



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM 184831

ANALISIS PERUBAHAN LINGKUNGAN FISIK LAHAN AKIBAT BENCANA TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL (STUDI KASUS: TANAH LONGSOR DI KABUPATEN BANYUWANGI)

MUHAMMAD RIDHO MAULANA
NRP 0331154000077

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Muhammad Taufik

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS PERUBAHAN LINGKUNGAN FISIK
LAHAN AKIBAT BENCANA TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL
(Studi Kasus: Tanah Longsor Di Kabupaten
Banyuwangi)**

MUHAMMAD RIDHO MAULANA
NRP 033115 4000 0077

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Muhammad Taufik

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS -

**CHANGES IN PHYSICAL ENVIRONMENT
ANALYSIS CAUSED BY LANDSLIDE DISASTER
USE SENTINEL SATELLITE IMAGE
(CASE STUDY: LANDSLIDE IN BANYUWANGI
REGENCY)**

MUHAMMAD RIDHO MAULANA
NRP 033115 4000 0077

Supervisor
Dr. Ir. Muhammad Taufik

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment, Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERUBAHAN LINGKUNGAN FISIK
LAHAN AKIBAT BENCANA TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL
(STUDI KASUS: TANAH LONGSOR DI KABUPATEN
BANYUWANGI)**

Nama : Muhammad Ridho Maulana
NRP : 0331154000077
Departemen : Teknik Geomatika FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Taufik

ABSTRAK

Pada tanggal 22 Juni 2018 di Kecamatan Songgon, Banyuwangi telah terjadi tanah longsor yang mengakibatkan adanya perubahan kondisi lingkungan fisik lahan di wilayah terdampak bencana, yaitu di Kecamatan Songgon dan Kecamatan Singojuruh. Identifikasi perubahan lingkungan fisik lahan dapat dilakukan menggunakan citra fusi (gabungan) dari citra Sentinel-1 (sistem radar) dan citra Sentinel-2 (sistem optis). Citra fusi mengintegrasikan kelebihan-kelebihan dari citra asal, dimana citra Sentinel-1 akan menonjolkan topografi bentuk bumi sedangkan citra Sentinel-2 memberikan pewarnaan pada objek. Analisis perubahan lingkungan fisik lahan akibat tanah longsor dilihat berdasarkan variabel yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah, meliputi kemiringan lereng, jenis tanah, geologi, curah hujan, dan penggunaan lahan dengan pengolahan secara Sistem Informasi Geografis (SIG).

Klasifikasi tutupan lahan dibagi menjadi lima kelas yaitu badan air, pemukiman, hutan/kebun, semak belukar, dan sawah/tegalan. Hasil perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa lahan sawah/tegalan mengalami peningkatan paling banyak, dimana perubahan terbesar berasal dari lahan hutan/kebun. Salah satu perubahan lahan tersebut terjadi di lokasi terjadinya tanah longsor yang berada di kawasan Pegunungan Ijen, Kecamatan Songgon. Bencana alam menjadi faktor penyebab terjadinya

perubahan lingkungan fisik lahan. Lokasi tanah longsor sendiri berada di area dengan potensi longsor tinggi. Saat kejadian, pada tiga hari sebelumnya terjadi hujan berturut-turut yang membuat air meresap ke dalam batuan dan tanah sehingga membuat tanah dalam keadaan jenuh air dan massanya bertambah. Kemiringan lereng yang sangat curam menyebabkan massa tanah bergerak meluncur ke bawah dengan cepat.

Kata Kunci – Citra Sentinel, Lingkungan Fisik Lahan, Tanah Longsor

CHANGES IN PHYSICAL ENVIRONMENT ANALYSIS CAUSED BY LANDSLIDE DISASTER USE SENTINEL SATELLITE IMAGE (CASE STUDY: LANDSLIDE IN BANYUWANGI REGENCY)

Name : Muhammad Ridho Maulana
NRP : 0331154000077
Department : Geomatics Engineering FTSLK-ITS
Supervisor : Dr. Ir. Muhammad Taufik

ABSTRACT

A landslide occurred on 22nd June 2018 in Songgon, Banyuwangi which caused a change in the physical environment in the affected area, that are in Songgon and Singojuruh. Identification of changes in land physical environment is carried out using fusion (combined) images of Sentinel-1 (radar system) images and Sentinel-2 (optical system) images. Fusion images integrate the advantages of the original image, where Sentinel-1 images will highlight the shape of the earth's topography while Sentinel-2 images give coloring to objects. Analysis of changes in the physical environment of land due to landslides is seen based on the variables that influence the occurrence of soil movements, including slope, soil texture, geology, rainfall, and land use by processing Geographic Information Systems (GIS).

