



**KARAKTERISASI FRACTAL DIMENSION BIDANG LONGSOR DI
LERENG PEGUNUNGAN ARGOPURO-HYANG**

SKRIPSI

Oleh :

CINDIA MAWARNI

NIM 171510301031

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**KARAKTERISASI FRACTAL DIMENSION BIDANG LONGSOR DI
LERENG PEGUNUNGAN ARGOPURO-HYANG**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Ilmu Tanah (S1)
dan memperoleh gelar Sarjana Pertanian

Oleh :

CINDIA MAWARNI

NIM 171510301031

**PROGRAM STUDI ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala, saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Ibu Swarni dan Ayah Jimun sebagai orangtua saya, yang telah memberikan seluruh doa dan dukungan yang tidak dapat terbalaskan dengan apapun;
2. Adik, Kakak, dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa serta motivasi;
3. Semua guru – guruku di TK Dharmawanita Musirkidul, SDN Musirkidul, SMPN 1 Rejoso, SMAN 3 Nganjuk, dan dosen – dosen saya di Fakultas Pertanian Universitas Jember;
4. Semua teman-teman saya semasa pendidikan hingga perkuliahan;
5. Almamater Tercinta Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember

MOTTO

“Mengalir ikuti arus namun tetap bergerak”

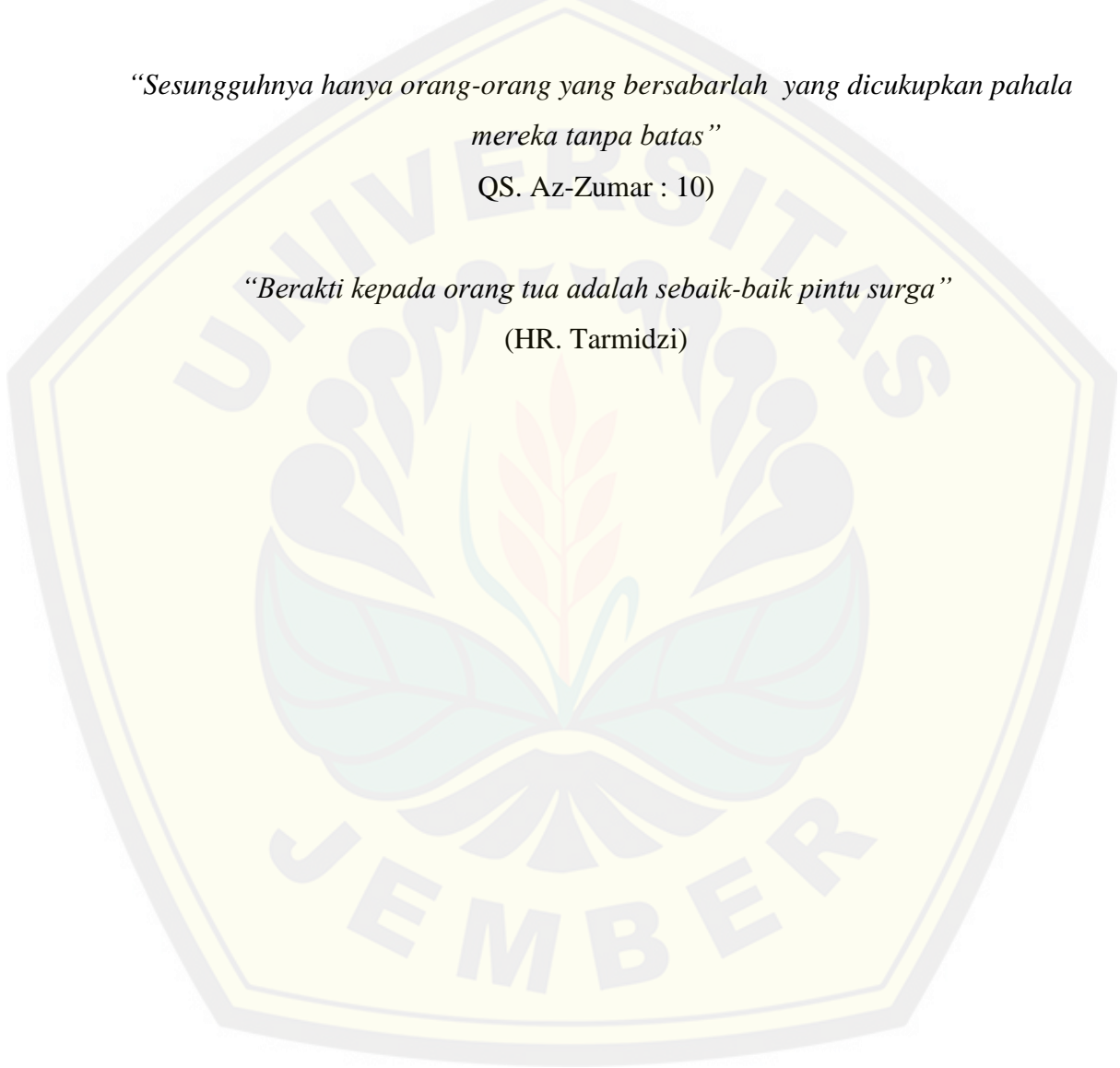
(Bambang Hermiyanto)

“Sesungguhnya hanya orang-orang yang bersabarlah yang dicukupkan pahala mereka tanpa batas”

QS. Az-Zumar : 10)

“Berakti kepada orang tua adalah sebaik-baik pintu surga”

(HR. Tarmidzi)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Cindia Mawarni

NIM : 171510301031

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah ini yang berjudul **“Karakterisasi Fractal Dimension Bidang Longsor Di Lereng Pegunungan Argopuro-Hyang”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakkan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 02 Agustus 2021
yang menyatakan,

Cindia Mawarni
NIM. 171510300131

SKRIPSI

**KARAKTERISASI FRACTAL DIMENSION BIDANG LONGSOR DI
LERENG PEGUNUNGAN ARGOPURO-HYANG**

Oleh:

Cindia Mawarni

NIM. 171510301031

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Skripsi : Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP.

NIP. 196111101988021001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Karakterisasi Fractal Dimension Bidang Longsor Di Lereng Pegunungan Argopuro-Hyang**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 02 Agustus 2021

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Skripsi,

Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP.
NIP. 196111101988021001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Subhan Arief Budiman, SP., MP.
NIP. 197702072005011002

Dr. Ir. Tri Candra Setiyawati, MSi.
NIP. 196505231993022001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P.
NIP. 196403041989021001

RINGKASAN

Karakterisasi Fractal Dimension Bidang Longsor Di Lereng Pegunungan Argopuro-Hyang; Cindia Mawarni; 171510301031; 2021; 108 halaman; Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Karakterisasi longsor merupakan tindakan penting dalam mengetahui faktor yang menyebabkan longsor, tingkat kerawanan longsor dan interaksi antar variabel longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai masing-masing variabel, faktor utama pemicu yang menyebabkan longsor, tingkat kerawanan longsor dan interaksi antar variabel longsor dengan indeks kerawanan di lereng pegunungan Argopuro-Hyang. Metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kerawanan longsor dengan identifikasi citra satelit google earth meliputi digitasi titik longsor dan pengukuran longsor; pengolahan data spasial meliputi *overlay* dan *processing* DEM; *groundcheck* lapang meliputi pengambilan sampel dan gambar. Analisis tanah di Laboratorium meliputi pengukuran % C-Organik tanah metode kurmis, tekstur tanah metode pipet dan pH tanah metode pH meter. Pengolahan data dengan analisis statistik parametrik meliputi uji analisis varian (ANOVA) bertujuan untuk mengetahui tingkat perbedaan nilai variabel pemicu longsor; uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui nilai rata-rata tertinggi dari setiap variabel data; uji *Principle Component Analysis* (PCA) untuk mengetahui faktor utama yang memicu longsor terjadi; Uji Korelasi, dan Regresi untuk mengetahui besar pengaruh variabel utama terhadap indeks dan tingkat hubungannya. Hasil Uji ANOVA dan uji lanjut DMRT menunjukkan Variabel panjang, lebar, tinggi, fractal dimensi, periode memiliki nilai beda nyata tertinggi pada formulasi hasil longsor dan variabel kemiringan lereng, arah lereng, letak landslide, jenis tanah, elevasi, jarak jalan, jatak sungai, serta penggunaan lahan memiliki nilai berbeda nyata tertinggi pada formulasi variabel pemicu longsor. *Skoring* dan pembobotan terhadap tujuh faktor utama pemicu longsor digunakan untuk menghitung indeks kerawanan longsor. *Skoring* dilakukan menggunakan rumus *more is better dan less is better*, sedangkan nilai bobot diperoleh melalui *Minimum Data Set*. Tujuh faktor yaitu luas, *Landslide Plan Shape* (LPS), jarak terhadap jalan, jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan arah lereng. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa lereng gunung Argopuro-Hyang mempunyai empat kelas kerawanan, yaitu kerawanan sangat rendah (< 0.204) pada 3 Sub DAS, kerawanan rendah (0.204-0.257) pada 24 Sub DAS, kerawanan sedang (0.257-0.314) pada 10 Sub DAS, dan kerawanan tinggi (0.314-0.424) pada 2 Sub DAS. Fraktal dimensi atau bentuk longsor memiliki bentuk yang semakin pipih memanjang sepanjang lereng pada tingkat kerawanan yang semakin tinggi. Usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi potensi longsor dengan pengelolaan lereng secara mekanis menggunakan teras dan kontur, serta secara vegetatif dengan pola

tanam agroforestry 50 % tanaman keras dan 50 % tanaman budidaya. Uji korelasi dan regresi menunjukan jenis tanah memiliki nilai pengaruh tertinggi yaitu 34,6 % dan berhubungan secara kuat, sedangkan variabel penggunaan lahan memiliki nilai pengaruh terkecil yaitu 3,5 % dan berhubungan sangat lemah terhadap indeks kerwanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.



SUMMARY

Characterization of Fractal Dimensions of Landslide Fields on the Slopes of the Argopuro-Hyang Mountains; Cindia Mawarni; 171510301031; 2021: 108 page; Soil Science Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

Landslide characterization is an important action in knowing the factors that cause landslides, landslide susceptibility and interactions between landslide variables. This study aims to determine the difference in the value of each variable, the main trigger factors that cause landslides, the level of landslide susceptibility and the interaction between landslide variables and the vulnerability index on the slopes of the Argopuro-Hyang mountains. The method used to measure the level of landslide susceptibility by identifying google earth satellite imagery includes digitizing landslide points and measuring landslides; spatial data processing includes overlay and DEM processing; Field ground check includes sampling and images. Soil analysis in the laboratory included measurement of % C-Organic soil using the currant method, soil texture using the pipette method and soil pH using the pH meter method. Data processing with parametric statistical analysis includes analysis of variance test (ANOVA) which aims to determine the level of difference in the value of the landslide trigger variable; further test Duncan Multiple Range Test (DMRT) to determine the highest average value of each data variable; the Principle Component Analysis (PCA) test to determine the main factors that trigger landslides to occur; Correlation and Regression Test to determine the effect of the main variables on the index and the level of the relationship. The results of the ANOVA test and further DMRT test show that the variables of length, width, height, fractal dimensions, period have the highest significant difference values in the formulation of landslide results and slope slope variables, slope direction, landslide location, soil type, elevation, road distance, river jatak, and land use has the highest significantly different value in the formulation of the landslide trigger variable. The scoring and weighting of the seven main factors that trigger landslides is used to calculate the landslide susceptibility index. Scoring is done using the formula more is better and less is better, while the weight value is obtained through the Minimum Data Set. The seven factors are area, Landslide Plan Shape (LPS), distance to the road, soil type, slope, land use, and slope direction. The calculation results show that the slopes of Mount Argopuro-Hyang have four classes of vulnerability, namely very low vulnerability (< 0.204) in 3 sub-watersheds, low vulnerability ($0.204-0.257$) in 24 sub-watersheds, moderate vulnerability ($0.257-0.314$) in 10 sub-watersheds. , and high vulnerability ($0.314-0.424$) in 2 Sub-watersheds. Dimensional fractals or landslide shapes have a flattened shape that extends along the slope at a higher level of vulnerability. Efforts can be made to reduce the potential for landslides by mechanically managing slopes using terraces

and contours, as well as vegetatively with agroforestry planting patterns of 50% perennials and 50% cultivated plants. Correlation and regression tests show that soil type has the highest influence value, namely 34.6% and is strongly related, while the land use variable has the smallest influence value, namely 3.5% and has a very weak relationship to the landslide susceptibility index on the slopes of the Argopuro-Hyang mountains.



PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan magfirah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah yang berjudul **“Karakterisasi Fractal Dimension Bidang Longsor Di Lereng Pegunungan Argopuro-Hyang”**. Penulis mengucapkan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P selaku dekan Fakultas Pertanian, Universitas Jember
2. Dr. Ir. Cahyoadi Bowo selaku Ketua Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP. Selaku pembimbing skripsi; Subhan Arief Budiman, S.P., M.P selaku Dosen Penguji I; Dr. Ir. Tri Candra Setiyawati, MS. selaku Dosen Penguji II yang telah membimbing, melungkan waktu, pikiran, dan perhatian untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen, Pranata Teknisi Laboratorium, dan Jajaran staf pegawai Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah membantu kelancaran penyelesaian skripsi ini.
5. Orang tua dan seluruh keluarga saya yang memberikan seluruh doa dan dukungan.
6. Alauddin Nur Fattah sahabat saya yang menemani saya mulai masuk kuliah hingga saat ini selalu membantu.
7. Teman-teman HIMAHITA; JUKC; BPM 2018; KKN BTV; dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan adanya kritik dan saran untuk perbaikan selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Jember, 02 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Citra Google Earth	4
2.1.1 Pengertian Google Earth.....	4
2.1.2 Konsep Google Earth.....	4
2.1.3 Pendekatan Google Earth	5
2.2 Landslide Plane Shape dan Fractal Dimension	7
2.2.1 Landslide Plane Shape.....	7
2.2.2 Fractal dimension	7
2.3 Sistem Informasi Geografi	9
2.3.1 Pengertian SIG.....	9
2.3.2 Peran SIG dalam analisa tanah longsor	9
2.4 Longsor Lahan	10
2.4.1 Pengertian Longsor.....	10
2.4.2 Klasifikasi longsor lahan	10
2.4.3 Faktor-faktor berpengaruh terhadap longsor	13
2.5 Daerah Aliran Sungai (DAS)	15
2.5.1 Pengertian DAS	15
2.5.2 Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS)	16

2.6 Penelitian yang relevan	18
2.7 Kerangka Berfikir	19
2.8 Hipotesis	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Bahan	21
3.2.2 Alat	21
3.2 Metode Penelitian	22
3.3 Data dan Teknik Pengumpulan Data	22
3.4 Tahap penelitian	22
3.4.1 Tahapan persiapan	23
3.4.2 Tahapan analisis	25
3.4.3 Tahapan pelaksanaan.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	29
4.2 Faktor pemicu longsor	30
4.2.1 Faktor Geologi.....	30
4.2.2 Faktor Antropogenik.....	34
4.2.3 Faktor Hidrologi	39
4.2.4 Faktor Geomorfologi	39
4.3 Analisis Varian.....	55
4.4 Analisis Faktor Utama Longsor	58
4.5 Karakteristik Tanah.....	61
4.6 Analisis kerawanan longsor	62
4.7 Analisis interaksi variabel utama longsor	67
4.7.1 Uji Linieritas	67
4.7.2 Uji Regresi dan korelasi	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tipe kedalaman longsor	11
Tabel 2. 2 Klasifikasi kecepatan longsor.....	13
Tabel 2. 3 Penelitian yang relevan	18
Tabel 3. 1 Satuan Variabel Penelitian	23
Tabel 3. 2. Pembagian wilayah penelitian	24
Tabel 3. 3 Lokasi groundcheck	25
Tabel 3. 4 Harkat kerawanan longsor	27
Tabel 4.1 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap Formasi Batuan	33
Tabel 4.2 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap Jarak jalan	35
Tabel 4.3 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap penggunaan lahan	38
Tabel 4.4 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap Jarak ke sungai.....	40
Tabel 4.5 Curah hujan tahunan 2011-2020 di lenreng pegunungan Argopuro- hyang	43
Tabel 4.6 Hasil Mann Kendall Test	45
Tabel 4.7 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap kemiringan lereng	48
Tabel 4.8 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap arah lereng	51
Tabel 4.9 Frekuensi jumlah titik dan luas terhadap elevasi lereng	54
Tabel 4.10 Hasil analisis varian variabel pemicu longsor dan hasil longsor	56
Tabel 4.11 Hasil Uji lanjut DMRT formulasi variabel hasil longsor pada DAS ..	57
Tabel 4.12 Hasil Uji lanjut DMRT formulasi variabel pemicu longsor pada DAS	58
Tabel 4.13 Variabel utama pemicu longsor pada sub DAS	59
Tabel 4.14 Kerawanan longsor	63
Tabel 4. 15 Hasil Uji regresi dan korelasi variabel utama longsor dan indeks kerawanan	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk bidang longsor	7
Gambar 2. 2 Bentuk dimensi fraktal	8
Gambar 2. 3 Longsoran sesuai tipe gerakan	13
Gambar 2. 4 Bentuk DAS memanjang (Bulu Burung)	16
Gambar 2. 5 Bentuk DAS Radial (kipas).....	17
Gambar 2. 6 Bentuk DAS Paralel	17
Gambar 2. 7 Bagan kerangka berfikir	19
Gambar 3. 1 Kerangka penelitian	28
Gambar 4. 1 Peta administratif pegunungan Argopuro-hyang	29
Gambar 4. 2 Peta formasi batuan pegunungan Argopuro-hyang.....	31
Gambar 4. 3 Boxplot Formasi Batuan pada setiap Sub DAS	33
Gambar 4. 4 Peta jarak titik longsor terhadap jalan	35
Gambar 4. 5 Boxplot Jarak titik longsor terhadap jalan (m) pada Sub DAS.....	36
Gambar 4. 6 Peta penggunaan lahan	37
Gambar 4. 7 Boxplot penggunaan lahan titik longsor pada setiap sub das.....	39
Gambar 4. 8 Peta titik longsor terhadap sungai	40
Gambar 4. 9 Boxplot jarak titik longsor terhadap sungai (m) pada Sub DAS.....	41
Gambar 4. 10 Peta polygon tieseen.....	42
Gambar 4. 11 Grafik curah hujan tahunan	44
Gambar 4. 12 Peta interpolasi rata-rata curah hujan	45
Gambar 4. 13 Grafik uji step-change	46
Gambar 4. 14 Peta tren hujan	47
Gambar 4. 15 Peta kemiringan lereng.....	48
Gambar 4. 16 Boxplot titik longsor terhadap kemiringan lereng pada sub DAS .	49
Gambar 4. 17 Peta arah lereng (aspect)	50
Gambar 4. 18 Boxplot arah lereng titik longsor pada setiap sub DAS	52
Gambar 4. 19 Peta elevasi.....	53
Gambar 4. 20 Boxplot elevasi titik longsor pada setiap sub DAS.....	54
Gambar 4. 21 Boxplot C-Organik tanah (%) Gambar 4. 22 Boxplot pH tanah...	61
Gambar 4. 23 Boxplot Tekstur tanah	61
Gambar 4. 24 Peta kerawanan longsor.....	64
Gambar 4. 25 Grafik linier luas (m) dan Indeks	67
Gambar 4. 26 Grafik linier LPS (m) dan Indeks	67
Gambar 4. 27 Grafik linier jarak jalan (m) dan Indeks	68
Gambar 4. 28 Grafik linier jenis tanah dan Indeks	68
Gambar 4. 29 Grafik linier kemiringan lereng (%) dan Indeks	68

