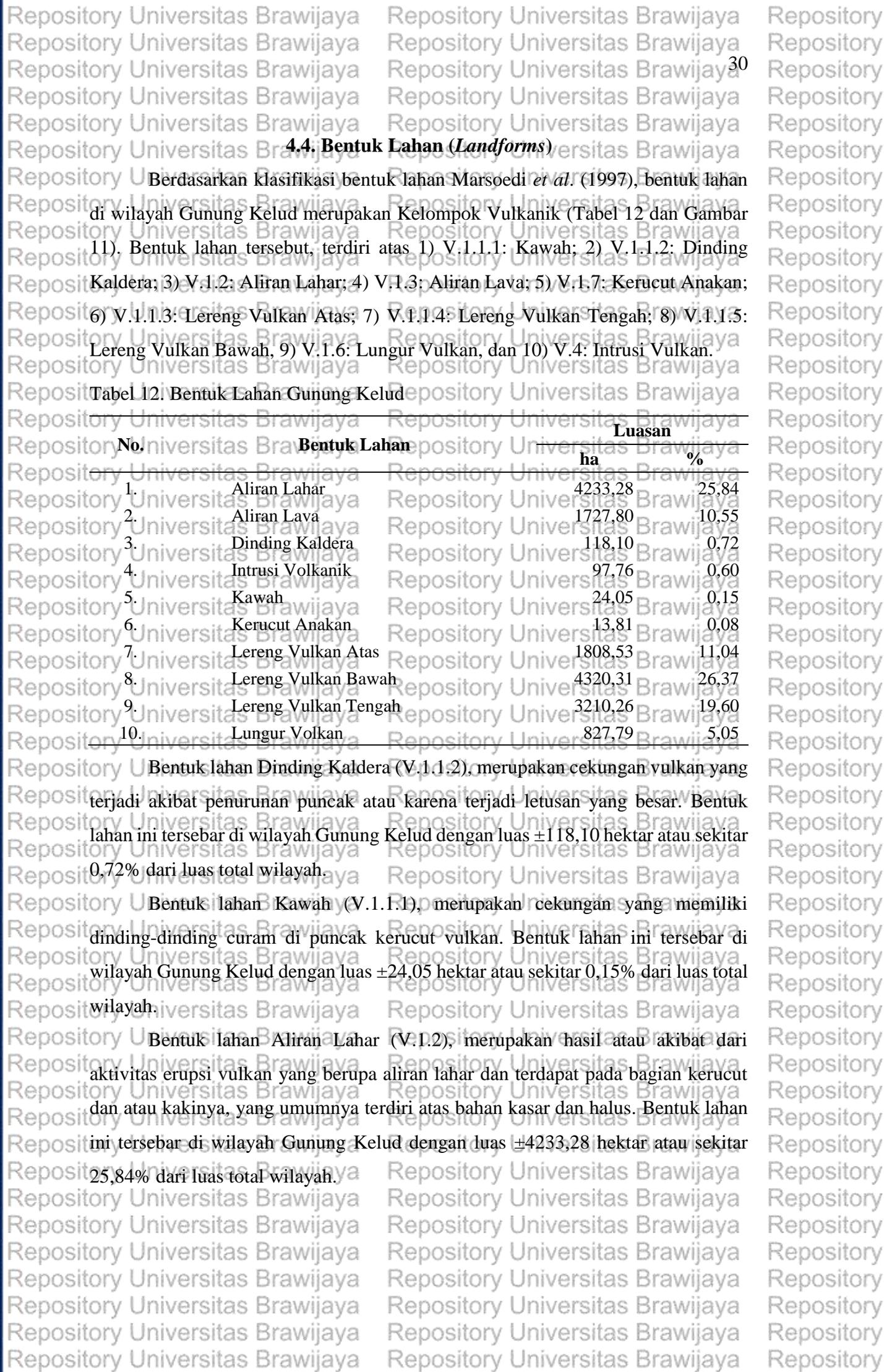
Tabel 12. Bentuk Lahan Gunung Kelud

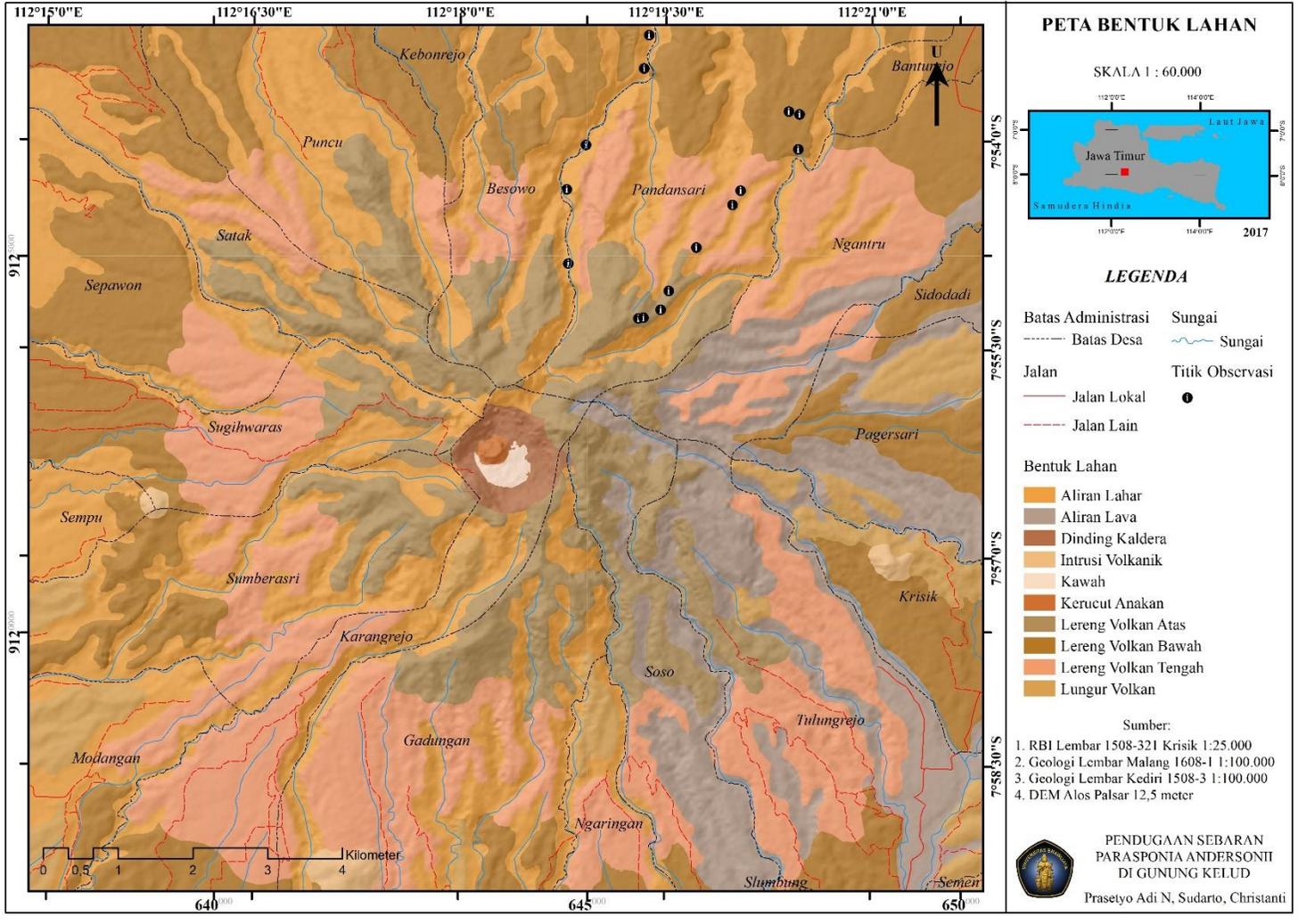
No.	Bentuk Lahan	Luasan	
		ha	%
1.	Aliran Lahar	4233,28	25,84
2.	Aliran Lava	1727,80	10,55
3.	Dinding Kaldera	118,10	0,72
4.	Intrusi Vulkanik	97,76	0,60
5.	Kawah	24,05	0,15
6.	Kerucut Anakan	13,81	0,08
7.	Lereng Vulkan Atas	1808,53	11,04
8.	Lereng Vulkan Bawah	4320,31	26,37
9.	Lereng Vulkan Tengah	3210,26	19,60
10.	Lungur Vulkan	827,79	5,05

Bentuk lahan Dinding Kaldera (V.1.1.2), merupakan cekungan vulkan yang terjadi akibat penurunan puncak atau karena terjadi letusan yang besar. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas ±118,10 hektar atau sekitar 0,72% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Kawah (V.1.1.1), merupakan cekungan yang memiliki dinding-dinding curam di puncak kerucut vulkan. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas ±24,05 hektar atau sekitar 0,15% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Aliran Lahar (V.1.2), merupakan hasil atau akibat dari aktivitas erupsi vulkan yang berupa aliran lahar dan terdapat pada bagian kerucut dan atau kakinya, yang umumnya terdiri atas bahan kasar dan halus. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas ±4233,28 hektar atau sekitar 25,84% dari luas total wilayah.





Gambar 11. Peta Bentuk Lahan Gunung Kelud

Bentuk lahan Aliran Lava (V.1.3), merupakan hasil erupsi vulkan yang berupa aliran lava dan terdiri atas magma padat yang membeku. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 1727,80$ hektar atau sekitar 10,55% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Kerucut Anakan (V.1.7), merupakan kerucut vulkan yang terbentuk bukan pada kawah utama, tetapi pada kawah-kawah kecil di sekitar kawah utama. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 13,81$ hektar atau sekitar 0,08% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Lereng Vulkan Atas (V.1.1.3), merupakan bagian lereng tengah kerucut vulkan yang tidak terlalu curam dengan pola drainase radial. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 1808,53$ hektar atau sekitar 11,04% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Lereng Vulkan Tengah (V.1.1.4), merupakan bagian lereng tengah kerucut vulkan yang tidak terlalu curam dengan pola drainase radial. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 3210,26$ hektar atau sekitar 19,60% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Lereng Vulkan Bawah (V.1.1.5), merupakan bagian lereng bawah kerucut vulkan yang melandai. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud dengan luas $\pm 4320,31$ hektar atau sekitar 26,37% dari luas total wilayah.

Bentuk lahan Lungur Vulkanik (V.1.6), merupakan bagian punggung-punggung yang terbentuk akibat erosi yang berlangsung cukup lama. Bentuk lahan ini bisa terdapat pada lereng atas, lereng bawah, atau kaki vulkan. Lungur vulkan tersebar di wilayah Gunung Kelud sebesar $\pm 827,79$ hektar atau sekitar 5,05% dari total luas wilayah.

Bentuk lahan Intrusi Vulkan (V.4), merupakan hasil pembekuan dari magma yang berada dalam perut bumi dimana kemudian muncul di permukaan karena erosi. Bentuk lahan ini tersebar di wilayah Gunung Kelud sebesar $\pm 97,76$ atau sekitar 0,60% dari total luas wilayah.

4.5. Iklim

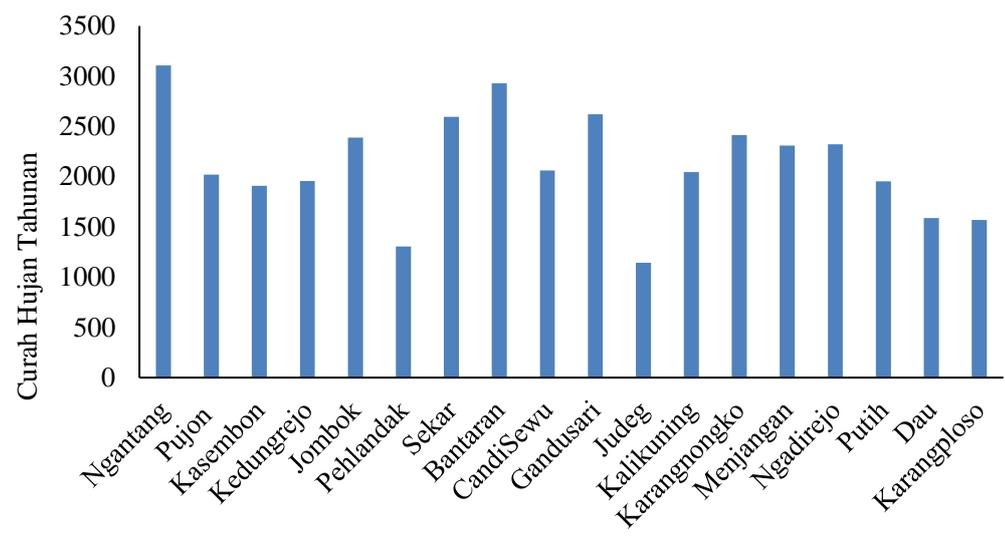
Kondisi iklim didapatkan dari data curah hujan yang diperoleh dari 18 stasiun hujan yang tersebar di Kecamatan Dau (Dau), Kecamatan Gandusari (Gandusari, Judeg, dan Bantaran), Kecamatan Garum (Menjangan dan Putih),



Kecamatan Karangploso (Karangploso), Kecamatan Kasembon (Jombok dan Kasembon), Kecamatan Nglegok (Candisewu, Kalikuning, dan Karangnongko), Kecamatan Wlingi (Wlingi), dan Kecamatan Ngantang (Sekar dan Ngantang).