Classification of land cover in Sentinel fusion images is divided into five classes, there are water bodies, settlements, forests/gardens, shrubs, and rice fields / moor. Judging from the results of land cover between before and after the occurrence of landslides, it shows that forest/garden land is the most reduced land cover where the biggest change is to become rice fields/moor. The results of changes in land cover indicate that rice fields / moorlands have the most increase, where the biggest changes come from forest / garden land. One of the land changes occurred at the location of the landslide in the Ijen Mountains area, Songgon. Natural disasters are a factor causing changes in the physical

environment of the land. The location of the landslide itself is in an area with high potential for landslides. At the time of the incident, on three previous days there were successive rains which made the water seep into the rocks and soil, making the soil saturated with water and increasing its mass. A very steep slope causes the ground mass to move down quickly.

Key Words – Landslides, Physical Land Environment, Sentinel Image

**LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PERUBAHAN LINGKUNGAN FISIK
LAHAN AKIBAT BENCANA TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL
(STUDI KASUS: TANAH LONGSOR DI KABUPATEN
BANYUWANGI)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MUHAMMAD RIDHO MAULANA
NRP. 0331154000077**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Ir. Muhammad Taufik
NIP. 19550919 198603 1 001

()

SURABAYA, 22 JULI 2019



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Perubahan Lingkungan Fisik Lahan Akibat Bencana Tanah Longsor Menggunakan Citra Satelit Sentinel (Studi Kasus: Tanah Longsor di Kabupaten Banyuwangi)**” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis, Ainur Rofiq dan Hernie Wendrati, beserta seluruh keluarga yang selama pelaksanaan tugas akhir sampai pembuatan laporan ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Seluruh bapak-ibu dosen pengajar dan karyawan Teknik Geomatika yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan.
5. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Banyuwangi yang telah membantu menyediakan data curah hujan yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
6. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan data spasial Banyuwangi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
7. Teman-teman G17, mahasiswa Teknik Geomatika 2015 yang telah banyak membantu dan menemani selama menempuh kuliah di Teknik Geomatika ITS.
8. Sahabat-sahabat baik penulis dari Banyuwangi; M. Usama Martak, Arfian Prambudi Y. H., Nindya Trisna P., Claudia

Bunga Y., Ananda Alisya M., dan Armanda Ganis W. yang selalu mendukung dan membantu hingga saat ini.

9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kabupaten Banyuwangi.....	5
2.2 Bencana Tanah Longsor	7
2.3 Lingkungan Fisik Lahan.....	10
2.3.1 Kelerengan	10
2.3.2 Geologi.....	11
2.3.3 Jenis Tanah.....	12
2.3.4 Tata Guna Lahan	13
2.3.5 Curah Hujan	14
2.4 Perubahan Tutupan Lahan	15
2.5 Klasifikasi Citra.....	16
2.6 Penginderaan Jauh	17
2.7 RADAR (Radio Detection and Ranging)	19
2.8 Penginderaan Multispektral.....	21
2.9 Citra Sentinel-1.....	22
2.10 Citra Sentinel-2.....	24
2.11 Fusi Citra	27
2.12 Sistem Informasi Geografis	27