Gambar 4. 30 Grafik linier penggunaan lahan dan Indeks.....	68
Gambar 4. 31 Grafik linier arah lereng dan Indeks.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Satuan Pemetaan lahan	79
Lampiran 2 Analisis Komponen Utama.....	80
Lampiran 3 Analisis tanah	81
Lampiran 4 Korelasi matrik	82
Lampiran 5 Hasil Groundcheck	83
Lampiran 6 Citra satelit.....	89
Lampiran 7 Informasi lokasi penelitian	90
Lampiran 8 Informasi lokasi penelitian	91



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah vulkanik yang berada didaerah pegunungan berfungsi sebagai media produksi tanaman, jasa ekosistem, dan pengembangan serta regulasi menuju masyarakat yang sejahtera. Tanah vulkanik yang dihasilkan dari pelapukan batuan sebagian besar merupakan lempung dengan sedikit pasir dan bersifat subur. Tanah hasil pelapukan diatas bidang gelincir atau batuan kedap air pada daerah gunung/bukit dengan tingkat kemiringan sedang hingga sangat curam berpotensi menyebabkan tanah longsor pada musim hujan khususnya. Jika lereng tersebut tidak ada tanaman keras, berakar kuat dan dalam, maka kawasan tersebut rawan bencana tanah longsor (Jicha Sun & Zhou, 2017).

Menurut (Andalina et al., 2014) prinsip terjadinya tanah longsor adalah bila terjadi gaya pendorong yang lebih besar dari gaya penahan. Gaya penahan pada lereng dipengaruhi oleh kekuatan batuan serta kepadatan tanah. Pada gaya pendorong banyak dipengaruhi besarnya sudut lereng, beban serta berat jenis tanah, dan air. Bencana tanah longsor bersifat lokal, namun banyak terjadi di Indonesia. Jumlah kejadian tanah longsor akan bertambah pada musim penghujan, terutama di daerah-daerah lereng pegunungan. Longsor dibedakan menjadi dua jenis yaitu longsor yang disebabkan oleh peristiwa alam atau longsor natural dan disebabkan oleh ulah manusia atau longsor antropogenik. Longsor natural berukuran besar dan banyak terjadi di bagian atas lereng gunung. Longsor antropogenik terjadi pada daerah tengah hingga hilir DAS yang dekat dengan lahan budidaya, jalan, dan aktifitas manusia lainnya.

Berdasarkan catatan kejadian bencana alam setidaknya terdapat 918 lokasi rawan longsor di Indonesia. Setiap tahunnya kerugian yang ditanggung akibat bencana tanah longsor sekitar Rp 800 miliar, sedangkan jiwa yang terancam sekitar 1 juta. Kondisi daerah rawan longsor banyak terjadi khususnya di Pulau Jawa, karena banyak pegunungan serta diperparah oleh curah hujan yang tidak menentu (Firmansyah et al., 2015). Menurut (Gili et al., 2000) kejadian longsor seringkali

jarang menjadi pembelajaran dimasa berikutnya. Saat longsor terjadi banyak dilakukan perbaikan namun setelah tanggap darurat tidak dilakukan pencegahan agar tidak terulang. Peristiwa banjir dan tanah longsor yang terjadi sangat erat kaitannya dengan fenomena alam dan juga perilaku manusia dalam mengelola sumber daya alam yang ada.

Lereng pegunungan Argopuro-Hyang merupakan daerah yang tersusun dari aktivitas gunungapi dengan ketebalan pelapukan cukup tebal dan kemiringan lereng yang beragam. Tanah longsor dapat terjadi pada lereng atas, lereng bawah, dan sepanjang lereng. Longsor yang terjadi pada bagian atas lereng atau yang dikatakan longsor natural sulit diduga atau dijangkau langsung melalui survei lapang. Padahal dalam kenyataannya apabila longsor terjadi hingga menutup sungai, akan berpeluang menyebabkan pembendungan atau pendangkalan sungai. Keadaan tersebut berpotensi menyebabkan banjir dimusim hujan yang dapat berdampak terhadap berbagai sektor, khususnya pertanian. Analisis hasil longSORan natural dapat digunakan untuk mengetahui titik longsor pada lereng melalui citra google earth dan sebagai salah satu bagian dari mitigasi. Kegiatan inventarisasi daerah yang pernah terjadi longsor natural sangat diperlukan untuk mendapatkan informasi tentang kerawanan longsor dan kawasan yang diprediksi akan mengalami longsor secara berulang. Khususnya inventarisasi longsor natural di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat perbedaan rata-rata variabel longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang?
2. Apa faktor-faktor utama yang menyebabkan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang?
3. Bagaimana tingkat kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang?
4. Bagaimana interaksi antara faktor utama yang menyebabkan longsor dengan indeks kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perbedaan rata-rata variabel longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang
2. Untuk mengetahui faktor-faktor utama yang menyebabkan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.
3. Untuk mengetahui tingkat kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.
4. Untuk mengetahui interaksi antara faktor utama yang menyebabkan longsor dengan indeks kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis
Memperoleh data karakteristik longsor di Lereng pegunungan Argopuro-Hyang
2. Manfaat Praktis
Menjadi dasar prediksi, pertimbangan, & penyusunan rencana pengelolaan sumberdaya alam dan penanggulangan bencana.
3. Manfaat akademik
Sebagai sumber informasi dan refrensi bagi penelitian berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra Google Earth

2.1.1 Pengertian Google Earth

Penginderaan jauh digunakan untuk mendapatkan informasi atau peristiwa alam dengan menganalisis data hasil rekaman obyek atau fenomena yang dikaji. Pengumpulan data penginderaan jauh dapat menggunakan citra satelit sesuai kebutuhan. Teknik tersebut dapat menghasilkan bentuk citra yang bergam dan selanjutnya untuk diproses serta diinterpretasikan sebagai sumber mendapatkan data-data tertentu dibidang geografi, perencanaan, arkeologi, kehutanan, pertanian, atau berbagai bidang lainnya. Dengan memanfaatkan Google Earth merupakan salah satu cara untuk memperoleh citra satelit yang merupakan hasil dari penginderaan jauh (Rozanda et al., 2012).

Google Earth Pro (GEP) adalah komputasi awan dan platform yang diluncurkan oleh Google, pada tahun 2010. Google Earth menggunakan infrastruktur komputasi Google dan set data pengindraan jauh. GEP adalah data geo besar yang paling populer dalam platform pemrosesan, memfasilitasi proses penemuan ilmiah dengan memberi pengguna akses gratis ke banyak kumpulan data pengindraan jauh.. GEP memiliki fitur pemrosesan paralel yang otomatis dan cepat, serta platform komputasi untuk mengatasi tantangan secara efektif pengolahan data besar (Amani et al., 2020).

2.1.2 Konsep Google Earth

Google earth juga tidak dapat menunjukkan gambar secara jelas di beberapa tempat. Resolusi citra yang tersedia di dalam Google Earth ditentukan berdasarkan titik-titik yang memiliki kepentingan tinggi seperti kota-kota besar. Google Earth dapat mengumpulkan data citra karena memiliki model digital terrain. Model digital terrain dalam google earth memungkinkan objek-objek ditampilkan 3 dimensi, dengan arti ketinggian atau pola kontur dari objek-objek terlihat jelas. Google Earth dapat digunakan untuk membuat tanda letak, foto geotag, menggambar garis, titik,

menggambarkan poligon, dan mengukur panjang, tinggi, dan luas fitur medan dan bangunan, yang kemudian dapat diekspor dalam format KML untuk dipertukarkan (Setiawan et al., 2020).

Aplikasi Google Earth dapat menampilkan permukaan bumi serta berbagai ketinggian seperti daerah dataran tinggi dan dataran rendah. Google Earth memiliki tampilan dibagian bawah yang menunjukkan elevasi, koordinat latitude, koordinat longitude dan skala jarak dari tempat yang diidentifikasi. Sedangkan navigasi arah mata angin dapat diketahui pada bagian kanan atas layar (Yusran et al., 2020).

2.1.3 Pendekatan Google Earth

GEE dengan *machine learning* yang disediakan dapat memproses *image* dengan cepat meskipun cakupan areanya sangat luas. (Pratamasari et al., 2020) meringkas manfaat dan batasan Google Earth membuat rekomendasi untuk meningkatkan dan menambah fungsi agar dapat melayani aplikasi ilmu Bumi dengan lebih baik. Dengan menggabungkan penggunaan aplikasi Google Earth menjadi delapan kategori, termasuk visualisasi, pengumpulan data, eksplorasi data, integrasi data, pemodelan dan simulasi, validasi, komunikasi / diseminasi hasil penelitian, dan dukungan keputusan. pengumpulan data kebenaran dasar dari Google Earth bergantung pada fungsi-fungsi seperti penyediaan citra, anotasi, dan pengukuran resolusi tinggi; visualisasi penampang geologi tidak dapat dicapai tanpa KML; integrasi Google Earth ke dalam kerangka penyebaran data bergantung pada API Google Earth. Misalnya, fungsi level bawah “ penyediaan lingkungan globe virtual yang kuat ” berfungsi sebagai dasar untuk semua fungsi tingkat yang lebih tinggi, fungsionalitas google earth secara lebih lengkap mencakup :

- a. Level 1 meletakkan fondasi untuk semua fungsi tingkat yang lebih tinggi dengan menyediakan berbagai fungsi dasar termasuk layanan data, referensi spasial, tessellation medan, rendering 2D, rendering 3D, operasi spasial, jaringan dan kolaborasi, tetapi fungsi-fungsi ini tidak diekspos langsung ke pengguna
- b. Fungsionalitas Level 2 menyediakan akses ke fungsi GIS dasar termasuk pengukuran, pelabelan, gambar geometri, digitalisasi, tumpang susun dan

impor dan ekspor data, yang mendukung aktivitas seperti pengumpulan data dan validasi.

- c. Fungsionalitas Level 3 memungkinkan penggunaan fitur KML lanjutan untuk mendukung aplikasi seperti animasi, visualisasi data dengan variasi waktu, simulasi, pemodelan 3D, berbagi data, dan integrasi informasi multimedia
- d. Level 4 memungkinkan Google Earth diintegrasikan dengan mulus ke dalam pekerjaan aplikasi khusus dengan menggunakan API penyimpanan Google Earth.

Fungsionalitas GIS telah banyak digunakan dalam pengumpulan data, validasi penginderaan jauh, dan integrasi / interoperabilitas data dan *mashup*. Banyak fitur geologis, geomorfologi, dan lanskap yang dapat diamati dan diukur di Google Earth, misalnya parit, rawa garam, tanda pangkat, ketidaksesuaian stratigrafi, pantai berpasir, padang rumput, jaringan sungai. Alat GIS di Google Earth memungkinkan pengguna mengumpulkan data observasi tentang geografi, geologi, dan geomorfologi dengan menggambarkan dan mengukur fitur pada gambar beresolusi tinggi untuk aplikasi penginderaan jauh (Liang et al., 2018). Sumber data spasial yang berbeda di Google Earth adalah pendekatan yang mudah untuk melakukan analisis geovisual . Misalnya, karena geologi adalah hasil gabungan dari proses litologi, tektonik, geomorfologi, edafis, hidrologi, dan topografi, menghamparkan peta geologi di atas lapisan medan di Google Earth dapat membantu secara efektif memahami keanekaragaman geodasari yang mendasari permukaan.

Potensi Google Earth sebagai alat analisis geovisual telah dibuktikan dalam banyak aplikasi, misalnya, penilaian bahaya vulkanik terhadap penerbangan, karakterisasi spasial dari populasi yang berisiko terkena kolangiokarsinoma, penelitian distribusi penyakit, investigasi banjir besar, ekstraksi jarak trotoar, evaluasi situs stasiun cuaca dan penelitian lainnya yang banyak menggunakan google earth pro sebagai sumber mendapatkan informasi spasial dengan format KML. Google earth pro juga dapat digunakan untuk memetakan bencana alam (Strangeways, 2009).

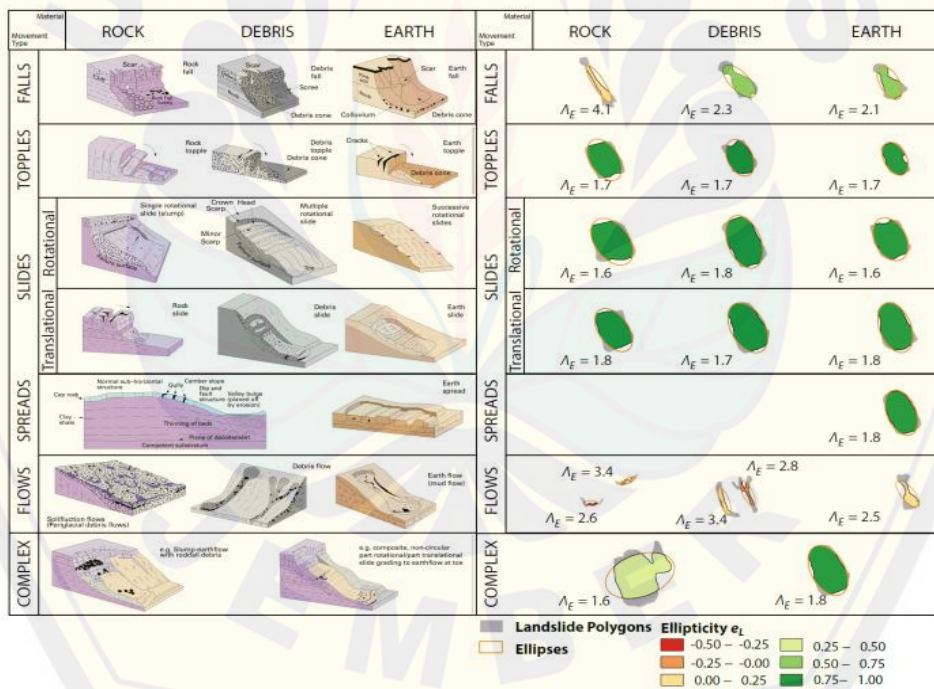
2.2 Landslide Plane Shape dan Fractal Dimension

2.2.1 Landslide Plane Shape

Landslide plane shape atau bentuk bidang tanah longsor merupakan bentuk yang dihasilkan dari setiap jenis longsor yang terjadi. Bentuk LPS meliputi bagian yang terjadi longsor, bagian aliran longsor, dan bagian hasil longoran. LPS menggambarkan longsor berdasarkan penghitungan panjang longsor (P) dan luas longsor (L) dengan rumus berikut :

$$LPS = \frac{P}{L}$$

Menurut Taylor et al 2017, bentuk bidang longsor di kategorikan menjadi 6 berdasarkan jenis longsorannya dan nilai elips dalam longsorannya. Data nilai LPS disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 2. 1 Bentuk bidang longsor

2.2.2 Fractal dimension

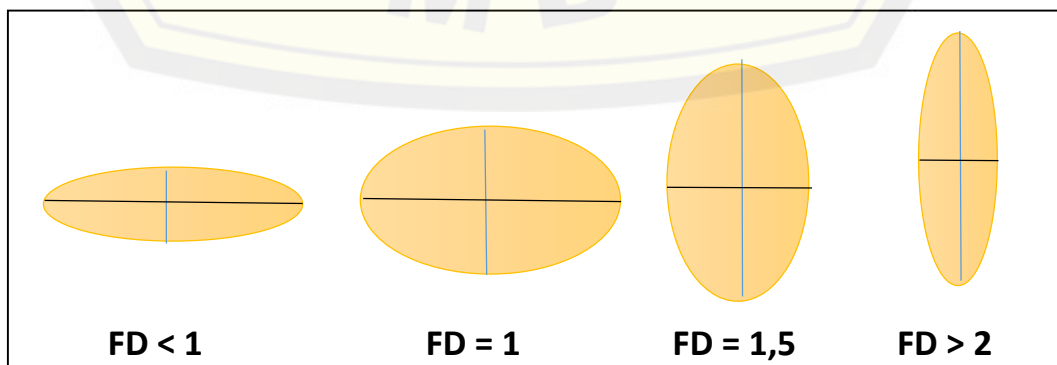
Dimensi fraktal yang berasal dari teori fraktal Mandelbrot adalah nilai yang secara kuantitatif mengukur derajat pengelompokan spasial tanah longsor (Zhang et al., 2019). Menurut (Noyes, 2001) Dimensi fraktal sebagai indikator kesamaan,

kepadatan, kompleksitas dan frekuensi berguna untuk menganalisis penilaian kerentanan, pola distribusi juga dapat digunakan sebagai faktor pembanding Untuk menunjukkan distribusi spasial longsor secara kuantitatif.