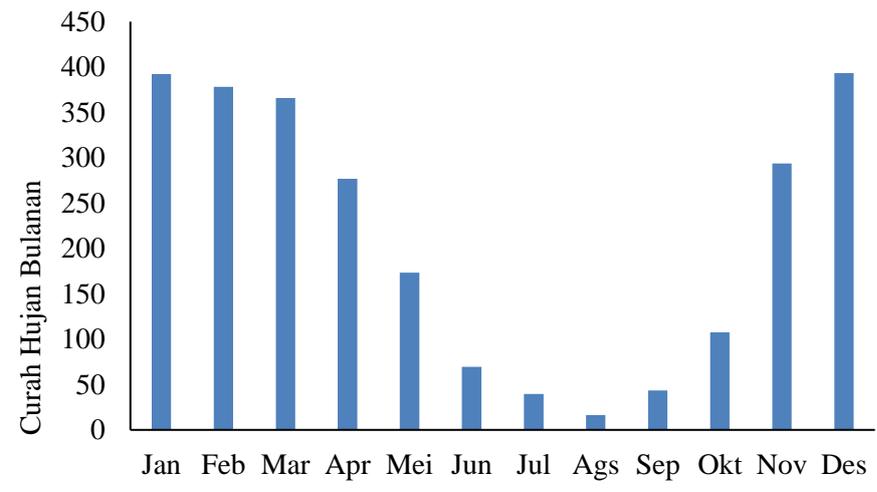
Data yang digunakan yaitu data curah hujan bulanan pada tahun 2004-2013 (Lampiran 1), kemudian dihitung rerata bulanan, bulan basah dan bulan kering.

Grafik rerata bulanan disajikan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Curah Hujan Tahunan Wilayah Gunung Kelud

Curah hujan tahunan paling tinggi terdapat pada stasiun Ngantang yaitu sebesar 3107 mm/tahun, sedangkan yang paling rendah adalah stasiun Judeg yaitu sebesar 1144 mm/tahun.



Gambar 13. Curah hujan bulanan wilayah Gunung Kelud

Curah hujan bulanan tertinggi terdapat pada bulan Desember dengan curah hujan rata-rata 393 mm/bulan. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus dengan curah hujan rata-rata 17 mm/bulan. Gambar 12 menunjukkan bahwa penurunan curah hujan terjadi pada bulan Mei yang menandakan masuknya musim kemarau, kemudian kembali meningkat pada bulan November yang menandakan awal masuknya musim penghujan. Berdasarkan klasifikasi Oldeman, di Gunung Kelud terdapat 6 bulan basah yang dimulai pada bulan Januari hingga April berturut-turut kemudian November dan Desember, dan 4 bulan kering yang dimulai pada bulan Mei hingga Oktober. Dengan demikian Desa Pandansari masuk dalam klasifikasi iklim C3, yaitu wilayah dengan jumlah bulan basah 5-6 bulan (C) dan jumlah bulan kering 4-6 (3).

Bulan basah (BB) rerata hasil klasifikasi memiliki 7,6 dan Bulan kering (BK) 3,3, dimana nilai $Q = 43,42\%$. Dimana jumlah bulan basah tertinggi terjadi pada tahun 2010 yaitu 12 bulan basah dan 0 bulan kering, hal ini terjadi karena pada tahun 2010 terjadi fenomena alam yang disebut *La Nina*. Menurut BMKG (2010), fenomena *La Nina* ini muncul Karena suhu air laut di Pasifik bagian Timur lebih dingin dari bisa. Ketika *La Nina* muncul, bagian sebelah barat pasifik mengalami peningkatan curah hujan sementara bagian sebelah timur pasifik mengalami pengurangan curah hujan. Sedangkan untuk bulan kering tertinggi terjadi pada tahun 2006 yaitu 5 bulan kering dan 6 bulan basah.

Hasil Klasifikasi menurut Schmidt-Ferguson (Tabel 13), bahwa daerah penelitian tersebut termasuk kedalam tipe iklim C yaitu daerah dengan nilai $Q = 43,42\%$ termasuk kedalam kriteria agak basah dengan vegetasi hutan rimba, hal ini sesuai dengan kondisi umum lokasi penelitian yang berada di lereng timur laut Gunung Kelud, dimana wilayahnya adalah daerah pegunungan.

Tabel 13. Klasifikasi iklim menurut Schmidt-Ferguson

Ket	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Jumlah	Rerata
BB	7	7	6	7	7	7	12	7	7	9	76	7,6
BK	4	3	5	3	4	4	0	4	4	2	33	3,3

$$Q = \frac{BK}{BB} * 100\%$$

$$Q = \frac{3,3}{7,6} * 100\%$$

$$Q = 43,42\%$$

Tipe Iklim C

4.6. Tanah

Berdasarkan Peta Tanah hasil survei BBSDLP (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian) tahun 2015, tanah-tanah di wilayah Gunung Kelud tersusun atas bahan induk vulkanik yang berasal dari endapan lahar, endapan batuan, dan material-material vulkanik lainnya. Secara perkembangan, material yang berasal dari bahan induk vulkanik di Gunung Kelud, membentuk Entisols, Inceptisols, Andisols, dan Mollisols (Tabel 14 dan Gambar 14).

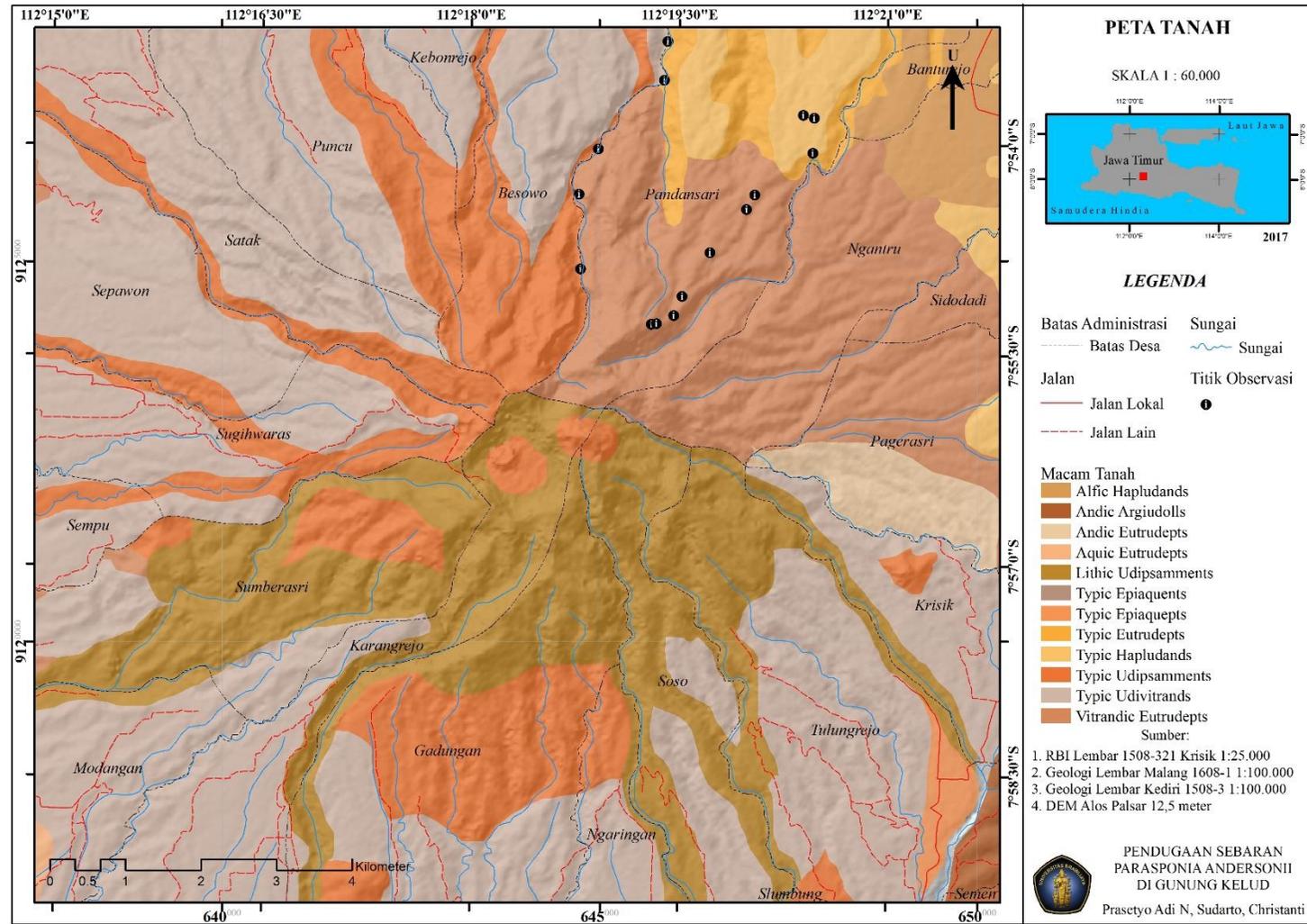
Tabel 14. Satuan Jenis Tanah Gunung Kelud

No.	Ordo	Sub Group	Luasan	
			ha	%
1.	Andisols	Alfic Hapludands	348.95	2.13
		Typic Hapludands	379.14	2.31
		Typic Udivitrands	7301.32	44.57
2.	Entisols	Lithic Udipsamments	2831.56	17.28
		Typic Epiaquents	12.94	0.08
		Typic Udipsamments	2577.85	15.74
		Andic Eutrudepts	268.97	1.64
3.	Inceptisols	Aquic Eutrudepts	22.24	0.14
		Typic Epiaquepts	387.28	2.36
		Vitrantic Eutrudepts	2070.91	12.64
4.	Mollisols	Andic Argiudolls	180.56	1.10

Sumber: BBSDLP (2015)

Andisols di wilayah Gunung Kelud terbagi atas Alfic Hapludands, Typic Hapludands, dan Typic Udivitrands. Entisols terbagi atas Lithic Udipsamments, Typic Epiaquents, dan Typic Udipsamments. Inceptisols terdiri atas Andic Eutrudepts, Aquic Eutrudepts, Typic Eutrudepts, dan Vitrantic Eutrudepts. Terakhir Mollisols terdiri atas Andic Argiudolls.

Hasil penelitian Ubaidillah (2017), menyimpulkan bahwa sub-grup di posisi lereng vulkan atas bagian tengah yaitu Vitrantic Eutrudepts dan Andic Eutrudepts; lereng vulkan atas bagian bawah yaitu Vitrantic Dystrudepts dan Vitrantic Eutrudepts; lereng vulkan tengah yaitu Vitrantic Dystrudepts dan Thaptic Udivitrands; dan lereng vulkan bawah yaitu Vitrantic Hapludolls dan Humic Udivitrands.



Gambar 14. Peta Tanah Gunung Kelud

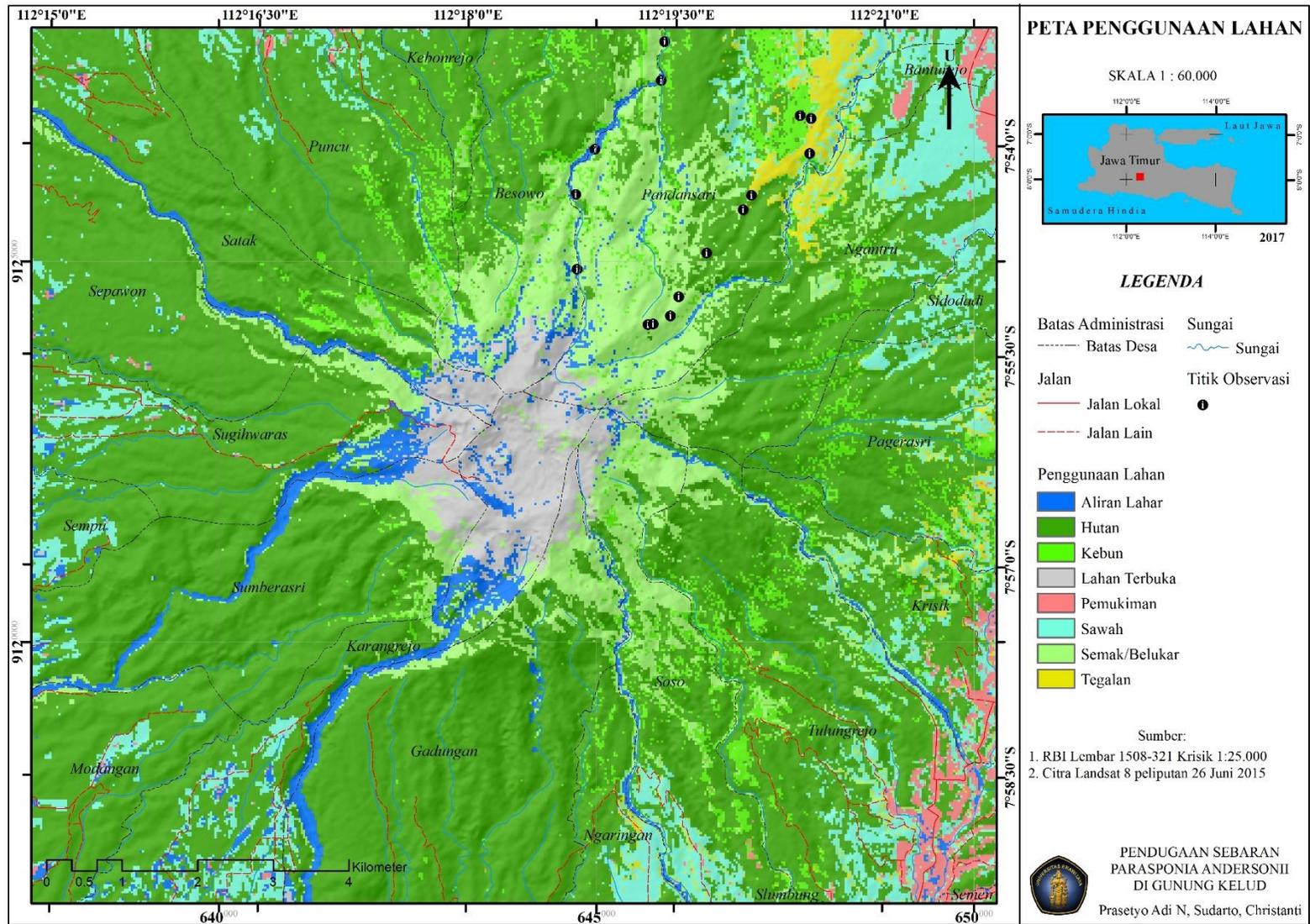
4.7. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di Gunung Kelud dikelompokkan menjadi 8 jenis penggunaan lahan, yaitu hutan, tegalan, sawah, kebun, semak, lahan terbuka, pemukiman, dan aliran lahar (Tabel 15). Identifikasi penggunaan lahan dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat OLI/TIRS dengan peliputan 26 Juni 2015. Hasil klasifikasi penggunaan lahan disajikan dalam Gambar 15.