2.12.1 Pengharkatan (<i>Skoring</i>).....	29
2.12.2 <i>Weighted Overlay</i>	29
2.12.3 Reklasifikasi.....	29
2.13 <i>Sentinel Application Platform</i> (SNAP).....	30
2.14 Penelitian Terdahulu.....	31
BAB III METODOLOGI	33
3.1 Lokasi Tugas Akhir.....	33
3.2 Data dan Peralatan.....	34
3.2.1 Data.....	34
3.2.2 Peralatan.....	34
3.3 Metodologi Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN ANALISA	45
4.1 Hasil.....	45
4.1.1 Pengolahan Citra Sentinel.....	45
4.1.2 Klasifikasi Tutupan Lahan.....	47
4.1.3 Peta Potensi Longsor Kabupaten Banyuwangi	52
4.2 Analisa.....	53
4.2.1 Perubahan Tutupan Lahan Sebelum dan Sesudah Bencana Tanah Longsor.....	53
4.2.2 Pengaruh Faktor Lingkungan Fisik Lahan Terhadap Peristiwa Tanah Longsor.....	55
4.2.3 Kesesuaian Kawasan Terdampak Bencana Terhadap Peta Potensi Longsor.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	69
BIOGRAFI	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Administrasi Kabupaten Banyuwangi	6
Gambar 2.3. Longsoran Rotasi.....	8
Gambar 2.4. Longsor Translasi	8
Gambar 2.5. Longsor Runtuhan Batu.....	8
Gambar 2.6. Longsor Pergerakan Blok	9
Gambar 2.7. Longsor Aliran Rombakan	9
Gambar 2.8. Longsor rayapan tanah	9
Gambar 2.9. Klasifikasi Fitur Pada Citra	16
Gambar 2.10. Sistem Penginderaan Jauh	18
Gambar 2.11. Sistem Radar.....	20
Gambar 2.12. Mode observasi Sentinel-1A	23
Gambar 2.13. Konfigurasi Orbit Satelit Sentinel-2	25
Gambar 2.14. Pemodelan SIG	28
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian	33
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 3.3. Koreksi Citra: (a) Sentinel-1, (b) Sentinel-2.....	37
Gambar 3.4. Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Fusi Sentinel.....	39
Gambar 3.5. Pembuatan Peta Potensi Tanah Longsor	41
Gambar 4.1. Hasil Koreksi Citra Sentinel-1	45
Gambar 4.2. Hasil Koreksi Citra Sentinel-2.....	46
Gambar 4.3. Hasil Fusi Citra Sentinel.....	47
Gambar 4.4. Tutupan Lahan Sebelum Bencana Tanah Longsor ..	48
Gambar 4.5. Tutupan Lahan Sesudah Bencana Tanah Longsor..	50
Gambar 4.6. Peta Potensi Longsor Kabupaten Banyuwangi.....	52
Gambar 4.7. Kemiringan Lereng Lokasi Longsor.....	56
Gambar 4.8. Tutupan Lahan Lokasi Longsor.....	58
Gambar 4.9. Peta Potensi Longsor Area Penelitian	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelas Kemiringan Lereng	11
Tabel 2.2. Klasifikasi Jenis Batuan Geologi	11
Tabel 2.3. Klasifikasi Jenis Tanah.....	12
Tabel 2.4. Klasifikasi Penutup Lahan	14
Tabel 2.5. Klasifikasi Curah Hujan	14
Tabel 2.6. Panjang Gelombang dan Frekuensi Band Radar	21
Tabel 2.7. Karakteristik Sentinel-1A Mode Perekaman IW.....	24
Tabel 2.8. Karakteristik Citra Sentinel-2.....	26
Tabel 3.1. Pembagian Skor dan Bobot Parameter Fisik Lahan ...	42
Tabel 4.1. Luas Lahan Sebelum Bencana Tanah Longsor	49
Tabel 4.2. Luas Lahan Sesudah Bencana Tanah Longsor	51
Tabel 4.3. Matriks Perubahan Tutupan Lahan	53
Tabel 4.4. Tingkat Potensi Longsor Area Penelitian.....	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Data Curah Hujan Banyuwangi Tahun 2018.....	69
LAMPIRAN 2 Peta Potensi Longsor	70
LAMPIRAN 3 Peta Tutupan Lahan Sebelum Tanah Longsor	71
LAMPIRAN 4 Peta Tutupan Lahan Sesudah Tanah Longsor	72
LAMPIRAN 5 Peta Perubahan Tutupan Lahan	73

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana tanah longsor merupakan fenomena alam berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar yang menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan geser tanah (Suryolelono 2002). Longsor seringkali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, serta tingkat kelembaban tinggi, tumbuhan jarang (lahan terbuka) dan material kurang kompak. Curah hujan juga menjadi salah satu faktor terjadinya longsor (Slamet, Pratiknyo, dan Premonowati 2017). Pada tanggal 22 Juni 2018, terjadi bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi, tepatnya di Kecamatan Songgon. Tanah longsor tersebut diakibatkan oleh air hujan dengan intensitas tinggi yang akhirnya mengikis permukaan tanah sehingga menimbulkan pergeseran tanah.