Dimensi fraktal dianggap sebagai ukuran kuantitatif pengaruh faktor predisposisi pada bahaya geologi. Selain itu, fitur fraktal dengan predisposisi terkait bahaya faktor ketinggian, faktor elevasi memiliki pengaruh terbesar terhadap bencana longsor, runtuh, dan bahaya longsor, sedangkan faktor predisposisi lainnya memiliki efek berbeda pada berbagai jenis bahaya geologi (Hu et al., 2020). Pengembangan Ini mengungkapkan hubungan kuantitatif antara distribusi perkembangan longsor dan berbagai faktor yang mempengaruhi dari perspektif fraktal dan memberikan dasar fractal untuk pemilihan lebih lanjut faktor evaluasi untuk analisis risiko longsor regional (Wang et al., 2018). Karena cara menghitung fraktal mudah untuk dilaksanakan secara otomatis dengan pemrograman. Hubungan panjang, lebar, dan tinggi adalah salah satu cara paling populer untuk mengukur fraktal dimensi suatu objek (Yang & Lee, 2006). Berdasarkan hubungan tersebut maka dimensi fraktal D adalah

$$D = \frac{T}{L}$$

Dengan P adalah panjang titik longsor, L adalah lebar titik longsor, dan T adalah tinggi titik longsor. Secara umum, nilai dimensi fraktal bervariasi antara kurang dari 1 dan lebih dari 2, dengan nilai yang lebih rendah menunjukkan tren yang lebih lebar dan lebih pendek titik longsohnya. Sedangkan nilai yang lebih tinggi menunjukkan bentuk lebih panjang namun tidak terlalu lebar. Secara visual nilai dimensi fraktal dapat dinyatakan pada gambar 1. (W. Y. Xu et al., 2016)



Gambar 2. 2 Bentuk dimensi fraktal

2.3 Sistem Informasi Geografi

2.3.1 Pengertian SIG

SIG mempunyai kemampuan menghubungkan, menggabungkan, menganalisa, dan memetakan hasil data pada suatu titik di bumi. Pengolahan data SIG bersumber dari data spasial yaitu data yang memiliki sistem koordinat tertentu, serta berorientasi secara geografis, dan sebagai sumber referensinya. Kemampuan yang dapat membedakan SIG dengan sistem informasi yang lain adalah kemampuan dalam hal menginformasikan lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Teknologi dalam sistem informasi geografis mengembangkan penggunaan peta, pemodelan kartografik, serta kemampuan analisis statistik spasial untuk berbagai kebutuhan data rupa bumi dan tidak terbatas pada pengujian masalah bentang lahan, masalah penggunaan lahan, dan model medan kompleks (Astuti, 2016).

Subsistem dalam SIG meliputi pengumpulan dan input data, pemrosesan data dasar, analisis, dan penerapan serta output data. Beberapa fasilitas untuk analisis data dalam software SIG adalah perubahan untuk memperbarui data, Interpolasi Spasial, Tumpangtindih Peta, dan Pemodelan. Pembuatan peta dengan basis SIG adalah suatu sistem yang diaplikasikan untuk memperoleh, menyimpan, menganalisa dan mengelola data terkait keadaan nyata atau atribut, dimana secara spasial mengacu pada keadaan bumi (Astuti, 2016).

2.3.2 Peran SIG dalam analisa tanah longsor

(Hamida & Widyasamratri, 2019) menyebutkan Penanggulangan bencana dengan fasilitas citra satelit dapat berupa inventarisasi tanah longsor atau penentuan daerah rawan tanah longsor, mengetahui karakteristik peristiwa longsor, pemetaan faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor. Faktor pemicu (parameter longsor) seperti litologi, geomorfologi, patahan, penggunaan lahan, lereng dan vegetasi, modeling risiko longsor dan permodelan mitigasi bencana. Metode yang digunakan dalam pemetaan risiko bencana yaitu dengan menumpang tindihkan (overlay) menggunakan software Arcmap 10.4. Metode ini merupakan pengolahan data secara digital dengan menggabungkan beberapa peta tematik sesuai kriteria.

Analisis dengan SIG dalam pemetaan zona kerawanan terjadi longsor tanah juga dapat menggunakan software google earth. Software Arcgis 10.4 dapat mengetahui berbagai parameter pengukuran secara spasial seperti mengevaluasi unit, kelas atau tipe mana dari setiap individu peta yang penting (berpengaruh) terhadap tanah longsor. Analisis longsor dengan SIG sangat memudahkan untuk wilayah yang cakupannya luas dan sulit dijangkau dengan survei (Harto et al., 2017).

2.4 Longsor Lahan

2.4.1 Pengertian Longsor

Peristiwa tanah longsor terjadi saat gaya pendorong lebih besar dari gaya penahan pada sebuah lereng. Gaya penahan paling utama dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Gaya pendorong gerakan tanah banyak dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, panjang lereng, dan beban serta berat jenis batuan (Setyawan et al., 2020). Faktor tersebut penyebab longsor selain curah hujan tinggi, faktor kemiringan, karakteristik batuan / tanah, kadar air, vegetasi, beban, pemotongan tebing merupakan faktor yang dapat menyebabkan longsor. (Indrasmoro, 2013) menyatakan gerakan tanah dinyatakan secara lebih detail sebagai masa tanah atau material campuran lempung, debu, kerikil, pasir dan kerakal serta bongkah dan lumpur, yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena faktor gravitasi bumi.

Faktor-faktor fisik dan non fisik seperti kondisi geologi, geomorfologi, hidrologi, vegetasi, tanah, iklim, serta penggunaan lahan dan aktivitas manusia dapat merubah kondisi stabil dari lereng atau bentang sistem geomorfik tersebut. Gerakan material dari tanah longsor terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang gelincir tanah dan merupakan batas Bergeraknya massa tanah batuan (T. H. Wu & Abdel-Latif, 2000).

2.4.2 Klasifikasi longsor lahan

Menurut (Priyono, 2015) longsor dapat terjadi berdasarkan banyak faktor yang

menyebabkan. Melalui penyebab yang berbeda, longsor juga dapat menimbulkan dampak yang berbeda-beda untuk kemudian dinyatakan sebagai jenis longsor. Hasil longsor yang dimaksudkan meliputi material tanah yang mengalami diskontinuitas pada lereng gunung. Ada beberapa jenis longsor yang banyak terjadi di berbagai daerah pada gunung atau perbukitan, 4 jenis longsor tersebut meliputi:

a. Longsor sesuai kedalamannya.

Kedalaman maksimum material tanah longsor atau longsor dibagi dalam 4 macam yaitu longsor permukaan, longsor dangkal, longsor dalam dan longsor sangat dalam berdasarkan satuan meter tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Tipe kedalaman longsor

No.	Tipe	Kedalaman (m)
1.	Longsor permukaan (<i>Surface slide</i>)	<1,5
2.	Longsor dangkal (<i>shallow slides</i>)	1,5-5,0
3.	Longsor dalam (<i>deep slides</i>)	5,0-20
4.	Longsor sangat dalam (<i>very deep slides</i>)	>20

b. Longsor Berkaitan dengan aktivitasnya atau aktivasinya terdiri dari 2 jenis longsor yaitu :

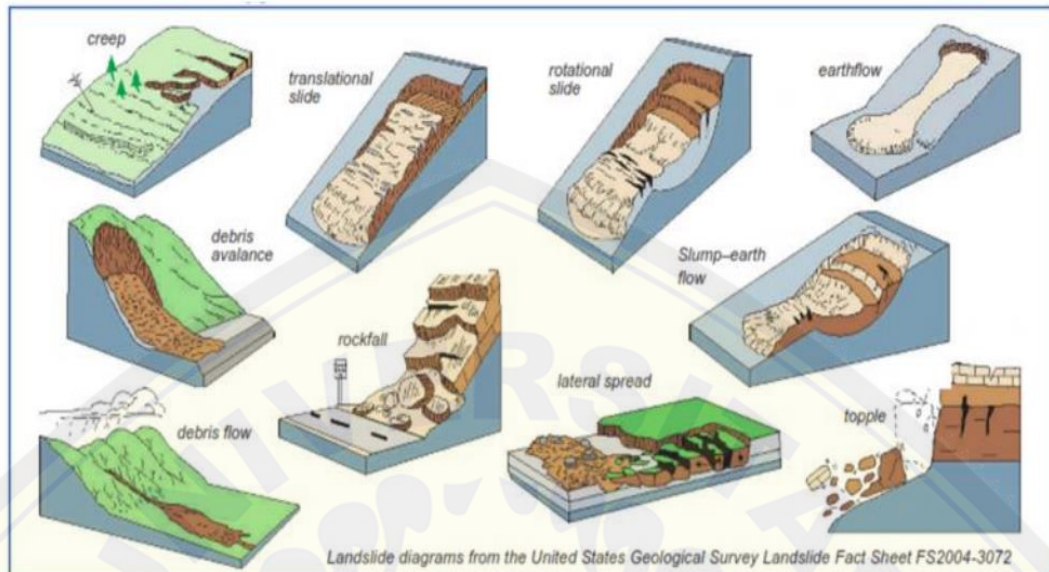
1. Aktif atau longsor dengan ciri terdapatnya luka dan atau pecahan berupa retak pada tanah atau tebing yang dapat sewaktu-waktu bergerak.
2. Istirahat atau dorman dengan ciri proses terjadinya sangat lambat atau sangat lama dan tersembunyi. Longsor ini hasil modifikasi proses pelapukan isik, erosi dan pertumbuhan vegetasi.

c. Longsor sesuai tipe gerakannya terdapat 11 jenis yang ditampilkan pada Gambar 2.

1. Longsor translasi (*translational landslide / soil slide*) merupakan Longsor dengan proses Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau bergelombang hingga landai.
2. Longsor rotasi (*rotational landslide / soil slump*) yaitu Longsor dengan gerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang memiliki bentuk cekung.
3. Pergerakan blok (*block slide / soil slide*) yaitu perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor dengan pola seperti ini juga disebut sebagai longsor translasi blok batu.

4. Runtuhan batu (rockfall), yaitu Pergerakan material longsor cukup cepat pada konsisi lereng yang hampir vertical. Jenis material yang bergerak berupa batuan.
5. Robohan / runtuhan bahan atasan (topples), berupa bahan rombakan terjadi karena lereng tersusun oleh material yang terdegradasi atau mengalami pelapukan, sehingga dengan sedikit gangguan akan mudah runtuh runtuhan.
6. Aliran tanah (earthflow), merupakan aliran Lumpur (diatas atau dibawah jalan) dan hanya material dangkal dipermukaan tanah saja yang mengalir dengan membawa material, selanjutnya tersusun di bagian kaki lereng tetapi dapat mempengaruhi berkurangnya tingkat stabilitas lereng secara keseluruhan
7. Aliran runtuhan (debris flow), Longsoran ini sering terjadi diperbukitan dan tepatnya pada bagian lembah. Material yang dibawa longsor sangat beragam mulai dari tanah, pasir dan kerikil, serta bongkahan yang disertai dengan bahan lain seperti patahan tranting, dahan dan kayu dari pohon yang tumbang
8. Bahan rombakan (debris avalanche), Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Dibeberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunungapi.
9. Ambles / penurunan tanah (subsidence) yang disebabkan oleh pengikisan bagian bawah secara perlahan dan dapat menjadi semakin besar. Longsor jenis ini dapat disebabkan oleh pengikisan oleh air bawah tanah maupun air sungai.
10. Longsoran kompleks / komposit (complex slide) longsor yang terjadi dari beberapa tipe gerakan dengan banyak material yang dibawa. Longsoran jenis ini terjadi dengan cakupan area yang besar dan membawa pengaruh yang besar.
11. Sebaran (lateral spread) banyak terjadi secara horizontal yang umumnya

terjadi pada daerah yang didominasi material dengan butiran halus.



Gambar 2. 3 Longsor sesuai tipe gerakan

d. Harkat kecepatan gerakan longsor sebanyak 7 kategori pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Klasifikasi kecepatan longsor

Kelas	Deskripsi	Kecepatan (mm/det)	Tipikal Kecepatan (m/det)	Keperluan Manusia
7	Amat sangat cepat	5 x 10	5	Nihil
6	Sangat cepat	50	180	Nihil
5	Cepat	0.5	155.520,00	Evakuasi
4	Sedang	5 x 10	33.696.000,00	Evakuasi
3	Lambat	50 x 10	49.766.400,00	Pemeliharaan
2	Sangat lambat	0.5 x 10	497.664,00	Pemeliharaan
1	Amat sangat lambat	-	-	Nihil

2.4.3 Faktor-faktor berpengaruh terhadap longsor

Longsor dipengaruhi oleh berbagai faktor, namun terdapat beberapa faktor utama yang memicu terjadinya longsor. Faktor-faktor penyebab terjadinya longsor lahan meliputi (Sulistio et al., 2020) :

a. Hujan

Curah hujan sebagai faktor penting dalam terjadinya peristiwa longsor disebut lereng. Awal musim hujan biasa diikuti dengan intensitas hujan sangat tinggi serta durasi waktu yang cepat atau bahkan lama, sehingga kandungan air pada tanah menjadi lebih cepat jenuh dalam waktu yang singkat. Intensitas hujan yang tinggi pada awal musim dapat menimbulkan longsor, hal

ini dikarenakan air masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng melalui tanah yang merekah dimusim kemarau, sehingga menimbulkan gerakan lateral.

b. Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal serta curam akan memperbesar gaya pendorong pada gerakan tanah. Keadaan Lereng terjal dipengaruhi oleh banyak factor diantaranya karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Tanah longsor berpeluang terjadi pada kemiringan lereng 8 % hingga lebih besar. Lereng yang tidak terlalu terjal dan kemiringan lereng berada dibawah 8% sangat sedikit dijumpai longsor.

c. Tanah yang Kurang Padat dan Tebal

Jenis tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dari sudut lereng tergolong dalam tanah yang kurang padat. Tanah yang kurang padat memiliki potensi untuk terjadinya longsor terutama pada saat musim hujan atau hujan turun. Selain itu tanah juga rentan mengalami pergerakan karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika musim kemarau.

d. Batuan yang Kurang Kuat

Batuan endapan hasil letusan gunung api serta sedimen yang berukuran sebesar pasir dan terdapat campuran antara kerikil, pasir dan lempung pada umumnya bersifat kurang kuat menahan air. Batuan tersebut akan mudah membentuk tanah apabila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

e. Jenis Tata Lahan

Penggunaan lahan sebagai pemanfaatan lahan untuk suatu aktivitas tertentu seperti perkebunan, pertanian, perumahan, daerah rekreasi dan lain-lain. Daerah dengan penggunaan lahan persawahan, perladangan dan adanya genangan air di lereng yang terjal banyak menyebabkan terjadinya peristiwa longsor. Pada lahan persawahan akar tanaman cenderung tidak terlalu dalam sehingga kurang kuat untuk mengikat butir tanah yang membuat tanah menjadi lembek saat jenuh dengan air sehingga mudah longsor. Pada penggunaan lahan ladang penyebab longsor karena akar tanaman tidak dapat menembus bidang longsor atau bidang gelincir dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.

f. Getaran

Getaran terjadi baik dalam skala besar maupun kecil yang diakibatkan oleh berbagai factor salah satunya gempa bumi, ledakan, getaran mesin dan getaran lalu lintas kendaraan. Getaran-getaran tersebut berpengaruh nyata terhadap permukaan bumi dan membawa dampak yang berbeda sesuai ukurannya. Pada daerah lereng getaran seperti gempa bumi dapat meningkatkan peluang terjadinya longsor.

g. Aktifitas manusia

Aktifitas atau kegiatan di lereng gunung yang berlebih seperti pembukaan lahan dan pengambilan material dapat menyebabkan terjadi longsor, apabila dilakukan terus menerus dan tanpa perbaikan. Aktifitas pemotongan lereng untuk pembuatan jalan juga dapat menyebabkan longsor.