Gunung Kelud (Lembar 1508-321 Krisik) memiliki luas total wilayah kurang lebih 16381,71 hektar. Jenis penggunaan lahan terluas adalah hutan mencapai ±10467,27 hektar atau sekitar 63,94% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan semak/belukar memiliki luas ±1817,19 hektar atau sekitar 11,10% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan sawah memiliki luas ±1557,36 hektar atau sekitar 9,51% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan kebun memiliki luas ±676,26 hektar atau sekitar 4,13% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan aliran lahar memiliki luas ±611,73 hektar atau sekitar 3,74% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan terbuka memiliki luas ±567,99 hektar atau sekitar 3,47% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan pemukiman memiliki luas ±443,34 hektar atau sekitar 2,71% dari luas total wilayah. Jenis penggunaan lahan tegalan memiliki luas ±229,86 hektar atau sekitar 1,40% dari luas total wilayah.

Tabel 15. Penggunaan Lahan Gunung Kelud

No.	Penggunaan Lahan	Luasan	
		ha	%
1.	Hutan	10467,27	63,94
2.	Kebun	676,26	4,13
3.	Sawah	1557,36	9,51
4.	Tegalan	229,86	1,40
5.	Semak/Belukar	1817,19	11,10
6.	Lahan Terbuka	567,99	3,47
7.	Aliran Lahar	611,73	3,74
8.	Pemukiman	443,34	2,71



Gambar 15. Peta Penggunaan Lahan Gunung Kelud



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil

5.1.1 Lokasi *Parasponia andersonii*

Berdasarkan hasil penelitian Hairiah *et al.* (2015), *Parasponia andersonii* biasanya terdapat di wilayah berpasir dan basah yang berada di daerah deposit lahar (aliran lahar) Gunung Kelud. Hasil tersebut sejalan dengan fakta di lapangan mengenai kondisi wilayah yang ditumbuhi oleh *Parasponia andersonii* yaitu cenderung berpasir. Akan tetapi, pada posisi punggung ternyata lebih banyak dijumpai *Parasponia andersonii* daripada posisi lembah atau aliran lahar (Tabel 16).

Tabel 16. Lokasi *Parasponia andersonii*

No.	Titik	Identitas Lahan	Posisi	<i>Parasponia andersonii</i>	Produksi Bintil Akar Efektif
1	LA 1	High Ridges	Punggung	Ada	607
2	LA 2	Midslope Ridges	Punggung	Tidak Ada	-
3	LA 3	Open Slopes	Lereng	Ada	508
4	LA 4	High Ridges	Punggung	Ada	459
5	LA 5	Open Slopes	Lereng	Ada	447
6	LT 1	Valleys	Lembah	Tidak Ada	-
7	LT 2	Valleys	Lembah	Tidak Ada	-
8	LT 3	Plains	Punggung	Tidak Ada	-
9	LT 4	Midslope Ridges	Punggung	Ada	444
10	LT 5	Streams	Lembah	Tidak Ada	-
11	LB 1	Upper Slopes	Lereng	Tidak Ada	-
12	LB 2	Valleys	Lereng	Tidak Ada	-
13	LB 3	Midslope Ridges	Punggung	Tidak Ada	-
14	LB 4	Open Slopes	Lereng	Ada	400
15	LB 5	Streams	Lembah	Tidak Ada	-

Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

1) Sebaran *Parasponia andersonii* setiap Bentuk Lahan

Berdasarkan Peta Bentuk Lahan yang telah disajikan pada Bab IV, *Parasponia andersonii* ditemukan pada bentuk lahan lereng volkan atas, lereng volkan tengah, dan aliran lahar. Populasi tertinggi dijumpai pada bentuk lahan



lereng vulkan atas yang memiliki kondisi wilayah curam dengan keadaan permukaan yang di dominasi oleh bahan kasar. Menurut Marsoedi (1997) lereng vulkan atas merupakan bagian atas kerucut vulkan yang curam dengan kikisan yang dalam. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa wilayah lereng vulkan atas memang banyak terdapat fraksi kasar (pasir dan kerikil) pada permukaannya dan banyak tumbuh *Parasponia andersonii*. Sedangkan lereng vulkan tengah memiliki karakter yang mirip dengan lereng vulkan atas, sehingga memiliki populasi *Parasponia andersonii* yang cukup banyak.

Populasi *Parasponia andersonii* di lereng vulkan tengah dan aliran lahar memang tidak sebanyak di lereng vulkan atas, terutama pada wilayah aliran lahar. Hasil pengamatan di lapangan menemukan bahwa pada wilayah aliran lahar, *Parasponia andersonii* cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan wilayah lereng vulkan atas dan lereng vulkan tengah. Hal ini dikarenakan *Parasponia andersonii* yang tumbuh di aliran lahar hanya merupakan benih yang terbawa angin dari wilayah atas Gunung Kelud. Selain itu, di aliran lahar terdapat aliran air dari gunung yang cukup deras, sehingga benih yang baru atau akan tumbuh terbawa oleh aliran tersebut.

2) Sebaran *Parasponia andersonii* setiap Penggunaan Lahan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, mayoritas *Parasponia andersonii* ditemukan di penggunaan lahan semak untuk wilayah lereng vulkan atas dan lereng vulkan tengah. Sedangkan wilayah aliran lahar hanya terdapat tambang pasir (lahan terbuka). *Parasponia andersonii* hanya ditemukan pada penggunaan lahan semak dan lahan terbuka. Pada penggunaan lahan lain, seperti sawah, tegalan, hutan, dan kebun tidak ditemukan *Parasponia andersonii*. Hal ini mungkin dikarenakan karakteristik lahan di penggunaan lahan ini kurang sesuai dengan habitat dari *Parasponia andersonii* yang mana cenderung pada lahan dengan fraksi kasar.

3) Sebaran *Parasponia andersonii* setiap Elevasi

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, populasi *Parasponia andersonii* akan semakin banyak apabila lokasi tersebut memiliki nilai ketinggian yang semakin tinggi. Hal ini diperkuat dengan nilai korelasi yang positif sebesar 0,82 % antara ketinggian tempat terhadap bintil akar. Sebaliknya, di wilayah aliran lahar

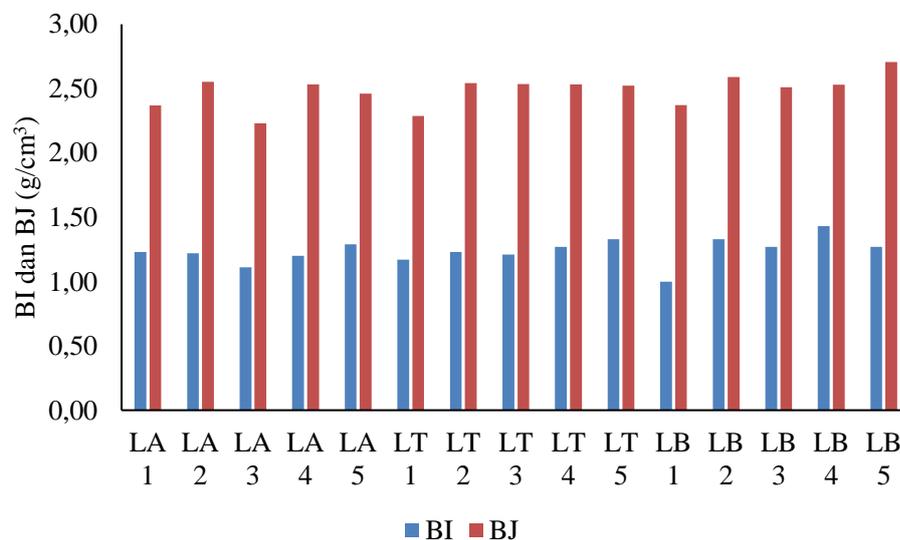
dengan nilai ketinggian yang semakin rendah jumlah *Parasponia andersonii* semakin sedikit.

5.1.2 Karakteristik Lahan

1. Fisika Tanah

a) Berat Isi, Berat Jenis Tanah

Sebaran nilai berat isi tanah pada semua titik menunjukkan kategori yang beragam, mulai dari ringan hingga berat (Gambar 16). Tanah dengan bobot isi senilai 1,0 – 1,3 g/cm³ dikategorikan sebagai tanah dengan bobot isi ringan, sedangkan tanah dengan bobot isi senilai 1,3 – 1,8 g/cm³ dikategorikan sebagai tanah dengan bobot isi berat (Hanafiah, 2005). Sedangkan nilai berat jenis tanah menunjukkan nilai yang beragam sesuai dengan nilai berat isi tanah.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

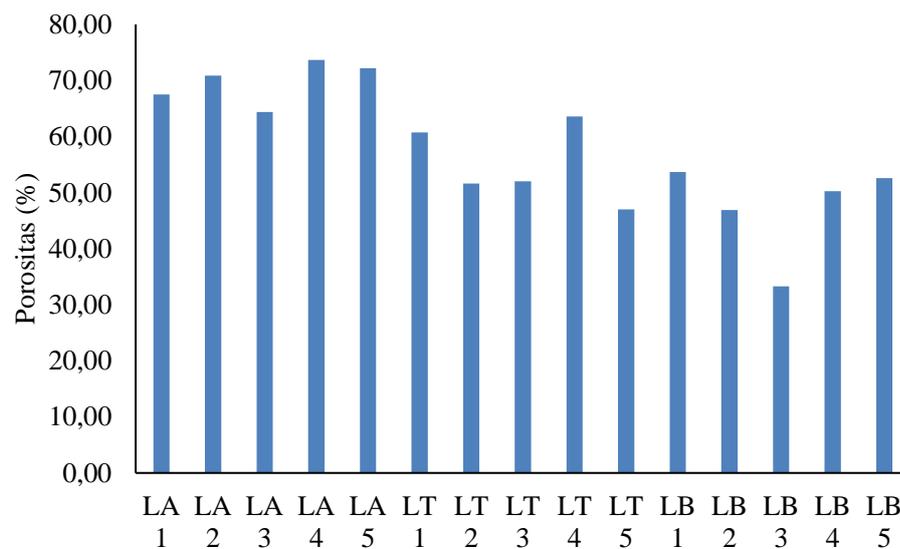
Gambar 16. Nilai Berat Isi dan Berat Jenis pada semua Titik

Nilai berat isi tertinggi terdapat pada titik LB 2, sedangkan nilai berat isi terendah terdapat pada titik LT 4. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan tutupan lahan pada titik-titik tersebut. LB 2 terletak pada posisi lembah yang memiliki tutupan lahan yang rendah, sehingga aktivitas organisme tanah menjadi rendah dan nilai BI menjadi tinggi. Sedangkan LT 4 terletak pada posisi lereng dengan tutupan lahan yang tinggi, sehingga aktivitas organisme tanah semakin banyak dan nilai BI menjadi rendah. Nilai berat jenis dipengaruhi juga oleh bahan organik, semakin tinggi bahan organik maka kepadatan tanah semakin rendah. Sinukaban *et al.* (2000) menyatakan bahwa kandungan bahan organik tanah memiliki peluang untuk

menurunkan bobot isi tanah, semakin banyak kandungan bahan organik tanah maka bobot isi akan semakin rendah.

b) Porositas

Nilai porositas yang terdapat pada lokasi penelitian menunjukkan nilai yang beragam. Porositas tertinggi berada pada titik LT 1, sedangkan porositas terendah berada pada titik LB 3 (Gambar 17). LT 1 berada pada lokasi lereng yang memiliki vegetasi yang cukup banyak dan tanpa adanya pengolahan tanah, sehingga suplai untuk bahan organik semakin banyak. Hal ini menyebabkan peningkatan nilai porositas. Sebaliknya pada LB 3 yang memiliki vegetasi lebih sedikit dan terdapat pada lahan tegalan, sehingga aktivitas pengolahan tanah dapat menurunkan suplai bahan organik dan menurunkan nilai porositas. Lal (1987) menyatakan bahwa penggunaan lahan dan pengolahan tanah dapat menyebabkan perubahan sifat fisik tanah seperti kemantapan agregat dan porositas tanah.