2.5 Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.5.1 Pengertian DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) diartikan sebagai wilayah yang dibatasi oleh topografi seperti punggung bukit yang bertugas menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara lain serta mengalirkannya melalui serta menuju anak-anak sungai dan keluar pada satu titik yang disebut outlet. Menurut (Rahayu et al., 2009) Morfometri DAS adalah ukuran kuantitatif karakteristik DAS yang terkait dengan aspek geomorfologi pada suatu daerah. Karakteristik ini terkait dengan proses pengaturan (drainase) air hujan yang jatuh ke DAS. Parameter tersebut meliputi luas DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, kerapatan aliran, pola aliran, dan gradien kecuraman sungai.

Fungsi DAS dapat ditinjau dari dua sisi yaitu sisi ketersediaan (supply) yang mencakup kuantitas aliran sungai (debit), waktu, kualitas aliran sungai, dan sisi permintaan (demand) yang mencakup tersedianya air bersih, tidak terjadinya bencana banjir, tanah longsor serta genangan lumpur. Karakteristik DAS sejumlah sungai utama di Indonesia khususnya di Jawa dicirikan lahan budidaya pertanian dan padi sawah yang mencapai 50-85% sedangkan luas hutan sudah di bawah 20%, diyakini telah mempengaruhi terjadinya peningkatan frekuensi dan volume

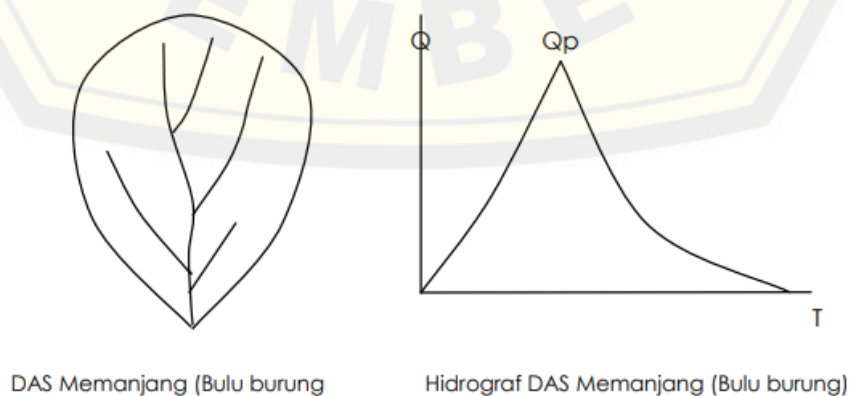
debit banjir maupun kekeringan di banyak wilayah DAS. Permasalahan DAS meliputi permasalahan bencana kekeringan dan banjir, adanya lahan kritis dan tanah longsor seperti yang terjadi di beberapa daerah. DAS yang sudah rusak akan semakin sulit diperbaiki jika tidak ada upaya penjagaan dan tidak sesuai peraturan pengelolaan sumberdaya alam. (Satuan et al., 2013).

2.5.2 Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS)

Bentuk DAS tidak berkaitan secara langsung terhadap longsor namun berkaitan dengan pola aliran air atau sungai yang berpengaruh terhadap kecepatan terpusatnya air di daerah tangkapan air. Setiap DAS memiliki bentuk dan ciri khas masing-masing dengan kriteria-kriteria tertentu. Kriteria utama bentuk DAS terkait dengan aliran sungai pada DAS. Jenis DAS juga dikaitkan dengan kerapatan drainase pada DAS. Terdapat 4 bentuk DAS sesuai bentuk sungai terhadap luas DAS dan terkait kecepatan aliran air sampai pada outlet atau DTA sebagai berikut (Sutapa, 2006) :

a. Memanjang

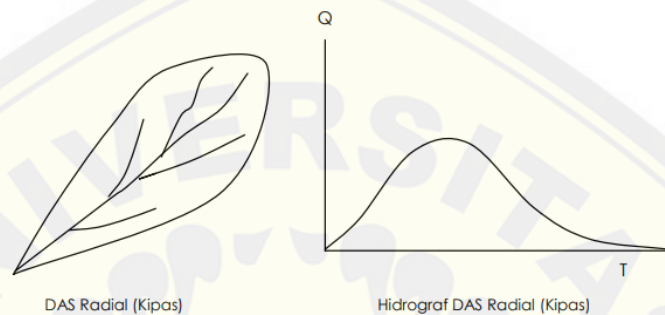
Pada umumnya bentuk DAS memanjang digambarkan dengan pola aliran induk sungai yang memanjang. Kemudian aliran dari anak-anak sungai langsung masuk kedalam induk sungai. Bentuk ini yang terlihat pada gambar 2.3, dapat menyebabkan debit banjir relatif kecil karena perjalanan banjir dari anak sungai berbeda-beda waktu sampai ke sungai induk. Namun bentuk DAS memanjang akan menyebabkan banjir berlangsung agak lama.



Gambar 2. 4 Bentuk DAS memanjang (Bulu Burung)

b. Radial

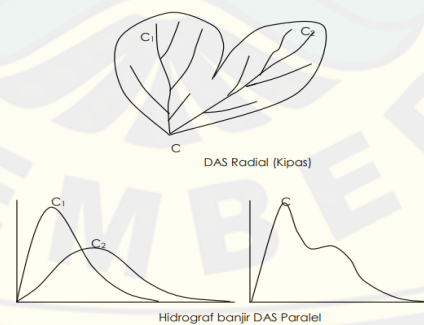
Bentuk seperti gambar 2.4 ini terjadi karena arah alur sungai seolah-olah memusat pada suatu titik sehingga menggambarkan adanya bentuk radial. Pada beberapa sumber lain, gambaran DAS tersebut berbentuk kipas atau lingkaran. Akibat dari bentuk DAS ini, waktu yang diperlukan aliran yang datang dari segala penjuru arah alur sungai memerlukan waktu yang hampir bersamaan.



Gambar 2. 5 Bentuk DAS Radial (kipas)

c. Paralel

Bentuk DAS sesuai gambar 5 dibentuk oleh 2 jalur Sub DAS yang bersatu atau bertemu di bagian hilir atau outlet yang sama. Bentuk DAS seperti ini juga menyebabkan Banjir lebih banyak terjadi di daerah hilir setelah titik pertemuan antara kedua alur sungai sub DAS tersebut. Bentuk DAS paralel dapat terdiri dari dua DAS radial, dua DAS memanjang, dan atau gabungan dari kedua bentuk DAS tersebut.



Gambar 2. 6 Bentuk DAS Paralel

d. Kompleks

Bentuk DAS kompleks terjadi akibat gabungan dua atau lebih bentuk DAS yang lain. Dalam keadaan hujan yang sama seperti bentuk daerah aliran sungai radial, hidrograf yang dihasilkan lebih tajam. Serta periode atau waktu terjadinya banjir lebih pendek dibandingkan dengan bentuk DAS bulu burung.

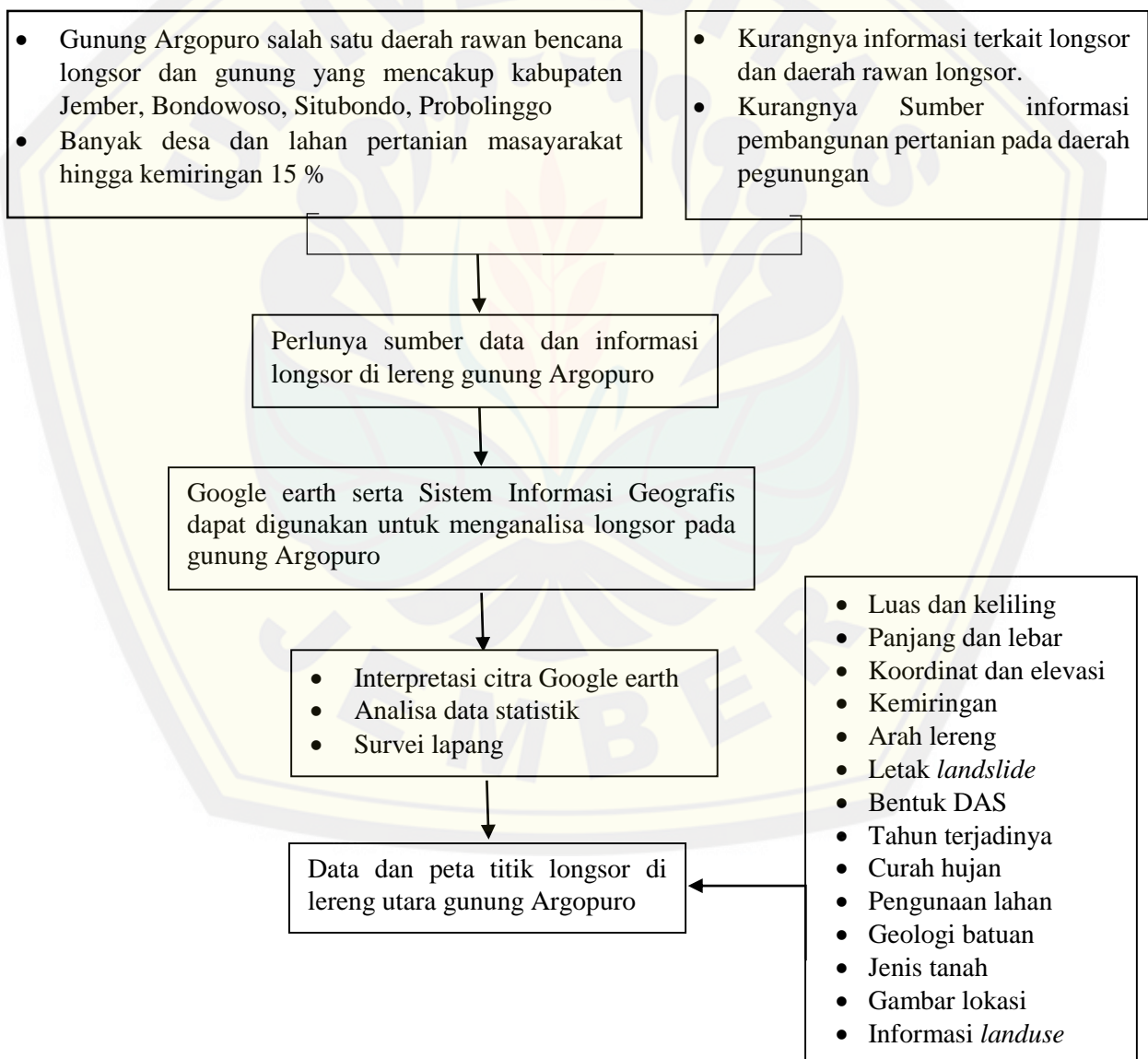
2.6 Penelitian yang relevan

Tabel 2. 3 Penelitian yang relevan

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Noh, S. K., Chang, P. W., & Cha, K. S. (2005) (Seob, 2005)	Mempelajari perbandingan faktor topografi dengan kestabilan lereng menggunakan dimensi fraktal dan indeks luas permukaan	Memprediksi potensi longsor dengan indeks kekasaran	Sebuah situs uji dipilih dan dimensi fraktal dan indeks luas permukaan dihitung dari jaringan segitiga tidak beraturan	Data tabel, grafik, peta stabilitas lereng
Yang, M. S., Wu, M. C., & Liu, J. K. (2013, January) (M. C. Wu et al., 2014)	Analisis morfologi aliran dengan altimetri laser airborne dan dimensi fraktal.	Mengevaluasi morfologi aliran.	Implementasi dimensi fraktal terhadap kekasaran topografi	Peta sebaran topografi
Lin, Y., Xia, K., Jiang, X., Bai, J., & Wu, P. (2016) (Lin et al., 2016)	Pemetaan kerentanan tanah longsor berdasarkan optimasi gerombolan partikel dari beberapa mesin vektor relevansi kernel: Kasus di daerah perbukitan rendah di Provinsi Sichuan, Cina	Tentang kerentanan faktor predisposisi longsor berdasarkan teori fraktal dimensi variabel dan model probabilitas faktor kepastian	Inventarisasi tanah longsor dan data tematik yang tersedia Di wilayah studi	Peta kerentanan tanah longsor didaerah studi
Quraishi, I., Hasnat, A., & Choudhury, J. P. (2017). (Quraishi et al., 2017)	Pemilihan resolusi piksel optimal untuk analisis kerentanan longsor di kawasan Bukit Antarabangsa, Kuala Lumpur, dengan menggunakan pengolahan citra dan alat statistik multivariat.	Mengetahui Kinerja pada resolusi piksel yang berbeda dibandingkan menggunakan kurva karakteristik operasi penerima (ROC),	Dengan mereview citra digital menggunakan teknik penginderaan jauh tanpa survei fisik.	Peta dan grafik pada hasilresolusi piksel yang berbeda
Li, Y., Sun, R., Yin, K., Xu, Y., Chai, B., & Xiao, L. (2019). (Li et al., 2019)	Peramalan perpindahan longsor menggunakan analisis wavelet berbasis chaos theory model filter Volterra	Mengkarakterisasi karakteristik chaos deret waktu perpindahan longsor	Metode CD menggunakan dimensi fraktal	Grafik terjadinya longsor

2.7 Kerangka Berfikir

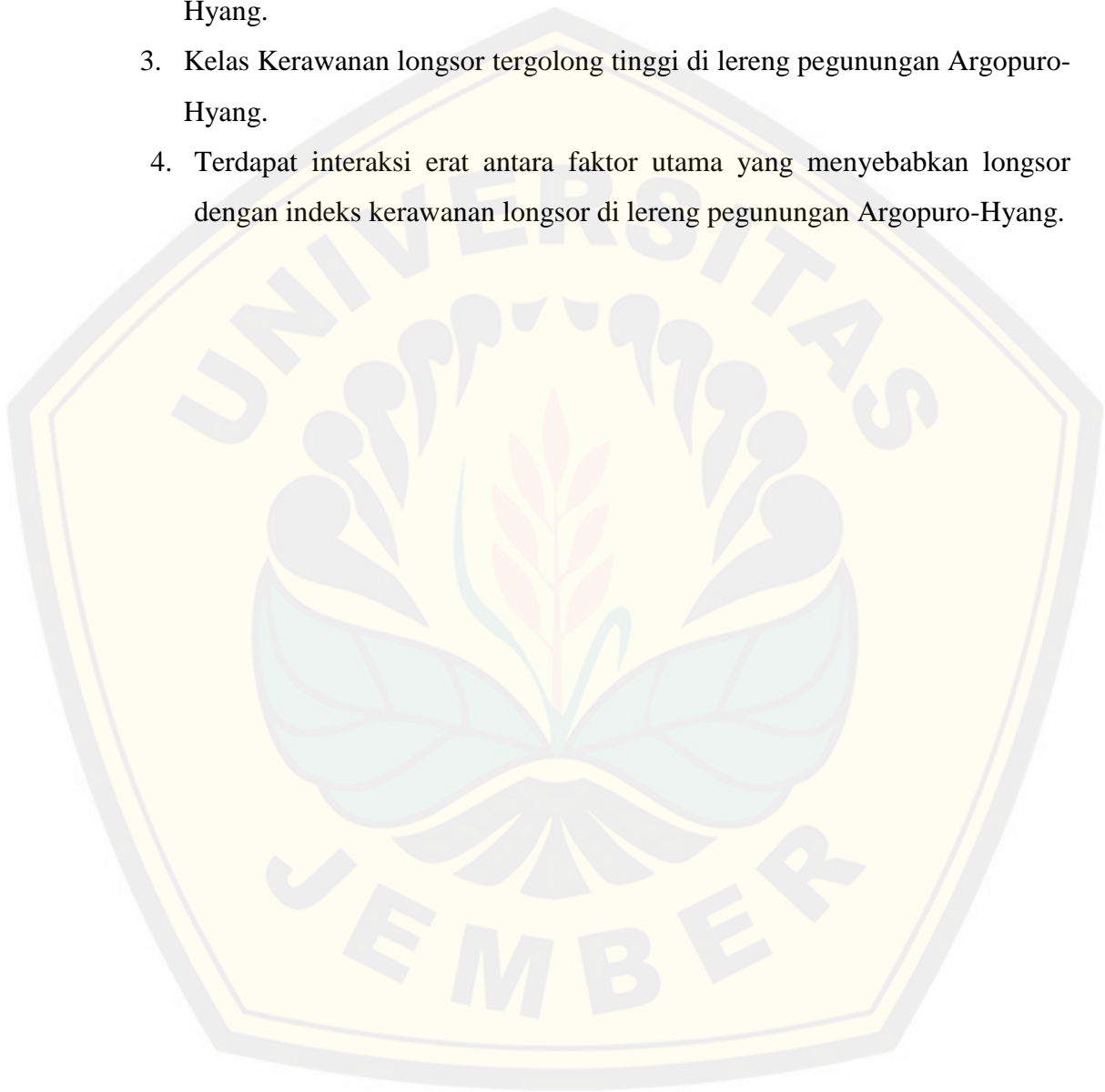
Situs Gunung Argopuro tanahnya berasal dari hasil pelapukan batuan gunungapi argopuro yang sudah terbentuk hingga ± 1 juta tahun yang lalu. Gunung api Argopuro termasuk pada gunung api purba, sehingga kegiatan vulkanologisnya tidak banya terjadi atau aktif bahkan dapat dikatakan berstatus istirahat (reses). Sampai saat ini masih sedikit media yang memberikan informasi mengenai kerawanan longsor, pada kenyataanya data dan peta kerawanan longsor sangat diperlukan untuk perencanaan penanganan agar dapat dilakukan tindakan yang tepat (Purwanto et al., 2016).



Gambar 2. 7 Bagan kerangka berfikir

2.8 Hipotesis

1. Terdapat perbedaan rata-rata variabel longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang
2. Terdapat variabel utama pemicu longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.
3. Kelas Kerawanan longsor tergolong tinggi di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.
4. Terdapat interaksi erat antara faktor utama yang menyebabkan longsor dengan indeks kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mencakupi wilayah lereng pegunungan Argopuro-Hyang yang meliputi 3 kabupaten, 13 kecamatan, dan 58 desa dengan rincian sebagai berikut kabupaten Bondowoso 5 Kecamatan 13 Desa, kabupaten Probolinggo 5 kecamatan 26 desa, dan kabupaten Situbondo 3 kecamatan 19 desa. Luas daerah penelitian yang mencakup 58 Desa yaitu 79.552 Ha. Titik koordinat gunung argopuro berada pada $7^{\circ}57'51.60''S$ $113^{\circ}34'0.19''E$. Data penelitian diambil menggunakan citra satelit Google Earth Pro dalam rentan waktu 2011-2020, *Grundcheck* lapang, dan refrensi pendukung lainnya. Waktu penelitian dilaksanakan bulan Januari hingga Juli 2021.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan

- a. Citra satelit GEP (Google earth pro)
- b. Contoh tanah dari lokasi penelitian hasil *Groundcheck*
- c. Peta Administrasi skala 1 : 25.000 (Sumber: BIG dan Dukcapil Kemendagri)
- d. Data DEM 30 meter (Sumber : Earthexplorer. USGS.gov)
- e. Peta jenis tanah gunung Argopuro skala 1:50.000 (Sumber: BIG).
- f. Peta geologi lembar Jawa Timur skala 1 : 100.000 (S.Santoso et al, 1993)
- g. Peta penggunaan lahan Tahun 2019 skala 1 : 25.000 (Sumber : MenKLHK).
- h. Bahan kimia untuk analisis laboratorium.
- i. Data curah hujan 10 tahun setiap kabupaten.

3.2.2 Alat

- a. PC (*Personal Computer*)
- b. Software ArcMap 10.4

- c. Software Google Earth Pro
- d. Software SPSS/ Exel Pro
- e. GPS, Kamera
- f. *Soil sampling tools* dan alat analisis laboratorium

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode identifikasi longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang dengan menggunakan citra satelit google earth. Hasil identifikasi dilakukan *Groundcheck* dilapangan dan pengambilan sampel tanah. Sampel tanah dianalisis laboratorium serta dilanjutkan pengolahan seluruh data menggunakan statistic parametrik. Data curah hujan dianalisis menggunakan Man kendalls test Data hasil analisis ditentukan tingkat kerawanan longsor dan peta sebaranya kerawanan longsor.

3.3 Data dan Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data longsor di identifikasi menggunakan citra satelit / foto udara dan pengecekan dilapang.
- Data kemiringan lereng, elevasi, arah lereng, diperoleh melalui interpretasi data DEM.
- Data batuan dan formasi geologi diperoleh melalui interpretasi peta geologi.
- Data tanah diperoleh melalui peta tanah, pengambilan sampel tanah dan dianalisis dilaboratorium.
- Data penutup lahan diperoleh malalui interpretasi citra dan peta penggunaanlahan dan dilakukan pengecekan lapangan.
- Data curah hujan diperoleh melalui dinas PUPR setiap kabupaten.

3.4 Tahap penelitian

Penelitian yang dilaksanakan secara sistematis dibagi menjadi 3 (tiga) tahapan penelitian sebagai berikut:

3.4.1 Tahapan persiapan

a. Studi literatur yang terkait dengan objek penelitian.

Tahap ini dilakukan dengan menentukan batas wilayah penelitian yang berdasarkan kemiringan lereng lebih tinggi dari 8 %. Batas wilayah lainnya juga ditetapkan berdasarkan sub DAS di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.

b. Pengumpulan bahan penelitian.

Pengumpulan bahan penelitian meliputi data sekunder pendukung penelitian berupa jurnal, buku dan data DEM. Data DEM digunakan untuk membuat peta pembatas dan dimasukkan dalam aplikasi citra sateli google earth serta digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengkategorian variabel yang tidak dilakukan pengukuran secara langsung. Nilai kategori dan satuan setiap variabel pemicu longsor dan hasil longsor di tampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 1 Satuan Variabel Penelitian

No	Variabel	Satuan	Keterangan
1	Luas	m	
2	Keliling	m	
3	Panjang	m	
4	Lebar	m	
5	Tinggi	m	
6	Landslide Plane Shape	m	
7	Fraktal Dimensi	m	
8	Periode Longsor		
9	Kemiringan lereng	%	
10	Arah lereng	Kategori	Utara, Timur laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat daya, Barat, Barat laut
11	Litologi	Kategori	Batuan Gunungapi Argopuro dan Batuan Gunungapi Ringgit
12	Jenis tanah	Kategori	Alfisol, Andisol, Entisol, dan Inceptisol
13	Elevasi	mdpl	
14	Jarak Jalan	m	
15	Jarak sungai	m	
16	Penggunaan lahan	Kategori	Hutan lahan kering primer, Hutan lahan kering sekunder, Belukar, Hutan tanaman, Perkebunan, Pertanian lahan kering, Pertanian lahan kering campuran, Sawah, Tanah terbuka

c. Pembuatan peta dasar.

Peta dasar dibuat dengan melakukan pemotongan berbagai peta sesuai lokasi penelitian. Hasil peta merupakan peta-peta setiap variabel longsor dan peta yang digunakan untuk *grouncheck* dilapang. Pembagian wilayah dalam penelitian dan pengolahan data ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 2. Pembagian wilayah penelitian

No.	DAS	Sub DAS	Stasiun penakar
1	Bedagung	Gunungsari, Sucolor Bales, Deluang, Labang,	Maesan, Wonosari ii
2	Deluwang	Plambang	Baderan
3	Klatakan	Pancuran	D.crh.suri, Kalidandan
4	Kresek	Lamparan, Mancak, Putung, Tampora, Tengah	Asemjajar, Kalidandan, Kota anyar
5	Lebowang	Maling, Pakil, Patemon, Poloombo	Baderan, Kalidandan, Wr. Anom
6	Pancarlagas	Anyar, Batuampar, Gayam, Pancor, Putung, Rabunan,	Baderan, Batur, Gungg.Kidul, Kalidandan, Kedung sumur,
7	Pekalen	Sanding, Santung Batutulang, Kedaton	Pakuniran Kertosuko
8	Rondoringu	Batutulang, Durbungan, Guyangan, Kalianan, Kedaton, Krasak, Mangu, Pandanlaras,	Bermi, Kertosuko, Pandanlaras, Wangkal
9	Sampean	Pinangit, Sosokan Ardisaeng, Gunungpiring, Gunungsari, Salak, Samage,	Ancar, Baderan, Sbr. Dumpyono, Wonosari ii, Tampora, D.crh.suri
10	Kertosono	Taman, Tampora Kertosuko	Batur, Bermi, Kedung sumur, Pandanlaras

Tabel diatas menunjukkan pembagian wilayah penelitian dan wilayah stasiun hujan dilokasi penelitian. Wilayah dibagi berdasarkan DAS dan Sub DAS, pembagian wilayah berdasarkan DAS dan Sub DAS sangat memudahkan dalam melakukan pengelolaan bagian hulu hingga hilir. Pembagian wilayah DAS digunakan dalam pengolahan data uji lanjut DMRT. Pembagian wilayah Sub DAS digunakan dalam pengolahan data analisis varian, faktor utama pemicu longsor, dan kerawanan longsor. Stasiun penakar hujan yang dibagi dengan metode polygon thiessen digunakan untuk mengetahui curah hujan disetiap Sub DAS.

d. Interpretasi citra satelit.

Tahap ini meliputi digitasi titik longsor dalam google earth selama waktu 2011-2020. Seluruh hasil digitasi dilakukan pengukuran berbagai parameter hasil longsor yang terjadi. Data disimpan dalam bentuk KML, KMZ, dan SHP. Data longsor di setiap titik longsor diolah dalam aplikasi Arcgis 10.4.

e. Penentuan rancangan *Groundcheck*

Penentuan *Groundcheck* didasarkan pada berbagai kriteria yang mendasari yaitu titik longsor yang masih terlihat hingga waktu *Groundcheck*, lokasi yang masih terjangkau tidak membahayakan keselamatan, mewakili setiap daerah. Data lokasi *Groundcheck* disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. 3 Lokasi groundcheck

Kabupaten	DAS	Jarak Jalan (m)
Bondowoso	Bedagung	168
Bondowoso	Sampean	192
Bondowoso	Sampean	365
Bondowoso	Sampean	136
Probolinggo	Pancarlagas	379
Probolinggo	Pancarlagas	1.461
Probolinggo	Rondoringu	347
Probolinggo	Rondoringu	25
Probolinggo	Rondoringu	1.280
Situbondo	Deluwang	141
Situbondo	Deluwang	1.461
Situbondo	Lobawang	156

f. Orientasi lapang

Tahap ini berupa pengumpulan informasi lapang mengenai medan, kemudahan akses, dan keadaan terkini guna mempermudah *groundcheck* ditereng penguungan Argopuro-Hyang.

3.4.2 Tahapan analisis

a. Analisis contoh tanah di laboratorim.

Tanah yang sudah diambil di lapang kemudian dikering anginkan, ditumbuk, dan diayak. Analisis tanah dilakukan meliputi analisis pH, analisis C-Organik, analisis tekstur tanah, dan analisis kadar air. Metode analisis meliputi metode kurmis untuk C-Organik, pH H₂O untuk pH, dan tekstur metode perasaan serta pipet.

b. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan terhadap data hasil analisis laboratorium, data hasil interpretasi google earth, dan data curah hujan. Seluruh data di olah menggunakan *software* SPSS untuk melakukan uji secara statistik parametrik dan non parametric untuk data curah hujan. Analisis curah hujan menggunakan xlstat untuk mengetahui tren curah hujan tahunan pada lokasi penelitian dengan menggunakan uji Men

kendalls test dan uji Sen Slope untuk mengetahui nilai perubahan curah hujan setiap tahun perstasiun (Diniardi et al., 2011).

Analisis pertama yang dilakukan yaitu deskripsi statistik untuk uji normalitas dan mengetahui boxplot masing-masing variabel pemicu longsor. Analisis berikutnya merupakan *Analisis of Varian* (ANOVA) terhadap seluruh variabel untuk mengetahui pengaruh yang nyata. Uji lanjut yang dilakukan merupakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui nilai rata-rata setiap variabel. Pengolahan SPSS juga dilakukan analisis korelasi serta regresi untuk mengetahui tingkat hubungan dan pengaruh masing-masing variabel yang memiliki pengaruh nyata. Analisis berikutnya korelasi pearson dan *Principle Component Analysis* (PCA) untuk mendapatkan variabel utama pemicu longsor.

Hasil analisis PCA berupa tabel komponen matriks yang kemudian di analisis untuk mendapatkan nilai *Minimum Data Set* (MDS) dengan menentukan variabel tertinggi pada setiap komponen. Variabel tertinggi ditentukan pada nilai *eigenvalue* satu. Variabel lebih dari 1 dalam setiap komponen dieliminasi berdasarkan nilai penjumlahan korelasi tertinggi. Berikutnya dilakukan *skoring* terhadap seluruh variabel menggunakan dua persamaan.

$$1) \text{ For more is better: } y = \frac{(x - s)}{(1.1t - s)}$$

$$2) \text{ For less is better: } y = 1 - \left\{ \frac{(x - s)}{(1.1t - s)} \right\}$$

Dimana y merupakan skor dari data tanah, x merupakan nilai dari variabel longsor tanah, s merupakan nilai terendah yang mungkin dapat berasal dari karakteristik tanah ($s = 0$) dan t merupakan nilai tertinggi dari variabel longsor. Persamaan 1) more is better digunakan untuk parameter MDS yang memiliki nilai yang kurang dari nilai pembatas pada parameter MDS, sedangkan 2) less is better digunakan untuk parameter MDS yang memiliki nilai yang lebih dari nilai pembatas pada parameter MDS (Hermiyanto et al., 2016).

Hasil *skoring* seluruh variabel utama pemicu longsor kemudian dikalikan terhadap masing-masing bobot untuk mendapatkan nilai kerawanan longsor, dan seluruh data jumlahkan dengan rumus :

Indeks Kerawanan = (S*B) luasan + (S*B) LPS + (S*B) jarak jalan+ (S*B) jenis tanah+ (S*B) kemiringan lereng+ (S*B) penggunaan lahan +(S*B) arah lereng.

c. Penentuan kelas Indeks Kerawanan Longsor (IKL)

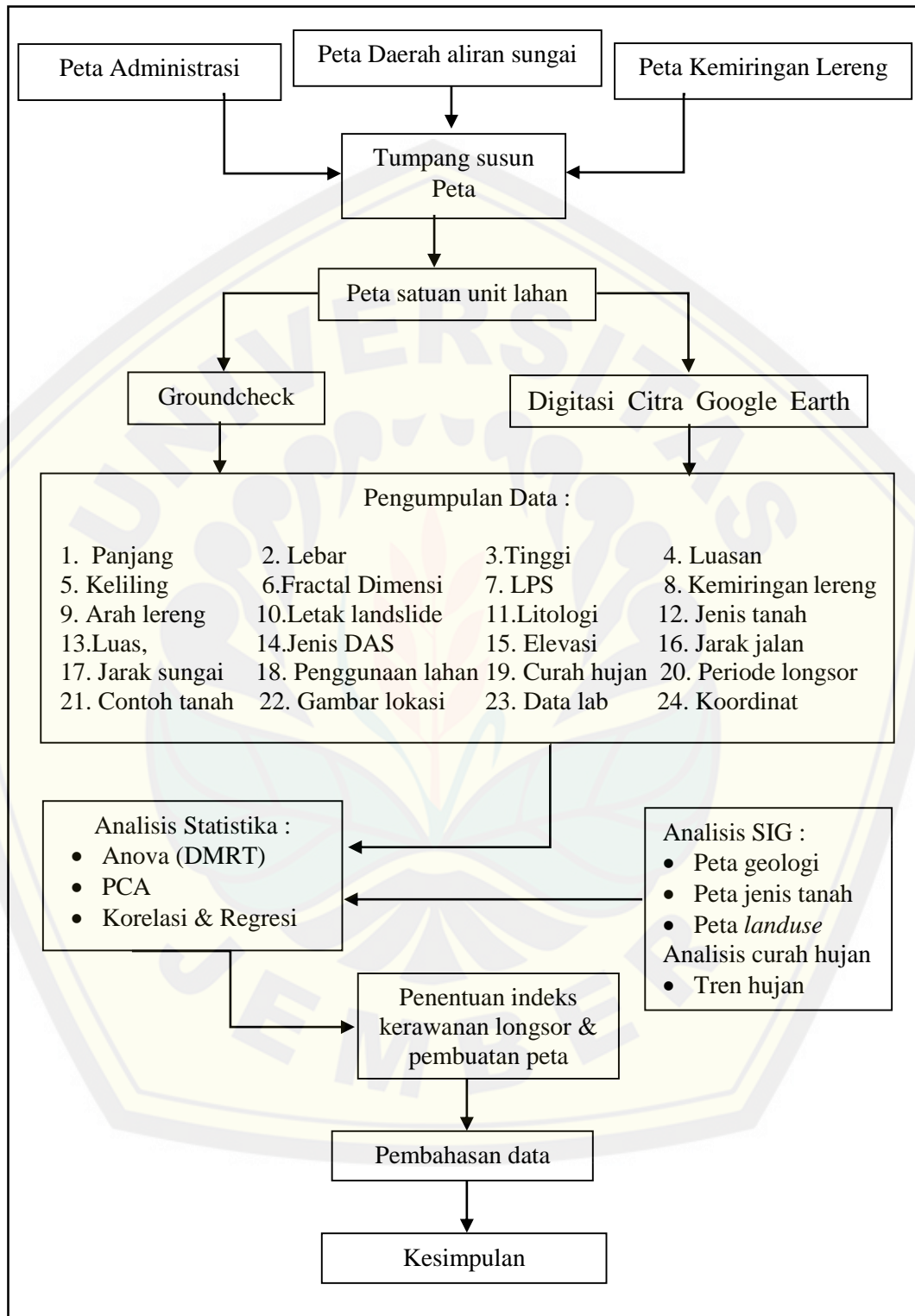
Penentuan kelas dari indeks kerawanan longsor dapat dilakukan dengan mengkategorikan nilai indeks yang telah diperoleh dengan metode PCA kedalam 5 level indeks yang terdiri dari sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah. Kerawanan ditentukan menggunakan *Kmean Cluster* di *software* SPSS, ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 3. 4 Harkat kerawanan longsor

Kelas	Nilai	Harkat
1	< 0.204	Sangat rendah
2	0.204-0.257	Rendah
3	0.257-0.314	Sedang
4	0.314-0.424	Tinggi
5	>0.424	Agak tinggi

3.4.3 Tahapan pelaksanaan

1. Pembuatan peta satuan lahan pembatas lokasi penelitian dengan peta kemiringan lereng dan sub DAS.
2. Melakukan digitasi dan identifikasi titik longsor menggunakan citra satelit google earth.
3. Membuat peta variabel pemicu longsor, analisis spasial dan peta *Groundcheck* untuk menentukan lokasi penelitian.
4. Menganalisis sampel tanah di laboratorium dengan analisis C-Organik, pH, Tekstur tanah, dan kadar air.
5. Melakukan analisis statistic dengan SPSS dan penghitungan nilai indeks kerawanan longsor.