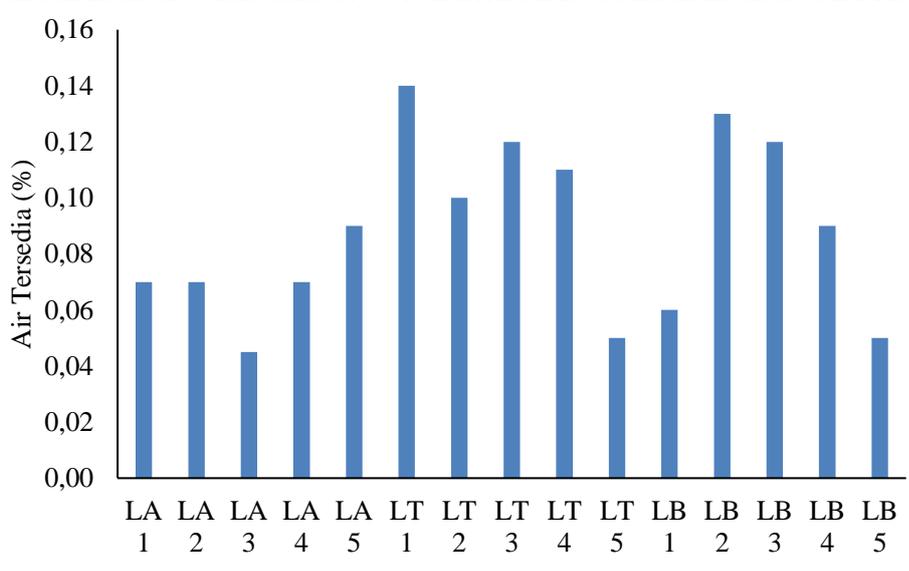


Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
Gambar 17. Nilai Porositas pada seluruh Titik

c) Ketersediaan Air atau pF

Ketersediaan air menunjukkan jumlah air yang dapat disediakan tanah untuk mencukupi kebutuhan tanaman. Ketersediaan air yang paling tinggi didapatkan pada LT 1 (lereng tengah 1) sedangkan yang terendah adalah pada titik LA3 (lereng atas 3). Besar kecilnya nilai ketersediaan air ini dipengaruhi oleh perbedaan tutupan lahan. LT1 berada pada lahan tegalan rumput gajah, sedangkan LT 3 berada pada lahan semak yang lebih rimbun. Lahan dengan tutupan lahan yang lebih rimbun

dapat menahan kehilangan air. Hal ini berhubungan dengan konsep evaporasi permukaan tanah.

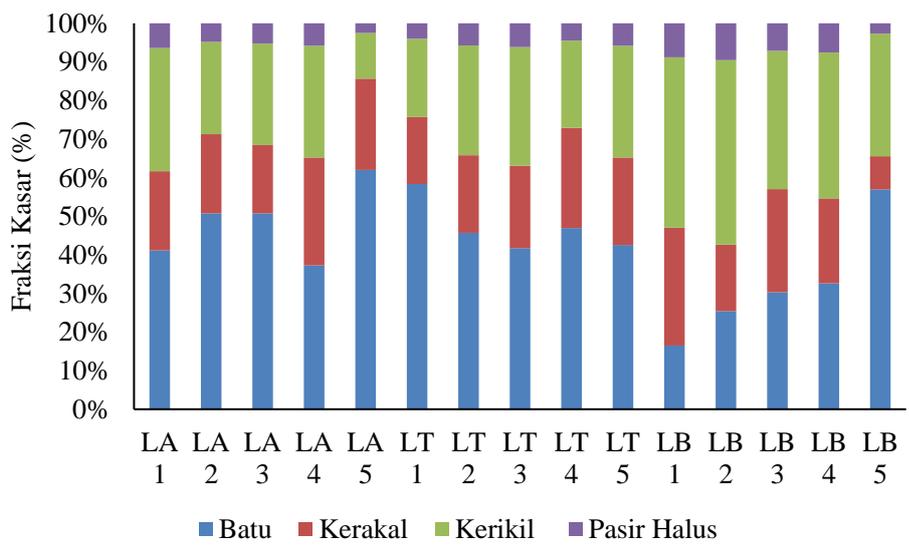


Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

Gambar 18. Ketersediaan Air pada semua Titik

d) Fraksi Bahan Kasar

Fraksi bahan kasar pada lokasi penelitian lebih didominasi oleh fraksi kasar batu. Hal ini terlihat pada titik LA 5, dimana fraksi batu mendominasi komposisi fraksi kasarnya. LA 5 berada pada lereng atas dengan posisi lembah, yang mana pada posisi ini permukaan tanah lebih didominasi oleh batuan-batuan yang besar.



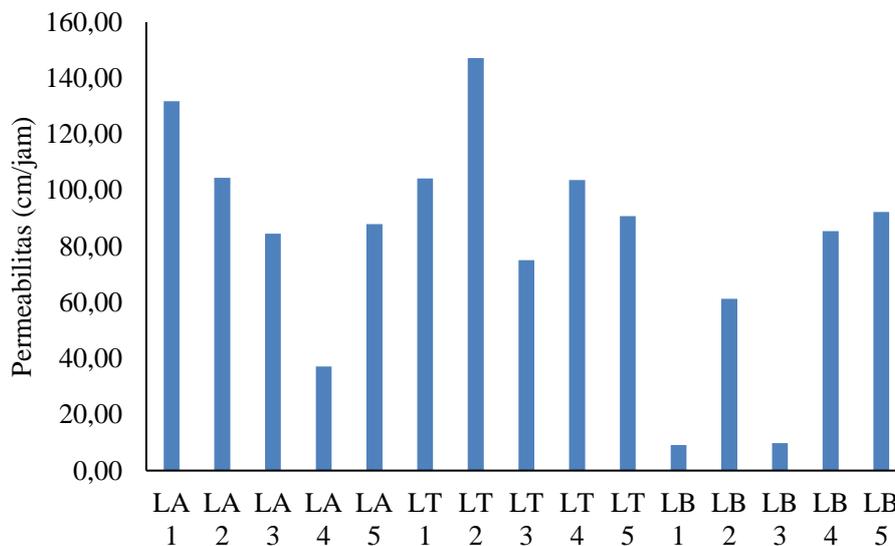
Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

Gambar 19. Fraksi Bahan Kasar pada semua Titik



e) Permeabilitas atau KHJ

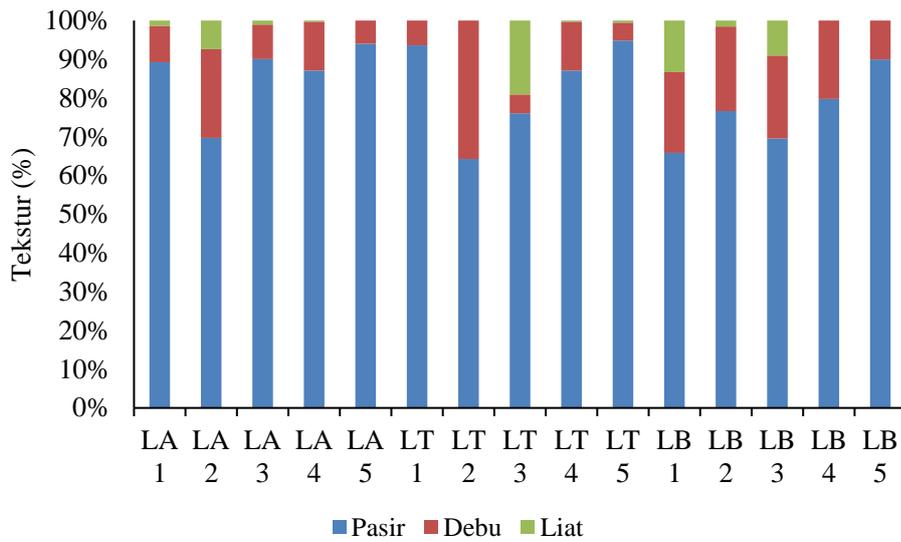
Sebaran nilai permeabilitas tertinggi berada pada titik LT 2 yang berada pada posisi punggung (Gambar 20). Hal ini dikarenakan perbedaan kerapatan vegetasi berpengaruh terhadap resapan air ke dalam tanah. Stallings (1957) mengemukakan bahwa vegetasi biasanya akan mempengaruhi distribusi ukuran pori. Ukuran pori ditentukan juga oleh jenis dan kerapatan vegetasi, semakin banyak vegetasi maka perakaran yang mempengaruhi ukuran pori semakin banyak juga.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
Gambar 20. Permeabilitas pada semua Titik

f) Tekstur

Tekstur tanah pada lereng atas lebih cenderung berpasir, dibandingkan dengan lereng tengah dan lereng bawah. Hal ini mungkin dikarenakan pada lereng atas permukaannya masih tersisa dampak timbunan material dari Gunung Kelud. Meskipun lereng tengah dan lereng bawah juga terdampak, tetapi mungkin sudah terpengaruh oleh aktivitas warga, salah satunya pengolahan lahan.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

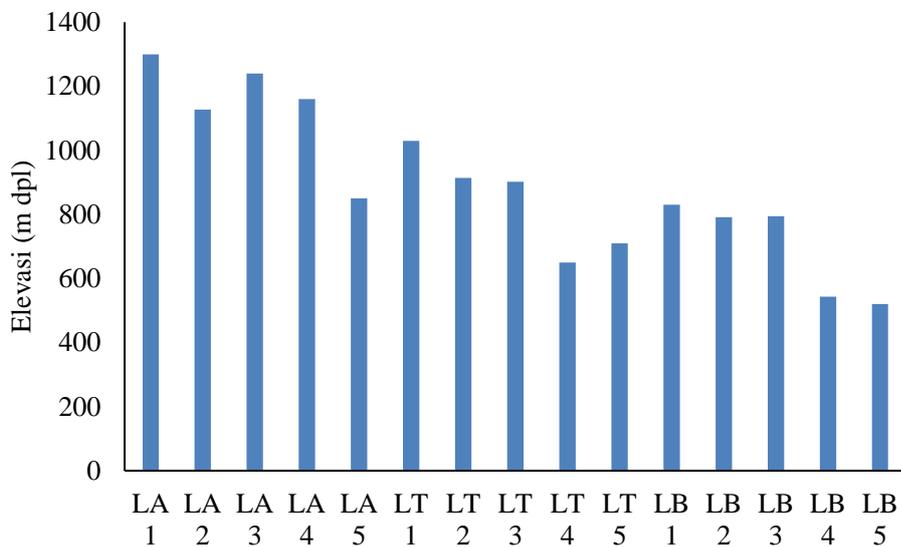
Gambar 21. Fraksi Tekstur pada semua Titik

g) Elevasi

Gunung Kelud memiliki ketinggian antara 550 m dpl hingga 1731 m dpl.

Titik pengamatan terendah berada pada ketinggian 550 m dpl, sedangkan titik

pengamatan tertinggi berada pada ketinggian 1300 m dpl.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

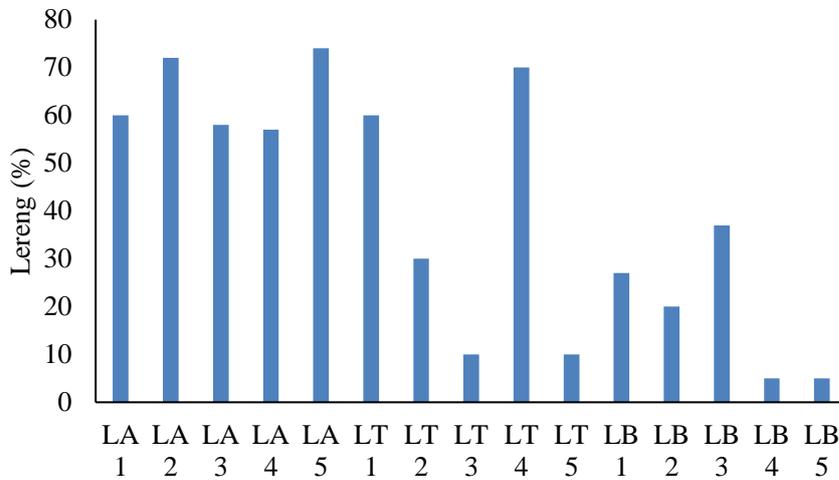
Gambar 22. Elevasi pada semua Titik

h) Kelerengan

Kelerengan pada lokasi penelitian memiliki nilai yang beragam. Hal ini dikarenakan lokasi berada pada pegunungan. Titik pengamatan dengan nilai lereng



terlandai sebesar 5% pada LB 4 dan LB 5. Titik pengamatan dengan nilai lereng tercuram sebesar 74% pada LA 5.