Gambar 3. 1 Kerangka penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis faktor pemicu longsor, kerawanan longsor, dan interaksi variabel longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang dapat disimpulkan bahwa:

1. Variabel panjang, lebar, tinggi, fractal dimensi, periode memiliki nilai beda nyata pada hasil longsor dan variabel kemiringan lereng, arah lereng, letak landslide, jenis tanah, elevasi, jarak jalan, jatak sungai, dan penggunaan lahan memiliki nilai berbeda nyata pada variabel pemicu longsor.
2. Faktor utama penyebab longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang meliputi luasan, *Landslide Plane Shape* (LPS), jarak jalan, jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan arah lereng.
3. Kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang meliputi kerawanan sangat rendah pada 3 Sub DAS, kerawanan rendah pada 24 Sub DAS, kerawanan sedang pada 10 Sub DAS, dan kerawanan tinggi pada 2 Sub DAS. Fraktal dimensi memiliki bentuk pipih memanjang sepanjang lereng pada kerawanan yang semakin tinggi.
4. Uji regresi dan korelasi menunjukkan nilai tertinggi pada variabel jenis tanah yaitu 34,6 % dan nilai terendah pada variabel penggunaan lahan yaitu 3,5 % dengan seluruh variabel utama pemicu longsor signifikan berpengaruh dan berhubungan terhadap longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang.

5.2 Saran

Berdasarkan kerawanan longsor di lereng pegunungan Argopuro-Hyang, maka dapat dilakukan pengelolaan lahan berdasarkan tingkat kerawanan longsor dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait longsor mengingat data curah hujan pada lokasi penelitian belum dapat menunjukkan nilai hujan pemicu longsor di lereng gunung Argopuro-Hyang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 13:5326–5350.
- Andalina, A., Ahmad, H., & Indarto, I. (2014). Pemetaan indeks stabilitas tanah menggunakan SINMAP di Sub-DAS Rawatamtu. *Jurnal Keteknik Pertanian* 2(1):21953.
- Apriani, D. W., Mustofa, U., & Azhary, M. (2021). Slope stability assessment and landslide vulnerability mapping of the Institut Teknologi Kalimantan area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 778(1).
- Astuti, R. (2016). Peranan sistem informasi geografis dalam mitigasi bencana tanah longsor. *Media Informatika STIMIK LIKMI* 5(3):112–126.
- Daimalindu, A. S. A. (2019). Jurnal environmental science. *Jurnal Environmental Science* 1(2):8–17.
- Diniardi, E., Susanto, B., & Indarto, I. (2011). Analisis Kecenderungan Data Hujan di Jawa Timur Menggunakan Metode Mann-Kendal & Rank-Sum Test. *Jurnal Keteknik Pertanian* 25(1):137846.
- Egbueri, J. C., Igwe, O., & Unigwe, C. O. (2021). Gully slope distribution characteristics and stability analysis for soil erosion risk ranking in parts of southeastern Nigeria: a case study. *Environmental Earth Sciences*

80(7): 1–19.

Firmansyah, R., Nugraha, A. D., & Kristianto. (2015). Micro-earthquake signal analysis and hypocenter determination around Lokon volcano complex. *AIP Conference Proceedings* 1658.

Gili, J. A., Corominas, J., & Rius, J. (2000). Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology* 55(3): 167–192.

Hamida, F. N., & Widyasamratri, H. (2019). Risiko Kawasan Longsor dalam Upaya Mitigasi Bencana Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Pondasi* 24(1): 67–89.

Harto, M. F. D., Rachman, A., L, P. R., Aisyah, M., W, H. P., Abigail, N., R, F. N., & Utama, W. (2017). Pemetaan daerah rawan longsor dengan menggunakan sistem informasi geografis studi kasus Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Geosaintek* 3(3):161.

Hermiyanto, B., Winarso, S., & Kusumandaru, W. (2016). Soil Chemical Properties Index of Tobacco Plantation Land in Jember District. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9: 181–190.

Hu, Q., Zhou, Y., Wang, S. X., Wang, F. T., & Wang, H. J. (2020). Fractal-based spatial distribution analysis of geological hazards and measurement of spatial association with hazard-related predisposing factors. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* 42(3/W10): 125–131.

Indrasgoro, G. P. (2013). Geographic Information System (GIS) untuk deteksi daerah rawan longsor studi kasus di kelurahan Karang Anyar Gunung Semarang. *Jurnal GIS Deteksi Rawan Longsor* 1–11.

- Kurnianto, F. A., Elfiani, V., & Alfani, A. F. (2021). Analisis spasial kerentanan banjir dan longsor di kabupaten banyuwangi 6(1): 49–60.
- Kursah, M. B., Wang, Y., Bayoh, H. D., & Tarawally, M. (2021). A comparative study on the predictive ability of archived and SBAS-insar inventories for landslide susceptibility using frequency ratio model in Western Area, Sierra Leone. *Environmental Earth Sciences* 80(10): 1–18.
- Li, Y., Sun, R., Yin, K., Xu, Y., Chai, B., & Xiao, L. (2019). Forecasting of landslide displacements using a chaos theory based wavelet analysis-Volterra filter model. *Scientific Reports* 9(1):1–19.
- Liang, J., Gong, J., & Li, W. (2018). Applications and impacts of Google Earth: A decadal review (2006–2016). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 146(20): 91–107.
- Lin, Y., Xia, K., Jiang, X., Bai, J., & Wu, P. (2016). Landslide susceptibility mapping based on particle swarm optimization of multiple kernel relevance vector machines: Case of a Low Hill Area in Sichuan Province, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 5(10).
- Ma, S., Qiu, H., Hu, S., Yang, D., & Liu, Z. (2021). Characteristics and geomorphology change detection analysis of the Jiangdingya landslide on July 12, 2018, China. *Landslides* 18(1): 383–396.
- Mebrahtu, T. K., Hussien, B., Banning, A., & Wohnlich, S. (2021). Predisposing and triggering factors of large-scale landslides in Debre Sina area, central Ethiopian highlands. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 80(1) 365–383.
- Noyes, S. P. (2001). Fractal dimension as an indicator of track seduction. *IEE*

Colloquium (Digest) 1749(1):6–10.

Ouyang, N., Zhang, Y., Sheng, H., Zhou, Q., Huang, Y., & Yu, Z. (2021). Clay mineral composition of upland soils and its implication for pedogenesis and soil taxonomy in subtropical China. *Scientific Reports* 11(1): 1–16.

Polawan, S. S. M., & Alam, F. (2019). *Memahami Bencana Banjir Dan Longsor* (Issue December 2019).

Pratamasari, A., Permatasari, N. K. F., Pramudiyasari, T., Manessa, M. D. M., & Supriatna, S. (2020). Spatial Distribution Patterns Analysis of Hotspot in Central Kalimantan using FIMRS MODIS Data. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik* 4(1):24–34.

Priyono. (2015). Hubungan klasifikasi longsor, klasifikasi tanah rawan longsor dan klasifikasi tanah pertanian rawan longsor. *Gema* 27(49):1602–1617.

Puente-Sotomayor, F., Egas, A., & Teller, J. (2021). Land policies for landslide risk reduction in Andean cities. *Habitat International* 107(2019):102298.

Purwanto, M. S., Bashri, A., Harto, M., & Syahwirawan, Y. (2016). Citra satelit landsat 8 + tris sebagai tinjauan awal dari manifestasi panas bumi di wilayah gunung Argopura. *Jurnal Geosaintek* 3(1):13.

Quraishi, I., Hasnat, A., & Choudhury, J. P. (2017). Selection of optimal pixel resolution for landslide susceptibility analysis within the Bukit Antarabangsa, Kuala Lumpur, by using image processing and multivariate statistical tools. *Eurasip Journal on Image and Video Processing* 2017(1):0–11.

Rahayu, S., Widodo, R. H., Noordwijk, M. Van, Indra, S., & Verbist, B. (2009).

Monitoring air di daerah aliran sungai. *Word Agroforestry Centre ICRAF Asia Tenggara*, 104 p.

Rozanda, N. E., Marzuki, I., & Permana, I. (2012). Pemanfaatan Google Earth Imagery untuk Segmentasi Lahan Hijau. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi Dan Industri (SNTIK) 4(2008):119–125.*

Saldy, T. G., & Zakri, R. S. (2021). Analisis pergerakan tanah kecamatan padang selatan dengan metode Sistem Informasi Geospasial (Sig). *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri 20(2):246.*

Sambodo, A. P., & Arpornthip, T. (2021). Increasing the efficiency of detailed soil resource mapping on transitional volcanic landforms using a geomorphometric approach. *Applied and Environmental Soil Science, 2021.*

Satuan, P., Daerah, W., & Sungai, A. (2013). *Teknik identifikasi daerah yang berpotensi rawan longsor pada satuan wilayah daerah aliran sungai (Technique of Identification Area that Potential Landslide Prone at Unit Area of Watershed)** Beny Harjadi dan/ and Paimin 163–174.

Seob, K. (2005). 프랙탈 차원과 표면적 지수를 이용한 지형인자와 사면안정성 비교 연구 387–392.

Setiawan, T. A., Hapsoro, H. W., & Ilyas, A. (2020). Mitigasi sebaran narkoba melalui sistem informasi geografis di kota pekalongan dengan integrasi global mapper dan google earth *11(x):324–334.*

Setyawan, A., Suseno, J. E., Winesthi, R. D., & Otaviana, S. A. (2020). Peringatan dini tanah longsor berdasarkan kelembaban tanah secara jarak jauh

- menggunakan sensor fc-28 dan Node MCU. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18(2): 242–246.
- Strangeways, I. (2009). Using Google Earth to evaluate GCOS weather station sites. *Weather* 64(1):4–8.
- Sulistio, S., Rondonuwu, D. M., & Poli, H. (2020). ISSN 2442-3262 *Jurnal Spasial* 7(1):164–175.
- Sun, Jiaqi, Wang, X., Yin, Y., & Shahid, S. (2021). Analysis of historical drought and flood characteristics of Hengshui during the period 1649–2018: a typical city in North China. *Natural Hazards*, 0123456789.
- Sun, Jicha, & Zhou, F. (2017). Stability and support analysis of coverage rock-soil aggregate of longhuguan landslide. *Polish Journal of Environmental Studies* 26(6):2747–2758.
- Sutapa, I. W. (2006). Studi pengaruh dan hubungan variabel bentuk das terhadap parameter hidrograf satuan sintetik (studi kasus: sungai salugan, taopa dan batui di sulawesi tengah). *Jurnal smartek* 4:224–232.
- Wang, Z.-W., Han, X., & Mao, S.-Y. (2018). Research on the characteristics of the spatial distribution of landslides based on variable dimension fractal *130(Ifmeita 2017)*: 462–465.
- Wijayanto, H., Anantayu, S., & Wibowo, A. (2021). Perilaku dalam pengelolaan lahan pertanian di kawasan konservasi daerah aliran sungai (das) hulu kabupaten karanganyar behavior in Agricultural Land Management in Upstream Watershed Conservation in Karanganyar Regency 2(1):25–34.
- Wu, M. C., Yang, M. S., & Liu, J. K. (2014). Stream morphometry analysis by

airborne laser altimetry. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 1969*:4323–4326.

Wu, T. H., & Abdel-Latif, M. A. (2000). Prediction and mapping of landslide hazard. *Canadian Geotechnical Journal* 37(4):781–795.

Xu, W. Y., Meng, Q. X., Wang, R. B., & Zhang, J. C. (2016). A study on the fractal characteristics of displacement time-series during the evolution of landslides. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 7(5):1631–1644.

Xu, X., Yan, D., Qi, J., Li, J., Sun, J., Liu, X., & Xu, T. (2021). Structural identification of fault zones based on wavelet attributes of logging data. *Arabian Journal of Geosciences* 14(13).

Yang, Z., & Lee, Y. (2006). The fractal characteristics of landslides induced by earthquakes and rainfall in central Taiwan. *Iaeg2006* 48:1–8.

Yokota, M., Inagaki, H., Ishibe, Y., Sotobata, I., Watanabe, Y., & Yasui, S. (1980). The vectorcardiographic study of the P loop in adults with ostium secundum atrial septal defect. *Japanese Heart Journal* 21(5):645–656.

Yusran, M., Massinai, M. A., & Syahrudin, M. H. (2020). Studi zona sesar menggunakan metode geolistrik resistivitas dan data geologi permukaan di kecamatan Ujungloe Kabupaten Bulukumba. *Jurnal Geoelebes* 4(1):53.

Zhang, T., Han, L., Han, J., Li, X., Zhang, H., & Wang, H. (2019). Assessment of landslide susceptibility using integrated ensemble fractal dimension with Kernel logistic regression model. *Entropy* 21(2).

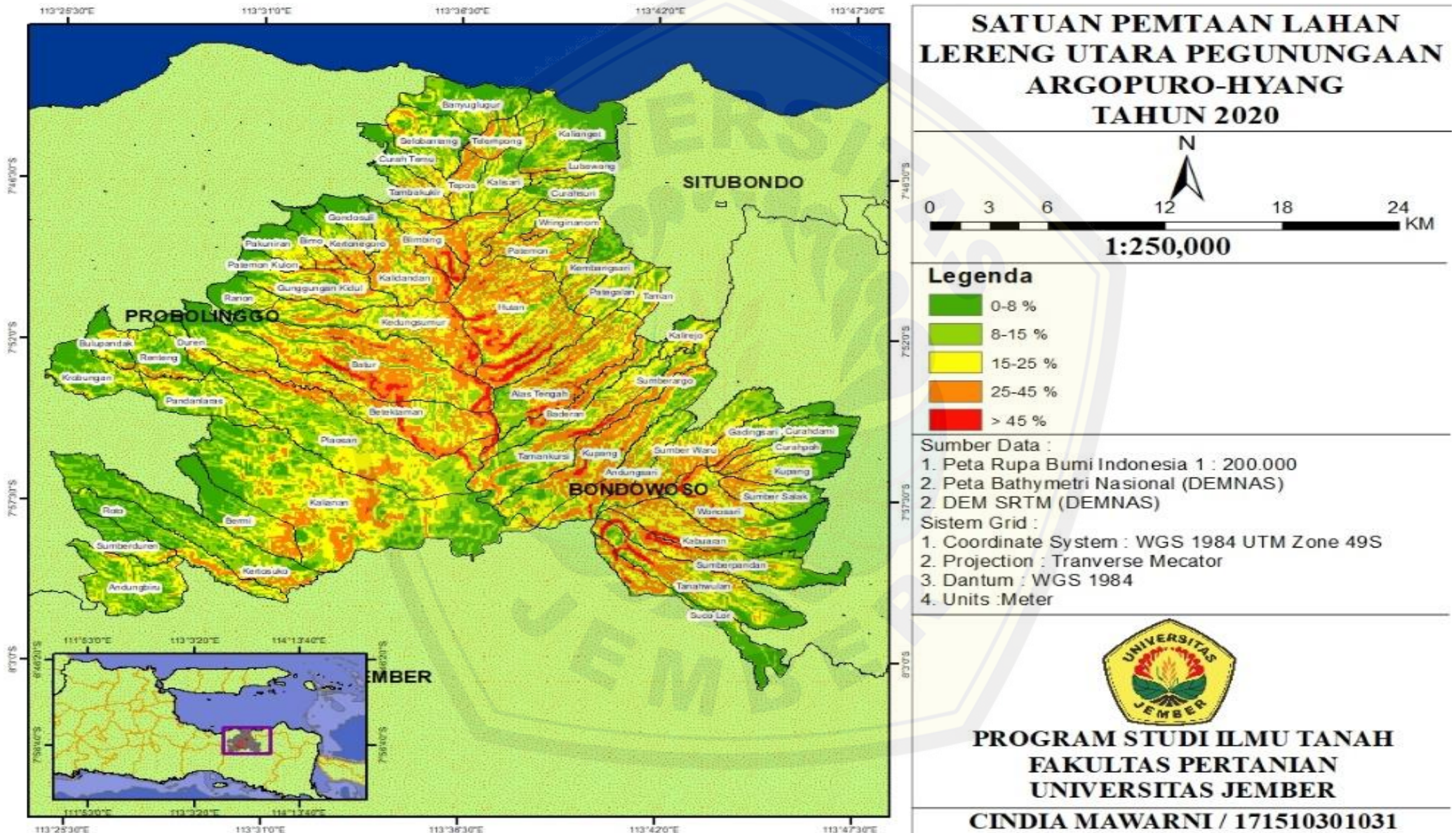
Zheng, X., He, G., Wang, S., Wang, Y., Wang, G., Yang, Z., Yu, J., & Wang, N. (2021). Comparison of machine learning methods for potential active

landslide hazards identification with multi-source data. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 10(4):1–22.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Satuan Pemetaan lahan