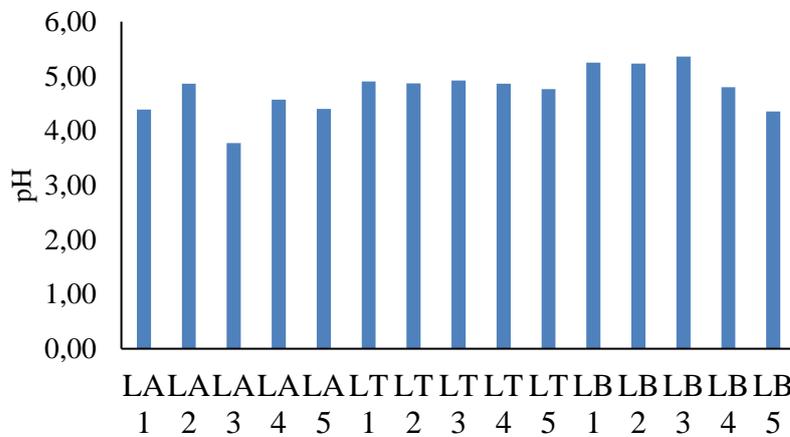


Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
 Gambar 23. Kelerengan pada semua Titik

2. Kimia Tanah

a) pH atau *potensial of Hydrogen*

Berdasarkan hasil analisis, nilai pH keseluruhan titik menunjukkan kategori masam dimana nilainya dibawah 7 (nilai netral). Sedangkan nilai pH untuk titik yang terdapat *Parasponia andersonii*, memiliki nilai tertinggi pada LB 3 dengan kondisi minim tutupan lahan. Untuk nilai pH terendah terdapat pada LA 3 yang berlokasi di bagian lereng. Hal ini bisa dipengaruhi oleh erupsi Gunung Kelud yang terjadi beberapa kali. Karena material vulkanik yang mengendap pada lokasi tersebut.

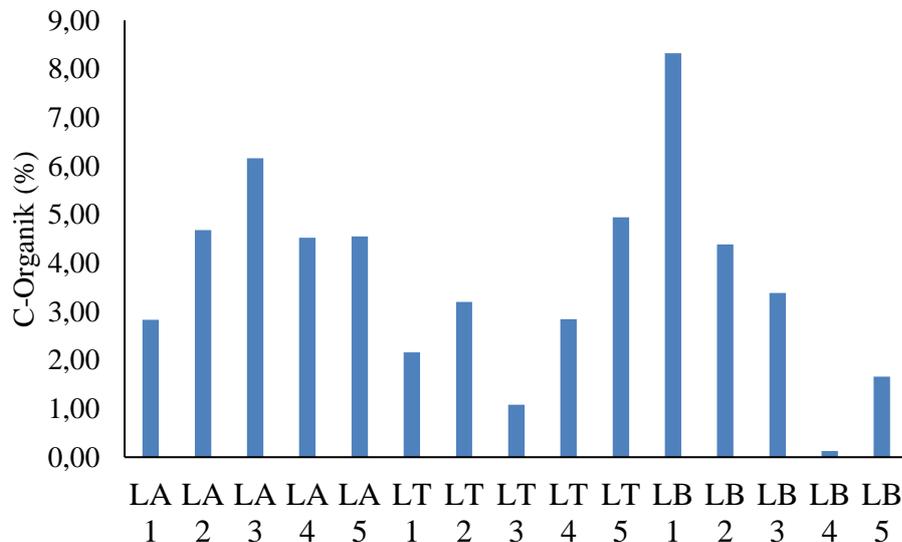


Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
 Gambar 24. Nilai pH pada semua Titik



d) C-Organik

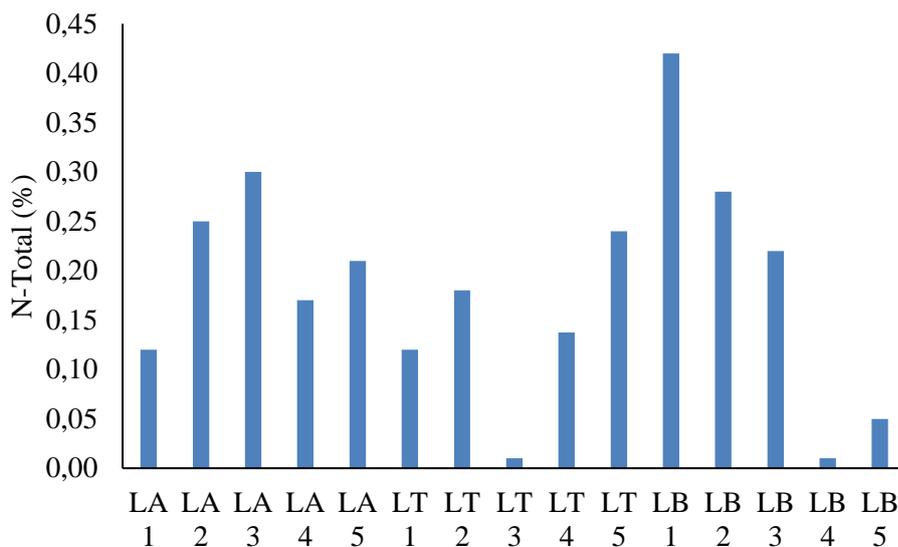
Hasil analisis C-Organik menunjukkan nilai yang beragam, mulai sangat rendah hingga sangat tinggi (Gambar 25). Penggunaan lahan dan tutupan lahan yang berbeda dapat mempengaruhi hasil tersebut. Apabila semakin rapat vegetasi maka aktivitas organisme akan semakin banyak, sehingga nilai bahan organik semakin tinggi. Titik LB 1 dengan vegetasi yang tinggi, memiliki nilai C-Organik yang juga tinggi. Sebaliknya dengan titik yang terbuka atau berada pada aliran lahar atau lembah yaitu LB 4 memiliki nilai C-Organik yang rendah.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
Gambar 25. Nilai C-Organik pada semua Titik

e) N-Total

Berdasarkan Gambar 26, lokasi penelitian memiliki nilai N-Total yang beragam. Keragaman nilai N-Total lebih banyak dipengaruhi oleh tekstur yang berbeda-beda. Secara umum nilai N-Total (%) akan semakin kecil apabila semakin banyak fraksi pasir pada tanah. Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan, dimana titik LB 4 dan LT 3 memiliki nilai N-Total terendah. Keragaman nilai N-Total ini masuk dalam kriteria sangat rendah sampai sedang.

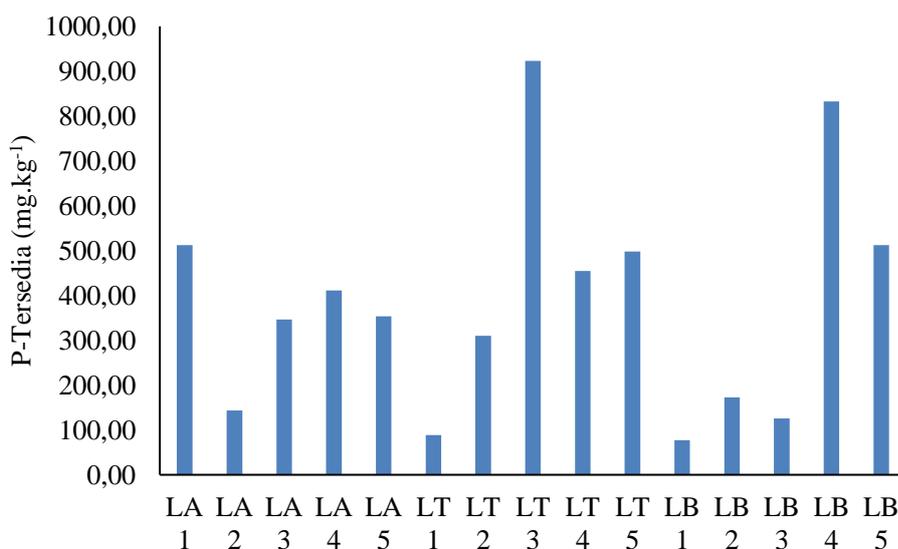


Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

Gambar 26. Nilai N-Total pada semua Titik

d) P-Tersedia

Berdasarkan Gambar 27, nilai P-Tersedia pada lokasi penelitian tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Hal ini didukung oleh nilai pH yang cenderung asam pada seluruh titik pengamatan, sehingga unsur P diikat oleh $AlPO_4$. Pada titik pengamatan yang terdapat bintil akar, dapat terlihat jelas jika grafiknya berbanding lurus dengan nilai keasaman pada pH. Hal ini menandakan jika salah satu faktor yang mempengaruhi nilai P-Tersedia adalah berbanding lurus dengan pH.



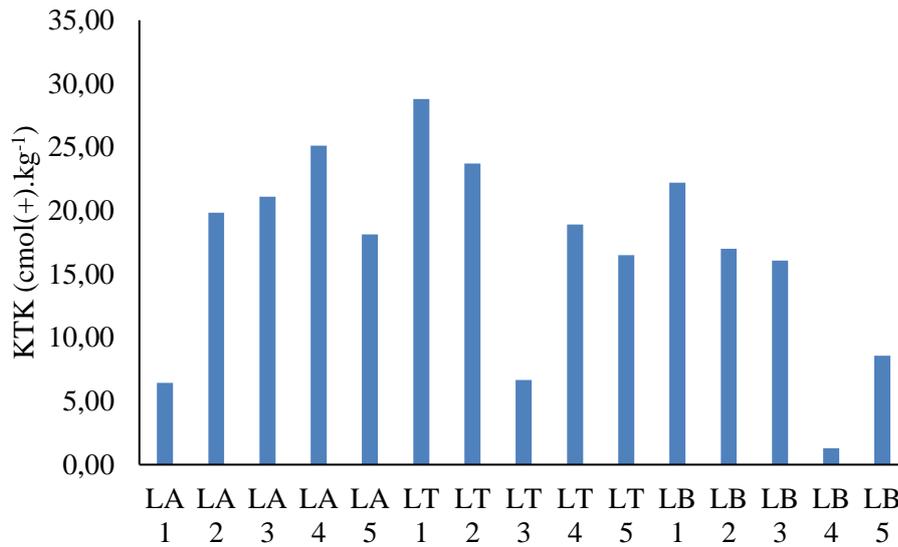
Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

Gambar 27. Nilai P-Tersedia pada semua Titik



e) Kapasitas Tukar Kation

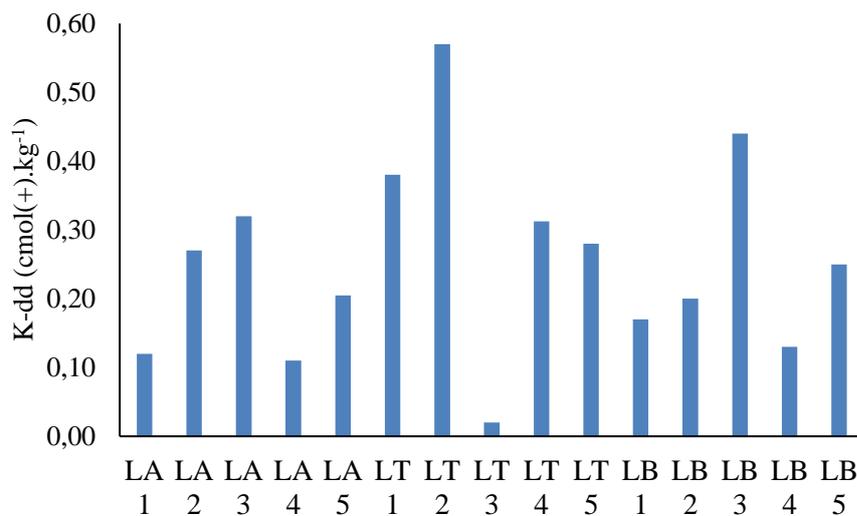
Berdasarkan Gambar 28, nilai KTK pada lokasi penelitian menunjukkan variasi. Hal ini dipengaruhi oleh tekstur tanah dan kerapatan vegetasi. Semakin didominasi oleh fraksi debu maka nilai KTK semakin rendah. Begitu pula dengan vegetasi, semakin renggang vegetasi maka KTK semakin rendah. Pernyataan ini ditunjukkan oleh titik LB 1 dengan nilai KTK rendah.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
Gambar 28. KTK pada semua Titik

f) K-dd

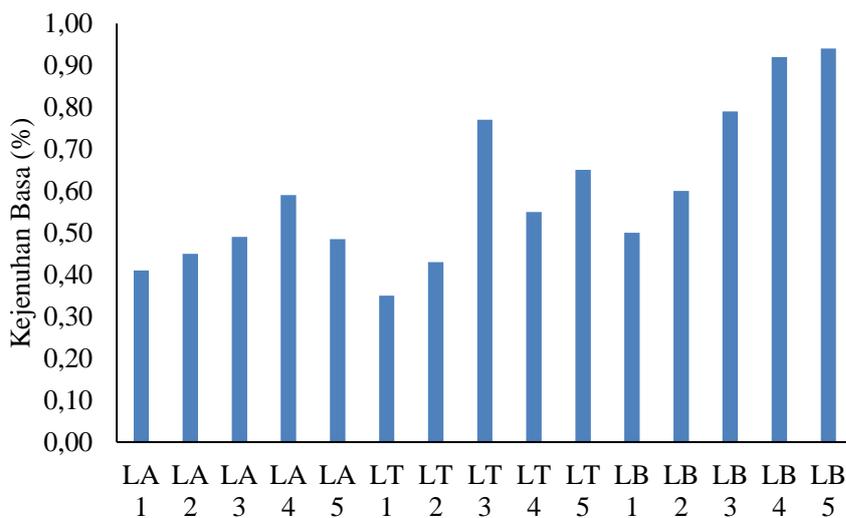
Berdasarkan Gambar 29, nilai K-Tersedia masuk dalam kategori rendah hingga tinggi. Hal ini dikarenakan K-Tersedia dipengaruhi oleh pH dan kejenuhan basa. Unsur K dalam tanah akan lebih mudah diikat apabila memiliki pH netral dan KB yang tinggi. Sehingga, tanah akan lambat melepaskan K dan menurunkan potensi unsur K yang tercuci (Ismunadji, 1989).



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
 Gambar 29. Nilai K-dd pada semua Titik

f) Kejenuhan Basa

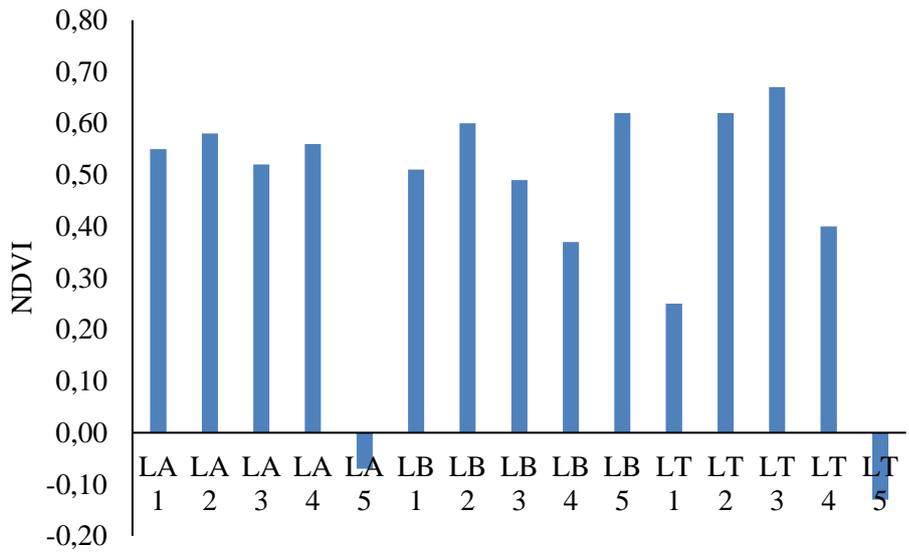
Kejenuhan Basa pada lokasi penelitian memiliki nilai KB yang bervariasi. Tanah dikatakan subur apabila memiliki nilai KB >80 %, sedang apabila 50% - 80%, dan tidak subur apabila <50 % (Kim, 1991). Berdasarkan Gambar 30, lokasi yang terdapat *Parasponia andersonii* memiliki nilai KB yang cenderung rendah, kecuali pada LB 1. Hal ini dikarenakan LB 1 memiliki persentase paling tinggi karena nilai kandungan basa (Ca, Mg, K, dan Na) di atas rata-rata seluruh titik pengamatan. Selain itu, nilai KTK kedua titik ini juga tinggi. Kedua faktor ini adalah karakteristik yang paling mempengaruhi persentase kejenuhan basa.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah
 Gambar 30. Nilai KB pada semua Titik

4. Normalized Different Vegetation Index (NDVI)

Indeks vegetasi ini berfungsi sebagai acuan kerapatan vegetasi pada lokasi penelitian. Nilai yang didapatkan berkisar antara -0,07 – 0,55. Hal ini berarti lokasi penelitian merupakan wilayah dengan kerapatan vegetasi yang beragam, dimana nilai negatif berarti memiliki kerapatan rendah, sedangkan nilai positif mendekati 1 berarti menandakan bahwa wilayah tersebut semakin rapat.



Keterangan: (a) LA = lereng atas, (b) LT = lereng tengah, dan (c) LB = lereng bawah

Gambar 31. Nilai Indeks Vegetasi pada semua Titik

5.2. Pembahasan

5.2.1 Model Persamaan Sebaran *Parasponia andersonii*

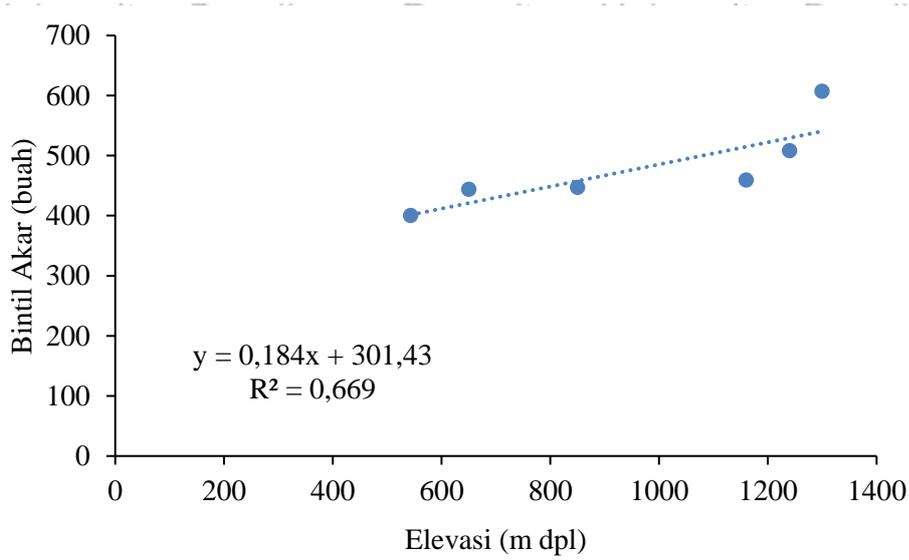
Berdasarkan hasil analisis laboratorium, semua variabel dilakukan uji korelasi untuk mengetahui keeratan antar variabel. Kemudian dilakukan pengambilan variabel berdasarkan nilai korelasi sedang hingga sangat kuat untuk dilanjutkan uji *Stepwise*. Dari hasil model pendugaan dengan uji *Stepwise* tersebut didapatkan variabel permeabilitas dan elevasi sebagai penyusun model persamaan. Model persamaan *Stepwise* yang telah didapatkan, kemudian dilakukan regresi berganda antara bintil akar efektif dengan permeabilitas dan elevasi. Hasil regresi tersebut didapatkan persamaan $y = 186,7 + 1,297 (\text{Permeabilitas}) + 0,1841 (\text{Elevasi})$ dengan nilai R^2 sebesar 0,961 (Lampiran 4). Hasil persamaan tersebut memiliki pengertian bahwa hubungan antara permeabilitas dan elevasi terhadap bintil akar adalah berbanding lurus. Nilai koefisien determinasi (R^2) menunjukkan bahwa

96,1% dari variasi nilai bintil akar dapat dijelaskan oleh variasi nilai permeabilitas dan elevasi.

5.2.3 Pengaruh Variabel Persamaan terhadap Bintil Akar

1) Elevasi

Hubungan antara elevasi dengan jumlah bintil akar memiliki hubungan yang berbanding lurus. Semakin tinggi nilai elevasi, maka jumlah bintil akar akan semakin banyak. Hasil persamaan $y = 0,184x + 301,43$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,669 (Gambar 32). Nilai koefisien determinasi tersebut menunjukkan bahwa 67% dari variasi nilai bintil akar dapat dijelaskan oleh variasi nilai elevasi. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan di lapangan, dimana jumlah bintil akar paling banyak terdapat pada titik LA1 dengan nilai elevasi sebesar 1300 m dpl.



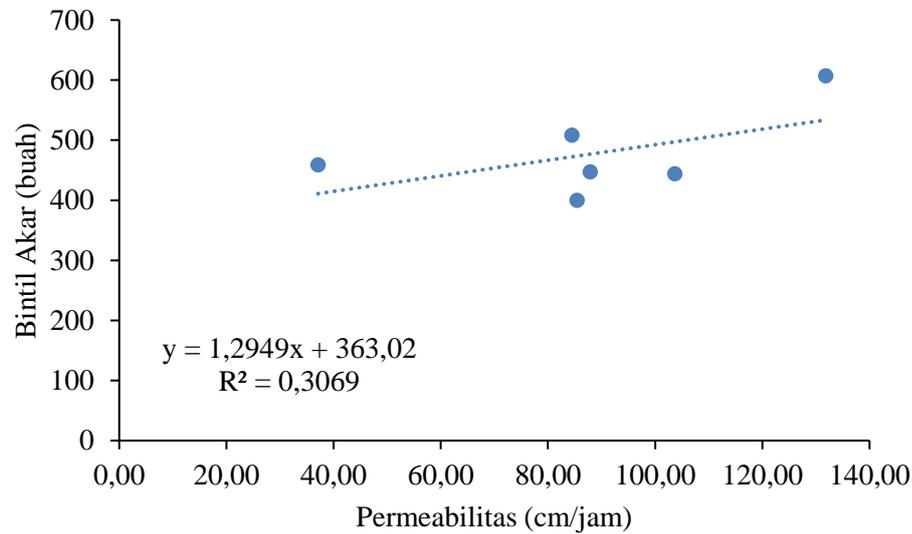
Gambar 32. Pengaruh Ketinggian Tempat terhadap Bintil Akar

2) Permeabilitas

Hubungan antara permeabilitas dengan jumlah bintil akar memiliki hubungan yang berbanding lurus. Semakin tinggi nilai permeabilitas, maka jumlah bintil akar akan semakin banyak. Tanah dengan nilai permeabilitas tinggi atau cepat cenderung memiliki tekstur berpasir. Hal ini berpengaruh juga terhadap drainase atau tata air dalam tanah. Tanah dengan permeabilitas yang baik dan drainase yang baik akan mendukung perkembangan akar tanaman dan mendukung respirasi yang dilakukan oleh akar (Yulipriyanto, 2010).



Hasil persamaan $y = 1,2949x + 363,02$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3069 (Gambar 33). Nilai koefisien determinasi tersebut menunjukkan bahwa 30% dari variasi nilai bintil akar dapat dijelaskan oleh variasi nilai permeabilitas.



Gambar 33. Pengaruh Permeabilitas terhadap Bintil Akar

Secara umum, hasil kombinasi model persamaan menunjukkan bahwa variabel yang paling berpengaruh terhadap keberadaan *Parasponia andersonii* yaitu terkait dengan ketersediaan air. Hal ini mengacu pada variabel permeabilitas, dimana permeabilitas berhubungan dengan drainase. Tanah pada lokasi penelitian memiliki tekstur berpasir, sehingga memiliki nilai permeabilitas yang cepat. Tanah dengan permeabilitas yang cenderung cepat atau baik, maka drainase dan tata air dalam tanah juga baik. Drainase berhubungan dengan baik buruknya pertukaran udara di dalam tanah. Hal ini menurut Syarief (1985) akan mempengaruhi kegiatan mikroorganisme dan perakaran dalam tanah.

Menurut Agung dan Rahayu (2004), air merupakan faktor yang penting bagi pertumbuhan tanaman, karena berfungsi sebagai pelarut hara dan berperan dalam tanslokasi hara dan fotosintesis. Akan tetapi jumlah air yang berlebihan akan berdampak kurang baik bagi pertumbuhan tanahaman. Arinong (2005) menyatakan bahwa pada tanaman legume, genangan air tidak hanya akan menghambat pertumbuhan akar dan tajuk saja, akan tetapi dapat menghambat perkembangan dan

fungsi bintil akar. Hal ini tentu akan mengakibatkan kemampuan bintil akar untuk memfiksasi Nitrogen agar tersedia bagi tanaman.

5.2.2 Pendugaan Sebaran *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud

1) Pendugaan Sebaran Menggunakan Model Persamaan

Pendugaan sebaran *Parasponia andersonii* dianalisis menggunakan hasil persamaan *Stepwise*. Dalam penyebaran spasial *Parasponia andersonii*, seluruh lokasi penelitian dianggap terdapat tumbuhan tersebut. Hal ini dikarenakan pada saat analisis statistik nilai dari variabel dependen mewakili keberadaan *Parasponia andersonii*. Pendugaan sebaran *Parasponia andersonii* di lokasi penelitian didapatkan hasil bahwa sebaran paling banyak berada pada posisi punggung bukit, sedangkan paling sedikit berada pada posisi lembah atau bagian bawah Gunung Kelud. Gambar 34 menunjukkan bahwa warna yang semakin merah berarti bahwa lokasi tersebut rendah keberadaan *Parasponia andersonii*. Sedangkan warna yang semakin hijau berarti bahwa semakin tinggi keberadaan *Parasponia andersonii*. Artinya semakin menjauhi puncak Gunung, maka keberadaan *Parasponia andersonii* semakin sedikit bahkan tidak ditemukan.

2) Pendugaan Sebaran Menggunakan Kriteria Kesesuaian Lahan

Berdasarkan hasil penelitian Priana (2017) dan Hadi (2017), diperoleh tabel kriteria kesesuaian lahan untuk *Parasponia andersonii* (Lampiran 5). Nilai pengkelasan diperoleh berdasarkan penghitungan jumlah bintil akar efektif yang ditemukan di lapangan dan acuan dari penyusunan kriteria kelas kesesuaian lahan (Tabel 17).