Lampiran 2 Analisis Komponen Utama

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.707
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4455.155
	df	190
	Sig.	0.000

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings			Nilai
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	
1	5.493	27.463	27.463	5.493	27.463	27.463	3.558	17.789	17.789	0.371536
2	2.509	12.545	40.008	2.509	12.545	40.008	2.849	14.245	32.034	0.169713
3	1.806	9.030	49.038	1.806	9.030	49.038	2.203	11.016	43.050	0.122157
4	1.602	8.012	57.050	1.602	8.012	57.050	1.823	9.114	52.164	0.108385
5	1.230	6.151	63.200	1.230	6.151	63.200	1.733	8.663	60.827	0.083207
6	1.111	5.557	68.757	1.111	5.557	68.757	1.448	7.239	68.066	0.075175
7	1.032	5.161	73.918	1.032	5.161	73.918	1.170	5.852	73.918	0.069826
8	0.901	4.503	78.421		73.918					
9	0.788	3.938	82.359							
10	0.692	3.460	85.819							
11	0.666	3.328	89.146							
12	0.584	2.920	92.066							
13	0.458	2.291	94.357							
14	0.311	1.555	95.912							
15	0.284	1.419	97.331							
16	0.210	1.049	98.380							
17	0.126	0.629	99.009							
18	0.098	0.492	99.501							
19	0.063	0.316	99.817							
20	0.037	0.183	100.000							

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Lampiran 3 Analisis tanah

Kab	DAS	Nama	%C Organik	Harkat	Ph	Harkat	Tekstur	Kategori	Penggunaan lahan
Bondowoso	Bedagung	Tanahwulan 2	2.02	Rendah	6.41	Agak masam	Clay loam	2	Perkebunan
Bondowoso	Sampean	Wonosari 6	1.40	Rendah	6.3	Agak masam	Sandy clay loam	3	Sawah
Bondowoso	Sampean	Kaburan 6	1.11	Rendah	6.6	Netral	Clay	1	Hutan
Bondowoso	Sampean	Tanah wulan 4	2.30	Sedang	6.96	Netral	Clay	1	Perkebunan
Probolinggo	Pancarlagas	Gg.kidul 5	2.16	Sedang	7.31	Netral	Sandy loam	5	Hutan
Probolinggo	Pancarlagas	Ranon 9	1.50	Rendah	7.42	Netral	Loam	4	Tegalan
Probolinggo	Rondoringu	Roto 3	1.73	Rendah	6.52	Agak masam	Clay	1	Tegalan
Probolinggo	Rondoringu	Kaianan 4	0.80	Sangat rendah	7.71	Agak alkalis	Sandy loam	5	Semak
Probolinggo	Rondoringu	Bulupandak 6	1.02	Rendah	6.49	Agak masam	Clay	1	Tegalan
Situbondo	Deluwang	Baderan 4	0.34	Sangat rendah	7.32	Netral	Clay	1	Perkebunan
Situbondo	Deluwang	Sumberargo 5	0.43	Sangat rendah	6.75	Netral	Clay	1	Tegalan
Situbondo	Lobawang	Wringinanom 5	1.54	Rendah	6.02	Agak masam	Clay	1	Tegalan

Kabupaten	DAS	Nama	Hasil	Penggunaan lahan
Bondowoso	Bedagung	Tanahwulan 2	Sesuai	Perkebunan
	Sampean	Wonosari 6	Sesuai	Sawah
	Sampean	Kaburan 6	Tidak sampai *temuan baru	Hutan
	Sampean	Tanah wulan 4	Tidak sampai *temuan baru	Perkebunan
	Pancarlagas	Gg.kidul 5	Sesuai	Hutan
Probolinggo	Pancarlagas	Ranon 9	Pembukaan lahan*	Tegalan
	Rondoringu	Roto 3	Tertutup	Tegalan
	Rondoringu	Kaianan 4	Sesuai *temuan baru	Semak
	Rondoringu	Bulupandak 6	Pembukaan lahan*	Tegalan
	Pancarlagas	Kedungsumur 5	Nihil	
	Rondoringu	Pandanlaras 12	Nihil	
Situbondo	Deluwang	Baderan 4	Sesuai *temuan baru	Perkebunan
	Deluwang	Sumberargo 5	Kabut *temuan baru	Tegalan
	Lobawang	Wringinanom 5	Nihil *temuan baru	Tegalan
	Lebowang	Hutan 17	Nihil *temuan baru	
	Pancarlagas	Pakuniran 4	Nihil *temuan baru	

Lampiran 4 Korelasi matrik

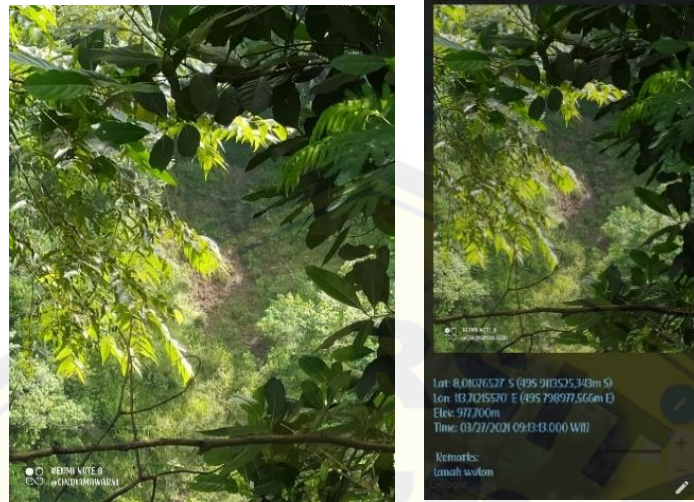
Correlations																							Nilai
Luasan	Keliling	panjang	lebar	tinggi	new tinggi	LPS	FD	Kemirangan lereng	Arah lereng	Letak andslide	Litologi	Jenis tanah	Subgrub tanah	Jenis DAS	Elevasi	Jarak ke jalan	Jarak ke sungai	Elevasi stasiun	periode	CH rata2 th	landuse	Penggunaan lahan	
Luasan	1	.801**	.579**	.535**	.566**	.351**	-0.036	-0.006	0.041	-	-0.022	0.038	-0.019	0.078	.236**	.288**	.113*	-0.033	.236**	-0.088	-0.042	0.077	1
Keliling	.801**	1	.708**	.689**	.666**	.528**	0.060	0.088	.166**	-	-0.012	0.064	-0.116*	0.103	.285**	.302**	.149**	0.027	.276**	-.160**	-0.037	0.052	1.3426
panjang	.579**	.708**	1	.254**	.807**	.808**	.437**	.267**	0.015	-	-0.009	.157**	-0.180**	0.053	.335**	.376**	.125*	0.063	.298**	-.120*	-.104*	-0.012	
lebar	.535**	.689**	.254**	1	.369**	.209**	-.332**	-.209**	.130*	-	-0.007	-0.133*	0.017	-0.016	-0.059	.139**	.138**	.151**	0.102	-0.044	.220**	-.142**	0.026
tinggi	.566**	.666**	.807**	.369**	1	.847**	.391**	.602**	.491**	0.014	-	-0.281**	-0.017	.223**	-.245**	0.083	.329**	.364**	.215**	0.102	.261**	-.181**	0.021
New tinggi	.351**	.528**	.808**	.209**	.847**	1	.454**	.546**	.659**	0.007	-	-0.333**	-0.022	.201**	-.234**	0.058	.377**	.375**	.154**	0.076	.219**	-.134*	-0.005
LPS	-0.036	0.060	.451**	-.332**	.391**	.454**	1	.848**	.224**	0.022	-	-0.152**	-0.040	.156**	-.168**	-0.020	.211**	.149**	0.045	.172**	0.036	0.057	-0.019
FD	-0.006	0.088	.437**	-.209**	.602**	.546**	.848**	1	.401**	0.046	-	-0.171**	-0.034	.231**	-.269**	0.040	.211**	.177**	.120*	.179**	0.063	-0.033	-0.043
Kemirangan lereng	0.041	.166**	.267**	.130*	.491**	.659**	.224**	.401**	1	0.045	-	-0.287**	-0.034	.223**	-.283**	0.065	.320**	.247**	.124*	0.005	0.082	-.176**	-0.062
Arah lereng	-0.022	-0.012	0.015	-0.007	0.014	0.007	0.022	0.046	0.045	1	0.022	0.041	.121*	-.216**	.139**	0.097	0.102	0.052	-0.046	.131*	-0.067	0.073	-0.097
Letak landslide	-.156**	-.265**	-.275**	-.133*	-.281**	-.333**	-.152**	-.171**	-.287**	0.022	1	0.052	-0.081	.123*	-0.099	-.197**	-.111*	-.289**	-0.014	0.007	.128*	-0.003	-0.083
Litologi	-0.026	-0.003	-0.009	0.017	-0.017	-0.022	-0.040	-0.034	-0.034	0.041	0.052	1	.159**	-.152**	.106*	-.120*	0.008	0.047	-0.079	-0.053	-0.085	0.064	-0.041
Jenis tanah	0.038	0.064	.157**	-0.016	.223**	.201**	.156**	.231**	.223**	.121*	-0.081	.159**	1	-.634**	-.173**	.235**	.213**	0.079	.195**	0.089	0.029	.114*	0.034
Subgrub tanah	-0.019	-.116*	-.180**	-0.059	-.245**	-.234**	-.168**	-.269**	-.283**	-	.123*	-.152**	-.634**	1	-.198**	-.303**	-.241**	-0.057	0.004	-.224**	.349**	-0.094	0.079
Jenis DAS	0.078	0.103	0.053	.139**	0.083	0.058	-0.020	0.040	0.065	.139*	-0.099	.106*	-.173**	-.198**	1	.115*	0.069	.109*	-.190**	0.040	-.127*	0.059	-0.017
Elevasi	.236**	.285**	.335**	.138**	.329**	.377**	.211**	.211**	.320**	0.097	-	-0.197**	-.120*	.235**	-.303**	.115*	1	.839**	.134*	0.034	.311**	0.103	-0.001
Jarak ke jalan	.288**	.302**	.376**	.151**	.364**	.375**	.149**	.177**	.247**	0.102	-	-.111*	0.008	.213**	-.241**	0.069	.839**	1	.161**	0.031	.445**	0.047	-0.012
jarak ke sungai	.113*	.149**	.125*	0.102	.215**	.154**	0.045	.120*	.124*	0.052	-	-0.289**	0.047	0.079	-0.057	.109*	.134*	.161**	1	0.041	0.021	0.033	.205**
elevasi stasiun	-0.033	0.027	0.063	-0.044	0.102	0.076	.172**	.179**	0.005	-	-0.014	-0.079	.195**	0.004	-.190**	0.034	0.031	0.041	1	-.116*	.312**	0.007	0.060
periode	.236**	.276**	.298**	.220**	.261**	.219**	0.036	0.063	0.082	.131*	0.007	-0.053	0.089	-.224**	0.040	.311**	.445**	0.021	-0.116*	1	-.157**	-.143**	-0.049
CH rata2 th	-0.088	-.160**	-.120*	-.142**	-.181**	-.134*	0.057	-0.033	-.176**	-	.128*	-0.085	0.029	.349**	-.127*	0.103	0.047	0.033	.312**	1	-0.057	.105*	
landuse	-0.042	-0.037	-.104*	-0.012	-0.078	-0.102	-0.073	-0.043	-0.062	0.073	-	-0.003	0.064	.114*	-0.094	0.059	-.197**	-.176**	0.007	-.143**	-0.057	1	.218**
penggunaan lahan	0.077	0.052	-0.012	0.026	0.021	-0.005	-0.019	0.015	0.030	-	-0.083	-0.041	0.034	0.079	-0.017	-0.001	-0.012	.184**	0.060	-0.049	.105*	.218**	1

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

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

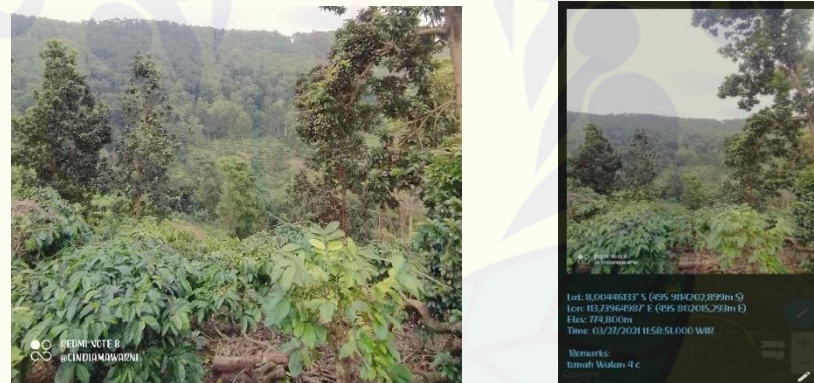
Lampiran 5 Hasil Groundcheck

1. Sub DAS Sucolor Bondowoso



Gambar 22. Titik Groundcheck 1.

2. Sub DAS Gunungsari Bondowoso



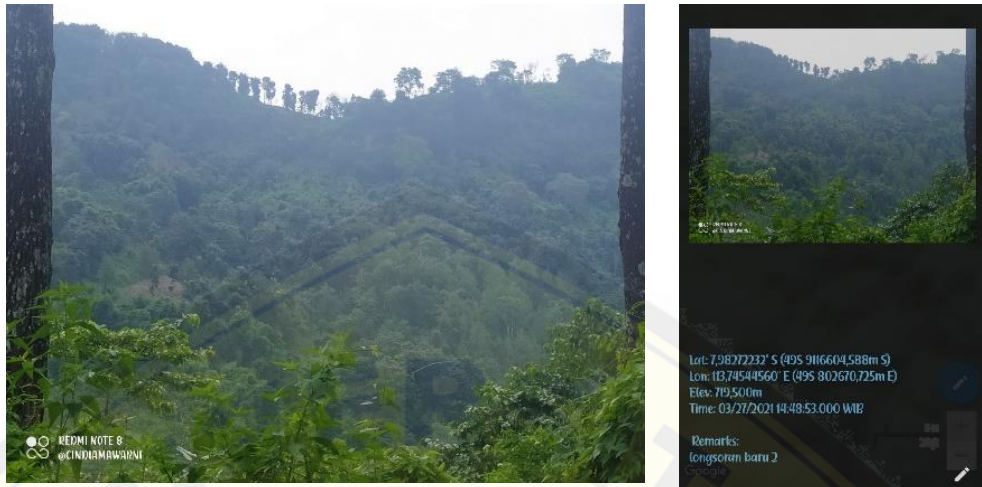
Gambar 23. Titik Groundcheck 2.

3. Sub DAS Taman Bondowoso



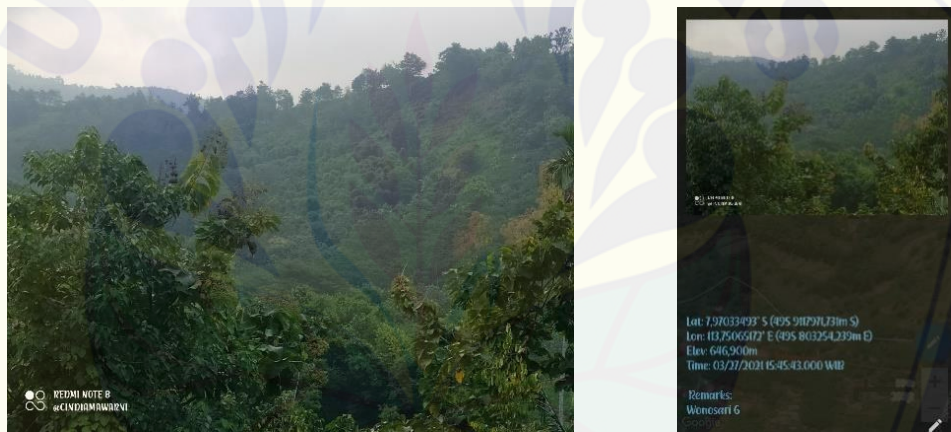
Gambar 24. Titik Groundcheck 3.

4. Sub DAS Blumban Bondowoso



Gambar 25. Titik Groundcheck 4.

5. Sub DAS Gunungpiring Bondowoso

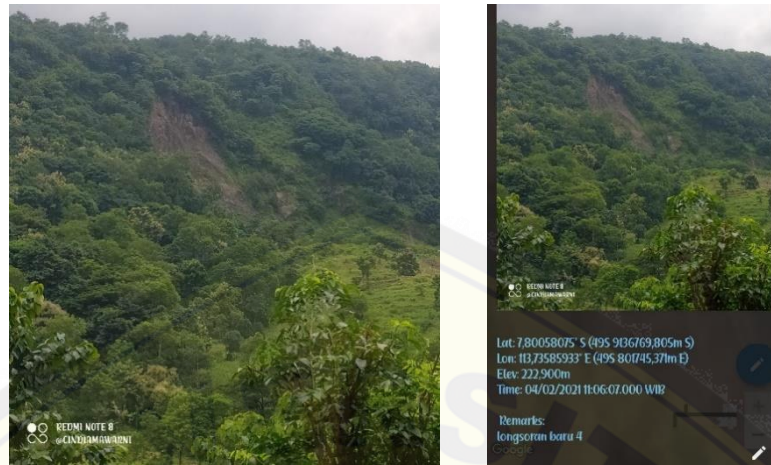


Gambar 26. Titik Groundcheck 5.