Tabel 17. Kriteria Sebaran *Parasponia andersonii* berdasarkan Produksi Bintil Akar Efektif

No.	Kriteria	% Produksi	Nilai Bintil Akar Efektif
1	Tidak Sesuai (N)	< 30	< 185
2	Sesuai Marginal (S3)	30 - 60	185 - 365
3	Cukup Sesuai (S2)	60 - 80	365 - 485
4	Sangat Sesuai (S1)	80 - 100	> 485

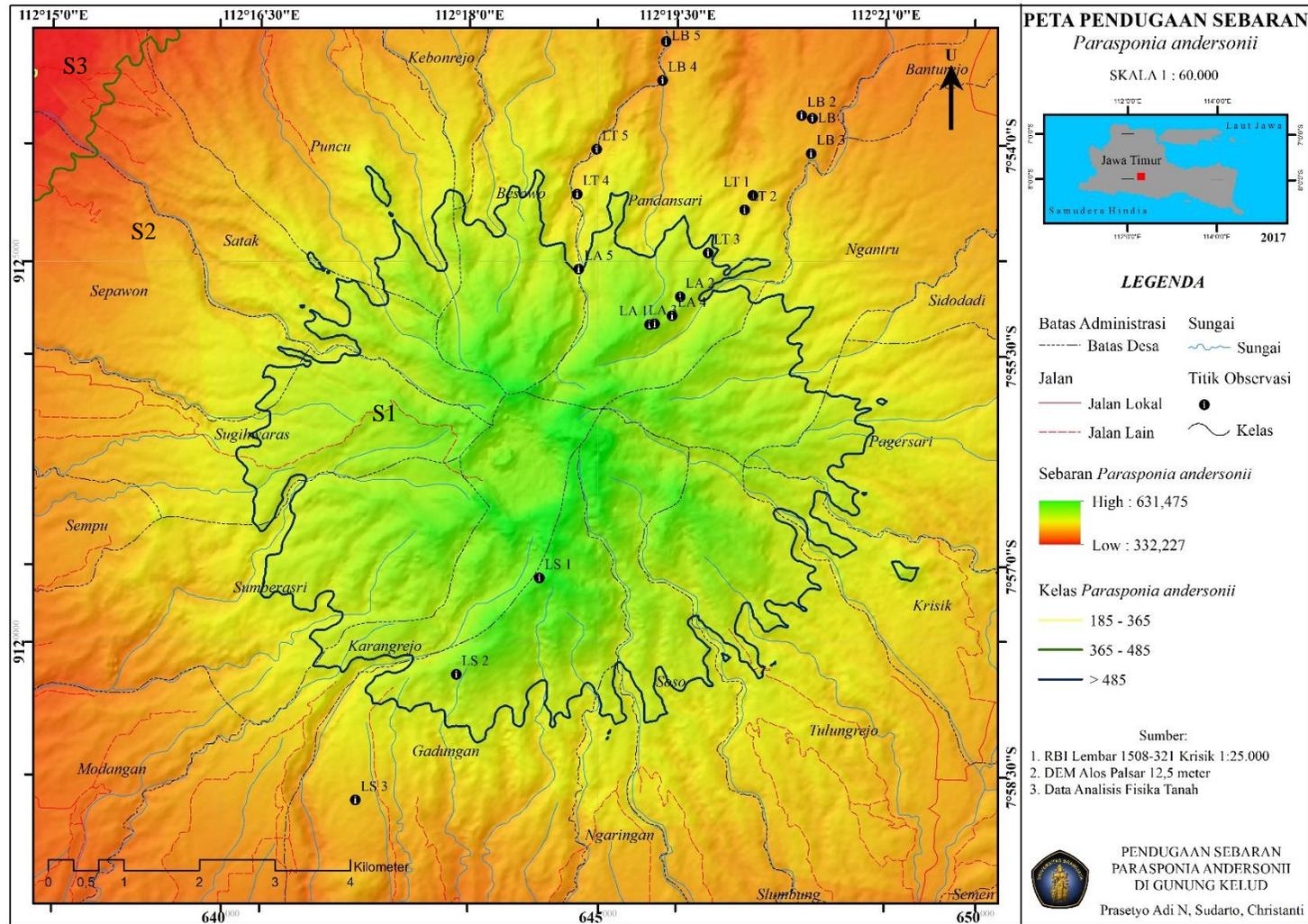
Hasil sebaran menggunakan kriteria kesesuaian lahan tersebut diperoleh dua kelas kesesuaian pada lokasi penelitian yaitu S2 dan S3 (Gambar 35). Faktor pembatas yang terdapat pada kelas S2 yaitu temperatur, ketersediaan air, ketersediaan oksigen, media perakaran, bahaya erosi, retensi hara, dan hara tersedia.



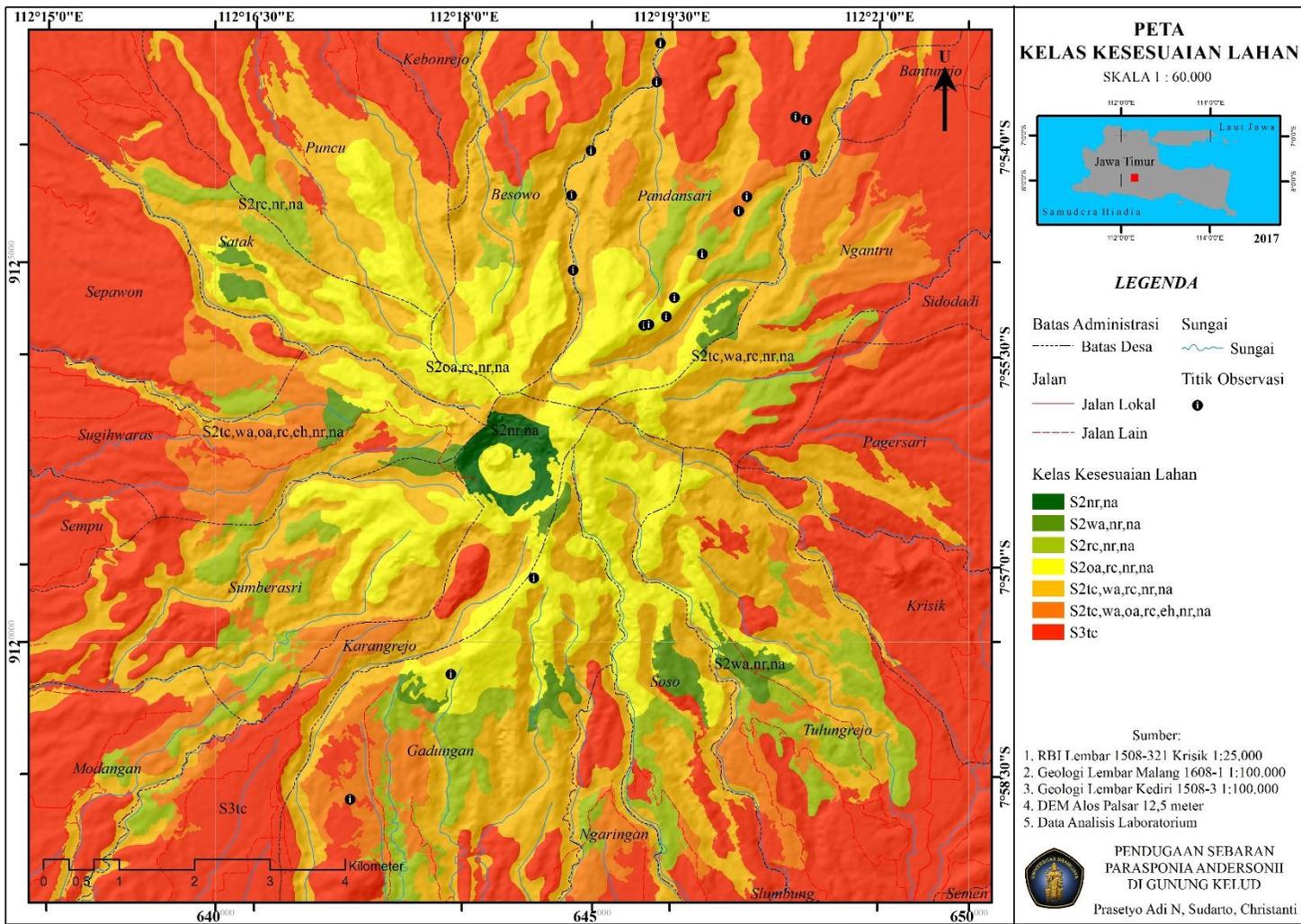
Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lahan pada lokasi penelitian, dimana lebih didominasi oleh bahan kasar terutama fraksi pasir. Tanah berpasir memiliki kecenderungan minim unsur hara, karena kandungan bahan organik yang sedikit (Yulipriyanto, 2010). Selain itu, lokasi penelitian yang memiliki kelerengan yang beragam dan didominasi oleh tekstur pasir akan meningkatkan bahaya erosi.

Faktor pembatas bahaya erosi berhubungan dengan persebaran *Parasponia andersonii*, dimana pada bagian aliran lahar (lembah) merupakan tumbuhan yang jatuh atau terbawa material dari bagian punggung atau lereng. Pernyataan ini didasarkan oleh hasil pengamatan dilapangan, bahwa di wilayah lembah cenderung ditemukan *Parasponia andersonii* dengan ukuran yang lebih kecil daripada bagian lereng dan punggung. Kelas kesesuaian S2 tersebar pada wilayah punggung bukit bagian atas, tengah dan lembah (aliran lahar). Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan di lapangan, bahwa wilayah punggung bukit bagian atas memiliki populasi *Parasponia andersonii* yang paling banyak.

Kelas kesesuaian S3 tersebar pada wilayah punggung bukit bagian bawah. Faktor pembatas yang terdapat pada kelas S3 yaitu temperatur. Temperatur berhubungan dengan nilai elevasi, dimana semakin tinggi nilai elevasi maka temperatur akan menurun. *Parasponia andersonii* dengan jumlah bintil akar terbanyak diperoleh pada titik LA1 dengan nilai elevasi tertinggi, yaitu sebesar 1300 m dpl. Hal ini berarti *Parasponia andersonii* semakin banyak ditemukan pada kondisi temperatur yang semakin rendah.



Gambar 34. Pendugaan Sebaran *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud

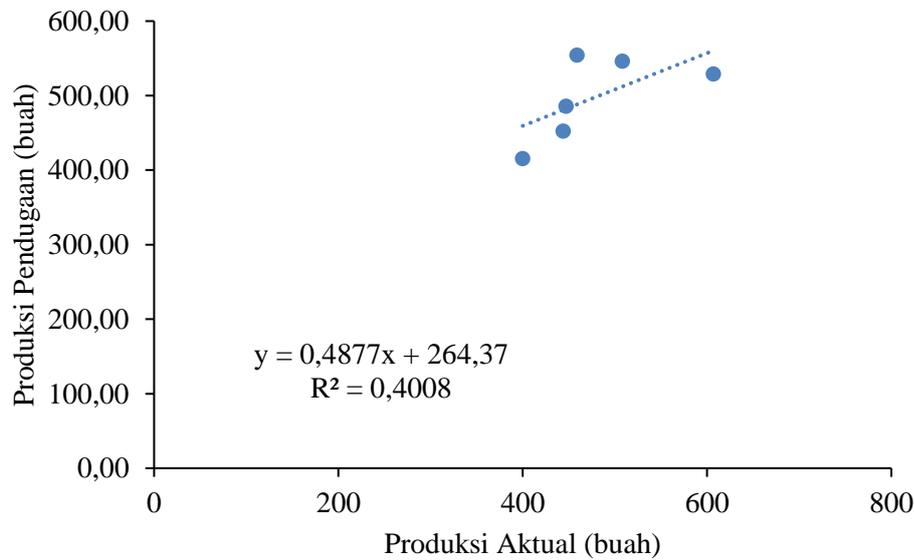


Gambar 35. Kesesuaian Lahan *Parasponia andersonii* di Gunung Kelud



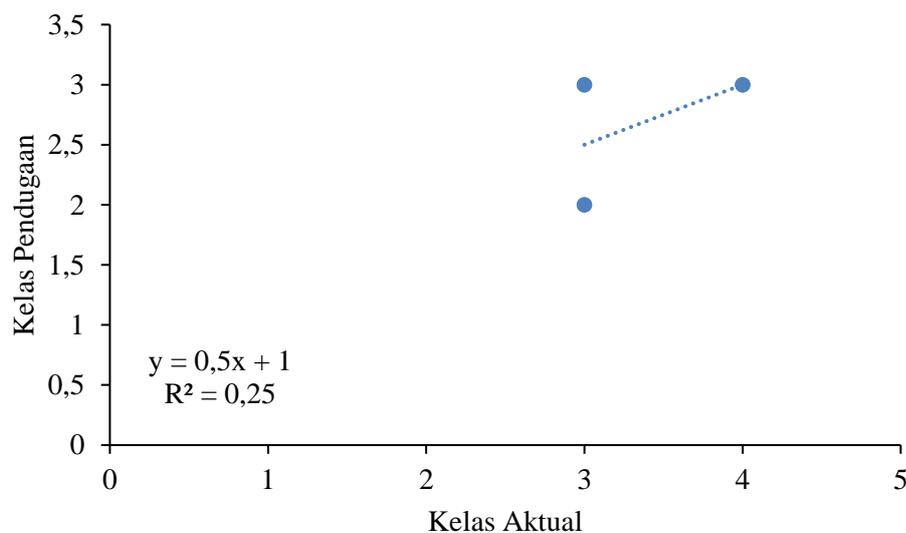
3) Validasi Sebaran *Parasponia andersonii*

Hasil uji validasi Peta Sebaran menggunakan model persamaan menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,4008 (Gambar 36). Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai bintil akar sebesar 40% dapat dijelaskan oleh nilai model persamaan menggunakan variabel permeabilitas dan elevasi.