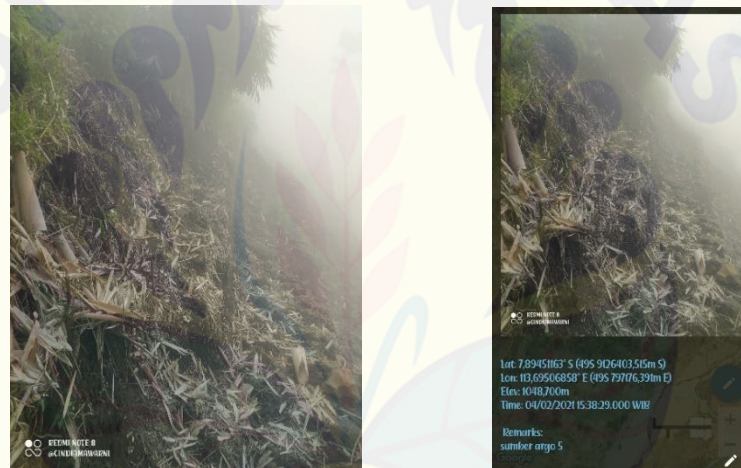
Gambar 27. Titik Groundcheck 5.

6. Sub DAS Situbondo



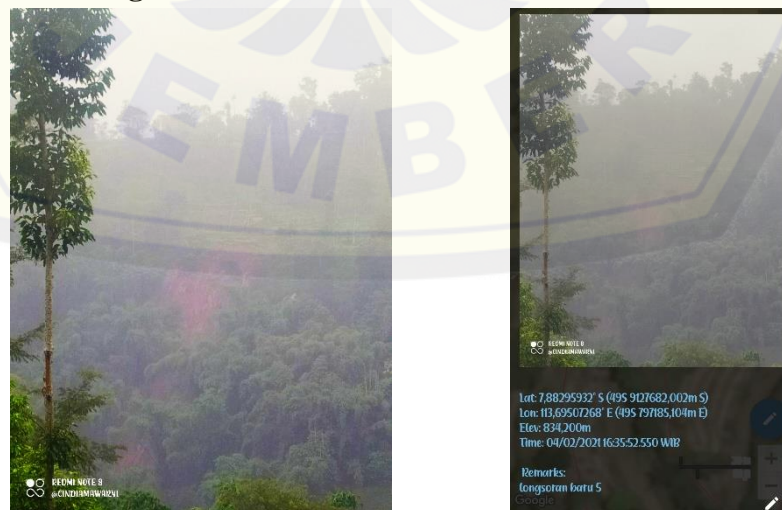
Gambar 28. Titik Groundcheck 6.

7. Sub DAS Deluang Situbondo



Gambar 29. Titik Groundcheck 6.

8. Sub DAS Labang Situbondo



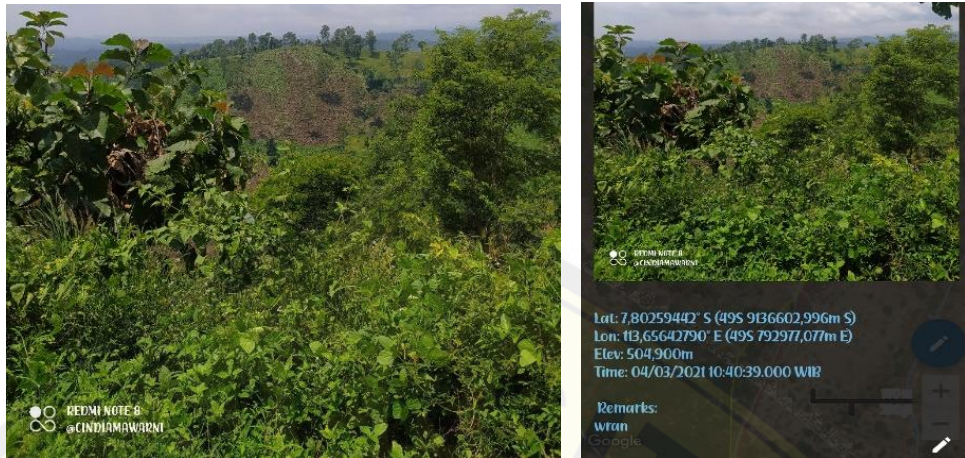
Gambar 30. Titik Groundcheck 6.

9. Sub DAS Bales Situbondo



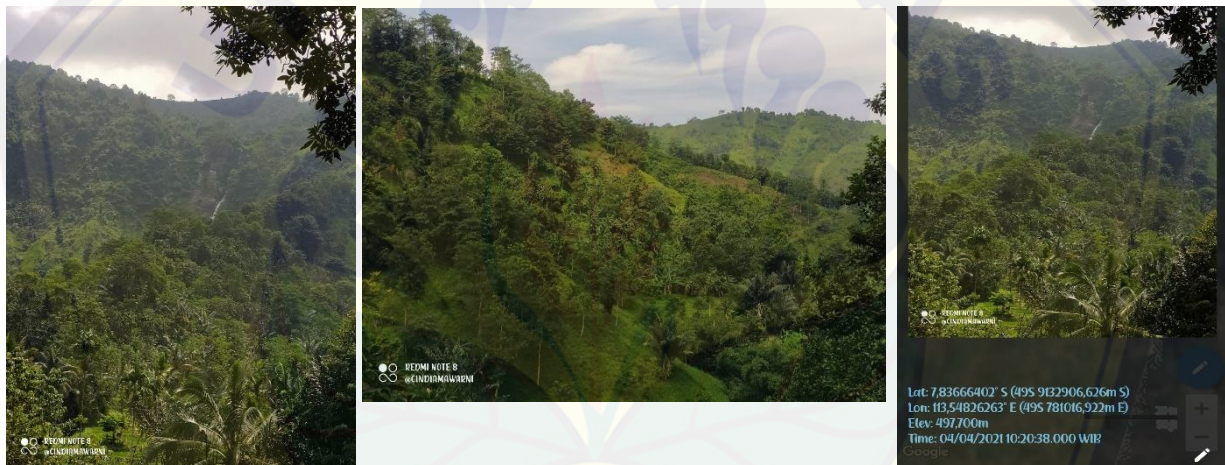
Gambar 31. Titik Groundcheck 7.

10. Sub DAS Maling Situbondo



Gambar 32. Titik Groundcheck 7.

11. Sub DAS Pancor Probolinggo



Gambar 33. Gunggungan kidul 5 Titik Groundcheck 8.

12. Sub DAS Batuampar Probolinggo



Gambar 34. Titik Groundcheck 8

13. Sub DAS Pandanlaras Probolinggo

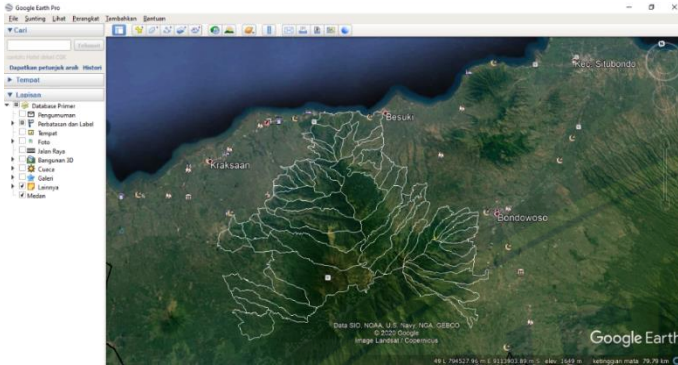


Gambar 35. Titik Groundcheck 8

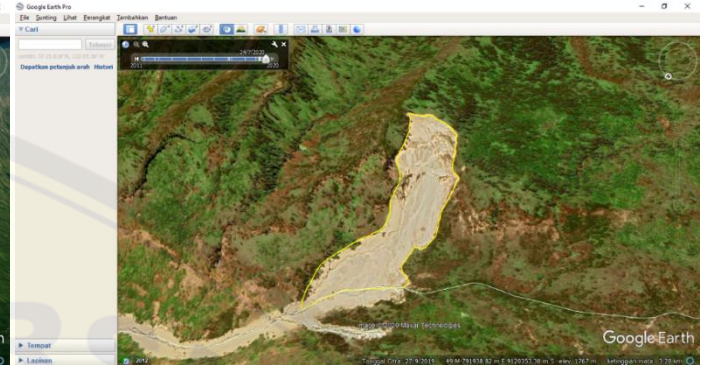
14. Sub DAS Guyangan Probolinggo



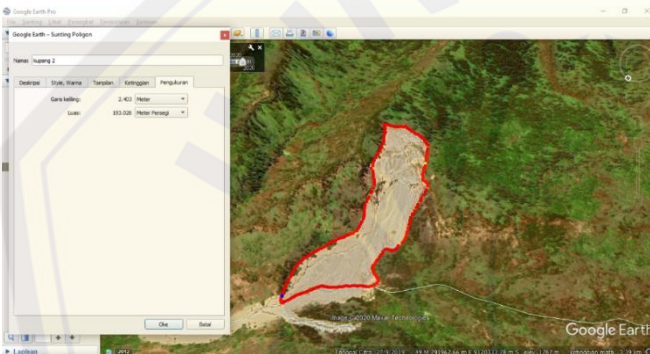
Lampiran 6 Citra satelit



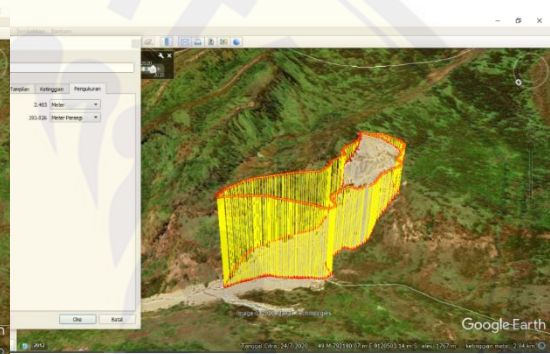
Gambar 1. Lokasi penelitian



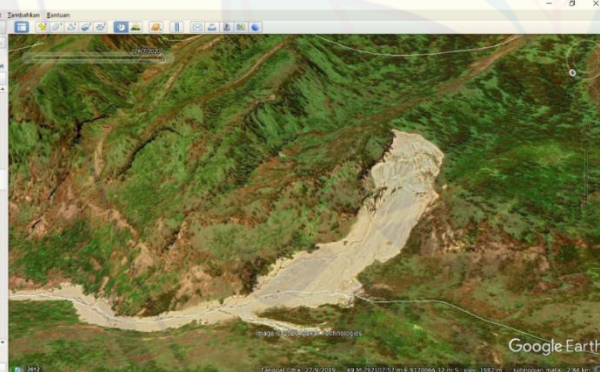
Gambar 2. Pengambilan titik longsor



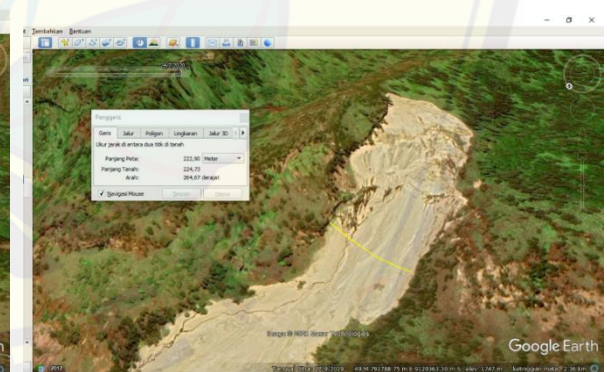
Gambar 3. Penentuan luas dan keliling



Gambar 4. Penentuan ketinggian



Gambar 5. Penentuan koordinat, elevasi, dan letak landslide



Gambar 6. Penentuan panjang dan lebar

Lampiran 7 Informasi lokasi penelitian

No.	Kabupaten	Kecamatan	Desa	Keliling (m)	Luas (ha)	Jumlah penduduk
1	Bondowoso	Binakal	Gadingsari	18,401	679	2,630
2	Bondowoso	Binakal	Sumber Waru	29,970	1,737	1,792
3	Bondowoso	Curah Dami	Curahdami	20,438	572	3,754
4	Bondowoso	Curah Dami	Curahpoh	19,382	779	2,618
5	Bondowoso	Curah Dami	Kupang	15,912	824	1,536
6	Bondowoso	Curah Dami	Sumber Salak	15,839	831	1,573
7	Bondowoso	Grujugan	Kabuaran	26,678	1,415	2,694
8	Bondowoso	Grujugan	Sumberpandan	33,722	1,632	2,794
9	Bondowoso	Grujugan	Wonosari	25,745	1,713	0
10	Bondowoso	Maesan	Suco Lor	35,457	1,189	5,019
11	Bondowoso	Maesan	Tanahwulan	29,519	2,053	4,017
12	Bondowoso	Pakem	Andungsari	25,023	1,327	2,599
13	Bondowoso	Pakem	Kupang	36,234	2,531	3,619
14	Probolinggo	Gading	Batur	34,668	3,819	3,302
15	Probolinggo	Gading	Betektaman	45,314	3,330	2,306
16	Probolinggo	Gading	Bulupandak	12,061	562	539
17	Probolinggo	Gading	Duren	12,241	400	1,751
18	Probolinggo	Gading	Renteng	14,187	860	832
19	Probolinggo	Kotaanyar	Curah Temu	16,881	523	692
20	Probolinggo	Kotaanyar	Tambakukir	15,305	662	1,546
21	Probolinggo	Krucil	Bermi	21,886	1,396	4,218
22	Probolinggo	Krucil	Kalianan	55,061	7,102	4,073
23	Probolinggo	Krucil	Kertosuko	40,007	2,622	4,437
24	Probolinggo	Krucil	Krobungan	17,214	1,127	3,132
25	Probolinggo	Krucil	Pandanlaras	19,879	1,209	1,571
26	Probolinggo	Krucil	Plaosan	41,838	4,231	2,670
27	Probolinggo	Krucil	Roto	31,366	1,361	4,889
28	Probolinggo	Krucil	Sumberduren	14,498	655	3,564
29	Probolinggo	Pakuniran	Bimo	16,181	493	1,252
30	Probolinggo	Pakuniran	Blimbing	21,711	920	1,155
31	Probolinggo	Pakuniran	Gondosuli	11,759	568	4,775
32	Probolinggo	Pakuniran	Gunggung Kidul	19,742	1,338	2,974
33	Probolinggo	Pakuniran	Kalidandan	20,834	1,486	972
34	Probolinggo	Pakuniran	Kedungsumur	30,260	1,208	1,015
35	Probolinggo	Pakuniran	Kertonegoro	12,883	614	1,001
36	Probolinggo	Pakuniran	Pakuniran	11,427	598	5,170
37	Probolinggo	Pakuniran	Patemon Kulon	8,471	267	1,148
38	Probolinggo	Pakuniran	Ranon	10,224	575	2,843
39	Probolinggo	Tiris	Andungbiru	22,279	1,739	4,139
40	Situbondo	Banyuglugur	Banyuglugur	18,516	1,356	2,924
41	Situbondo	Banyuglugur	Kalianget	23,159	1,747	10,102
42	Situbondo	Banyuglugur	Kalisari	17,504	949	3,571
43	Situbondo	Banyuglugur	Lubawang	12,589	475	3,620
44	Situbondo	Banyuglugur	Selobanteng	15,310	1,171	1,853
45	Situbondo	Banyuglugur	Telempong	9,114	455	839
46	Situbondo	Banyuglugur	Tepos	11,872	524	1,205
47	Situbondo	Jatibanteng	Curahsuri	16,719	869	2,729
48	Situbondo	Jatibanteng	Hutan	39,369	4,448	0
49	Situbondo	Jatibanteng	Kembangsari	15,408	814	2,782
50	Situbondo	Jatibanteng	Pategalan	13,341	726	2,892
51	Situbondo	Jatibanteng	Patemon	21,972	1,077	2,305
52	Situbondo	Jatibanteng	Wringinanom	16,775	870	1,917
53	Situbondo	Sumbermalang	Alas Tengah	26,906	2,327	2,110
54	Situbondo	Sumbermalang	Baderan	29,980	1,062	1,937
55	Situbondo	Sumbermalang	Kalirejo	13,485	409	4,127
56	Situbondo	Sumbermalang	Sumberargo	22,887	604	1,788
57	Situbondo	Sumbermalang	Taman	9,866	444	2,151
58	Situbondo	Sumbermalang	Tamankursi	33,959	2,278	2,219
Jumlah				1,279,228	79552	151,682

Lampiran 8 Acuan pengkategorian data

Tabel. Acuan pengkategorian data

Variabel	Keterangan
Barat Daya	1
Selatan	2
Timur, Tenggara	3
Timur laut	4
Utara, Barat laut, Barat	5
Puncak, Puncak-Tengah, Puncak-Bawah	1
Tengah, Tengah-Bawah	2
Bawah	3
Batuan gunungapi Argopuro	1
Batuan gunungapi Ringgit	2
Entisol	1
Inceptisol	2
Alfisol	3
Andisol	4
Lithic Dystrudepts	1
Lithic Eutrudepts	2
Lithic Hapludands	3
Lithic Udorthents	4
Typic Dystrudepts	5
Typic Epiaquands	6
Typic Hapludalfs	7
Typic Hapludands	8