Gambar 36. Uji Validasi Model Persamaan

Hasil uji validasi Peta Sebaran menggunakan kriteria kesesuaian lahan, menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,25 (Gambar 37). Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai bintil akar sebesar 25% dapat dijelaskan oleh nilai kriteria menggunakan variabel fisika dan kimia.



Gambar 37. Uji Validasi Kriteria Kesesuaian



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Model persamaan untuk mengestimasi sebaran *Parasponia andersonii* menggunakan kombinasi variabel permeabilitas dan elevasi. Hasil persamaannya yaitu $y = -186,7 + 1,297 (\text{Permeabilitas}) + 0,1841 (\text{Elevasi})$ dengan nilai $R^2 = 96,1\%$.
2. Sebaran spasial *Parasponia andersonii* paling banyak berada pada posisi punggung bukit, sedangkan paling sedikit berada pada posisi lembah. Faktor yang paling berpengaruh berdasarkan model persamaan adalah ketersediaan air dan temperatur.

6.2. Saran

Perbaikan dalam penelitian ini bisa dilakukan dengan menambah titik observasi yang lebih mencakup seluruh wilayah Gunung Kelud, sehingga data yang dianalisis lebih akurat. Selain itu perlu pengkajian lanjut terhadap satuan lahan untuk lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, T dan A. Y. Rahayu. 2004. *Analisis Efisiensi Serapan N, Pertumbuhan, dan Hasil Beberapa Kultivar Kedelai Baru dengan Cekaman Kekeringan dan Pemberian Pupuk Hayati*. Agrosains 6 (2): 70-74.
- Arinong, A.R., Kaharuddin, dan Sumang. 2005. *Aplikasi Berbagai Pupuk Organik Pada Tanaman Kedelai di Lahan Kering*. J. Sains & Teknologi, Agustus 2005, 5 (2): 65-72.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2015. *Peta Tanah Gunung Kelud Skala 1 : 50.000*. Bogor. Belum dipublikasi.
- Budiyanto, A. K. 2002. *Mikrobiologi Terapan*. Penerbit UMM. Malang.
- BMKG. 2010. *La Nina Cuaca Ekstrim*. British Broadcasting Corporation (BBC). web:http://www.bbc.com/indonesia/berita_indonesia/2010/10/101010_lani_nastory.shtml dipublish pada tanggal 10 Oktober 2010 diakses tanggal 9 Juli 2017.
- Broughton, W. J. 1981. *Nitrogrn Fixation: Volume I Ecology*. Clarendon Press. Oxford. P.57-97.
- Campbell, J. B. 2002. *Introduction to remote sensing (3rd ed.)*. The Guilford Press. ISBN 1-57230-640-8.
- Fiantis, D. 2000. *Colloid-Surface Characteristics and Amelioration Problems of Some Volcanic Soils in West Sumatra, Indonesia*. Ph. D. Thesis. Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia. 315 p.
- Foth H. D. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Edisi 6. Adisoemarto S. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: Fundamental of Soil Science.
- Hadi, S. R. I. 2017. *Penyusunan Kriteria Kesesuaian Lahan Aspek Kimia Tanaman Anggrung Hijau (Parasponia andersonii) di Lereng Timur Laut Gunung Kelud*. Skripsi. Belum dipublikasi.
- Hairiah, K., E. Handayanto., Y. Nuraini., B. Prasetya., dan C. Prayogo. 2015. *Reklamasi Lahan Pascaerupsi Gunung Kelud: Pemanfaatan Tanaman Pioneer Parasponia andersonii untuk Perbaikan Kesuburan Tanah*. Tim Biologi Jurusan Tanah, FP UB.
- Hakim, N., Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S.G. Nugroho, M. R. Saul, M. A. Diha, G. B. Hong, H. H. Baley, 1986. *Dasar dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung: Bandar Lampung. 488 hal
- Hanafiah, A. S., T. Sabrina, dan H. Guchi. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. USU, Medan.
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada
- _____. 2007. *Dasar Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.



- _____. 2012. *Dasar Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Harahap, I. P. 2008. Studi Pendahuluan Isolasi Bakteri *Rhizobium* dari Bintil Akar Tanaman Putri Malu (*Mimosa Pudica*, L) serta Pemanfaatannya sebagai Pupuk Hayati (Biofertilizer) dengan Menggunakan Bentonit sebagai Medium Pembawa. Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- _____. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hillel, D. 1980. *Fundamental of Soil Physics*. Academic Press, Inc. Orlando, Florida.
- Holme, A. McR., D. G. Burnside, and A. A. Mitchell. 1987. *The development of a system for monitoring trend in range condition in the arid shrublands of Western Australia*. Australian Rangeland Journal 9:14-20.
- Ismawati, E. 2004. *Pupuk Organik*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Ismunadji, 1989. *Kalium : Kebutuhan dan Penggunaannya Dalam Pertanian Modern*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. 46 Halaman.
- Jahan, M. S. dan S. P. Mun. 2004. *Effect of Tree Age on The Sida-Anthraquinone Pulpung of Nalita Wood (Trema orientalis)*. Journal of Industriak and Engineering Chemistry.10 (5):766-771.
- Jensen, J. R. 1996. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective. Second edition*. Prentice Hall. New Jersey.
- Juliantri, A. 2002. *Respon Pertumbuhan Beberapa Jenis Tanaman Lokal Terhadap Pemberian Asam Humat dan Pupuk NPK, Pada Jarak Tanaman Berbeda di Lahan Bekas Operasional Tmbang Minyak PT.Caltex Pacific Indonesia, Riau*. Skripsi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kadarsetia, S. 2006. *Karakteristik Kimiawi Air Danau Kawah Gunung Api Kelud, Jawa Timur Pasca Letusan Tahun 1990*. Jurnal Geologi Indonesia, Desember 2006, 1 (4):185-192.
- Kim, H. T. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Penerbit Gajah Mada University Press. Cetakan kedua. Jakarta.
- Lal, R. and W. C. Moldenhauer. 1987. *Effect of Soil Erosion on Crop Productivity*. CRC Critical Review in Plant Science. Volume 5. Issue 4 page 303-366.
- LAPAN. 2014. *Data Arah Angin*. Jakarta (ID): LAPAN.
- Lillesand, K. 1988. *Penginderaan jauh dan Interpretasi Citra*. Gajah Mada University Press.
- Lindgren, D. T. 1985. *Land use Planning and Remote Sensing*. Doldrecht: Martinus Nijhoff Publisher.
- Maeno, F, S. Nakada, M. Yoshimoto, T. Shimano, N. Hokanishi, A. Zaennudin, and M. Iguchi. 2017. *A sequence of a Plinian eruption preceded by dome destruciuon at Kelud volcano, Indonesia, on February 13, 2014*. (Elsevier)



Journal of Volcanology and Geothermal Research. Volgeo-06032, No of pages 18.p3 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.03.002>

Marsoedi, Ds., J. D. Widagdo, N. Suharta, S. W. P. Darul, S. Hardjowigeno, J. Hof, dan E. R. Jordens. 1997. *Pedoman Klasifikasi Landform*. Centre for Soil and Agroclimate Research. Bogor.

Mulyani, M., A. G. Kartasapoetra, dan R. D. S. Sastroatmodjo. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. PT. Rineka Cipta. Jakarta

Munawar. A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. PT. Penebar Swadaya. Anggota IKAPI.

Murai, S. 1996. *Remote Sensing Note*. Japan: Japan Association on Remote Sensing.

Mustofa, A. 2007. *Perubahan Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah Pada Hutan Alam yang Diubah Menjadi Lahan Pertanian di Kawasan Taman Nasional Gunung Leuser*. Skripsi. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor

National Park Service Vegetation Inventory (NPSVI). 2010. *Thematic Accuracy Assessment Procedures*. U.S. Department of the Interior National Park Service. Colorado, USA.

Nandi. 2006. *Handout Geologi Lingkungan: Vulkanisme*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.

Op den Camp R. H., Polone E., Fedorova E., Roelofsen W., Squartini A, Op den Camp H. J., Bisseling T., and Geurts R. 2012. *Non-legume Parasponia andersonii deploys a broad rhizobium host range strategy resulting in largely variable symbiotic effectiveness*. Mol Plant Microbe Interact. July, 25 (7): 954-63.

Pratomo, I. 2006. Klasifikasi Gunung Api Aktif Indonesia, Studi Kasus dari Beberapa Letusan Gunung Api dalam Sejarah. *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol. (1): (209-227).

Prawiradiputra, B. 2011. *Tanaman Pakan untuk Menunjang Rehabilitasi Peternakan di Lereng Gunung Merapi*. Balai Penelitian Peternakan. Bogor. Wartazoa. 21 (4): 171-178.

Priana, A. 2017. *Penyusunan Kriteria Karakteristik Sifat Fisik Lahan pada Tanaman Anggrung Hijau (Parasponia andersonii) di Lereng Timur Laut Gunung Kelud*. Skripsi. Belum dipublikasi.

Prosea, D. 1995. *Regeneration of Trema orientation (Blume) Lnn.: Effect of Growth Regulators, Culture Conditions, and Age Source of Explants*. Regional Plant Resourch Center.India.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1992. *Geologi Lembar Malang 1608-1 dan Lembar Kediri 1508-3, Jawa Timur*. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral. Republik Indonesia. Bandung.



- Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi. 2011. *Data Dasar Gunung api Kelud*. Bandung: Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Rauf, A. 2014. *Debu Vulkanik Sinabung dapat Menyuburkan Tanah*. Artikel Fakultas Pertanian USU.
- Roderick, M., R. C. G. Smith, and G. Ludwick. 1996. *Calibrating long term AVHRR derived NDVI imagery*. Remote Sensing of Environment 58: 1-12.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering. 1973. *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309317.
- Ruskin, F. R. 1980. *Firewood Crops Shrub and Tree Species for Energy Production*. National Academy of Science, Washington D.C.
- Sari, R. dan Retno P. 2015. *Rhizobium: Pemanfaatannya sebagai Bakteri Penambat Nitrogen*. Balai Penelitian Kehutanan Makassar.
- Simonett, D. S. & Lintz, J. 1983. *Remote Sensing of Environment*. Addison Wesley Longman Publishing.
- Sinukaban, N. 2000. *Analysis of Watershed Function Sediment Transfer Across Various Type of Filter Strips*. South East Asia Policy Research Working Paper No 7. World Agroforestry Centre (ICRAFSEA), Bogor, Indonesia
- Sinaga, B. I. L. J., M. Sembiring, dan A. Lubis. 2015. *Dampak Ketebalan Abu Vulkanik Erupsi Gunung Sinabung Terhadap Sifat Biologi Tanah Di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo*. Universitas Sumatera Utara, Medan. Jurnal Onlone Agroekoteknologi. 3(3): 1159-1163.
- Smiet, A. C. 1992. *Forest ecology on Java. Human impact and vegetation of montane forest*. J.Trop.ecol. 8 (2): 129-152.
- Stallings. 1957. *Soil Organic Matter and its Role in Crop Production*. U. S. Department of Agriculture. Washington, D. C.
- Sudaryo dan Sucipto. 2009. *Identifikasi dan Penentuan Logam Berat pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat*. Seminar Nasional V SDM Teknologi, Yogyakarta.
- Sugiyono. 2008. *Statistika Untuk Penelitian*. Cetakan Keenam. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- . 1994. *Penginderaan Jauh Jilid II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soelaeman, Y., A. A. Idjudin, D. Erfandi, dan A. Kentjanasari. 2012. *Upaya Perbaikan Produktivitas Lahan yang Terkena Dampak Erupsi Merapi*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Soenarmo S. H. 2003. *Penginderaan Jarak Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografi untuk bidang Ilmu Kebumihan*. Bandung: ITB.





Supriadi, Sudarmaji, Sarjiman, dan Mulud. 2013. *Teknologi Rehabilitasi Lahan Pasca Erupsi Merapi untuk Tanaman Jagung dan Eksistensinya*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Yogyakarta.

Syarief, S. 1985. *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung: Pustaka Buana.

Ubaidillah, F. N. 2017. *Perbedaan Morfologi dan Klasifikasi Tanah pada Lereng Timur Laut dan Lereng Selatan Gunung Kelud Pasca Erupsi Tahun 2014*. Skripsi. Belum dipublikasi.

Van P. N. M. 1983. *History of The Volcanology in The Former Netherlands East Indies*. Scripta Geo (71): (1-76).

Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengolahannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Yuwono, T. 2006. *Kecepatan Dekomposisi dan Kualitas Kompos Sampah Organik*. Jurnal Inoyasi Pertanian, 4 (2).