Bencana tanah longsor yang terjadi di Kabupaten Banyuwangi mengakibatkan adanya perubahan kondisi lingkungan fisik berupa tutupan lahan di area terdampak bencana. Identifikasi perubahan lingkungan fisik lahan memerlukan suatu data spasial temporal. Salah satu cara yang saat ini sudah digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan fisik lahan adalah dengan menggunakan data penginderaan jauh satelit. Peran penginderaan jauh sangat besar untuk mengantisipasi dan mitigasi bencana alam seperti bencana tanah longsor. Dengan bantuan citra penginderaan jauh dapat dibuat pemetaan serta analisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor (Somantri 2015). Kerincian informasi tentang perubahan fisik lahan ditentukan oleh jenis citra yang digunakan. Sistem pencitraan gelombang mikro pada radar dapat menghasilkan gambar resolusi tinggi dari permukaan bumi serta dapat beroperasi siang maupun malam

dan dalam cuaca apapun. Namun dibalik keunggulan tersebut, citra radar ini memiliki kelemahan yaitu sulitnya memprediksi korelasi antara gelombang mikro dengan karakteristik objek di permukaan bumi, karena citra aktif tersebut hanya menampilkan warna abu-abu dalam tampilan visualnya. Untuk mengatasi kesulitan tersebut, maka dapat dilakukan kombinasi antara citra radar dengan citra optis. Penggabungan citra (*image fusion*) dilakukan sebagai upaya penggabungan dua atau lebih citra yang berbeda dari segi resolusi (terutama spasial, spektral, temporal) ataupun dari segi sistem (optik, SAR) untuk menghasilkan citra baru yang mengintegrasikan kelebihan-kelebihan dari citra asal (Wald 1999).

Kejadian tanah longsor dianalisis berdasarkan penghitungan variabel lingkungan fisik suatu daerah yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah. Variabel yang dapat digunakan sebagai dasar analisis adalah variabel kemiringan lereng (topografi), tekstur tanah, kondisi fisik batuan, curah hujan (iklim), dan penggunaan lahan. Dalam analisis untuk perencanaan wilayah yang berkaitan dengan keruangan maka dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), data lebih cepat dalam pengolahan dan analisisnya (Suranto 2008).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana identifikasi perubahan tutupan lahan di wilayah terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi menggunakan citra satelit Sentinel?
- b. Bagaimana luas dan sebaran tiap jenis kelas klasifikasi tutupan lahan di wilayah terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi?
- c. Bagaimana pengaruh faktor lingkungan fisik lahan terhadap kejadian bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi pada bulan Juni 2018?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi penelitian berada di wilayah terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi, tepatnya di Kecamatan Songgon dan Kecamatan Singojuruh.
- b. Data utama yang digunakan untuk proses analisa perubahan lingkungan fisik lahan adalah citra radar Sentinel-1 dan citra optis Sentinel-2.
- c. Citra satelit Sentinel yang digunakan adalah citra yang diakuisisi pada saat sebelum dan sesudah terjadinya bencana tanah longsor.
- d. Data yang digunakan untuk mengetahui pengaruh faktor lingkungan fisik lahan meliputi Data Curah Hujan, Jenis Tanah, Kemiringan Lereng, Geologi, dan Tata Guna Lahan.
- e. Pengolahan citra Sentinel dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SNAP *Toolbox*.
- f. Pengolahan data terkait faktor lingkungan fisik lahan dilakukan secara Sistem Informasi Geografis menggunakan perangkat lunak ArcGIS.
- g. Analisis faktor lingkungan fisik lahan mengacu pada Buku Saku BNPB Tahun 2017 mengenai Tanggap, Tangkas, Tangguh Menghadapi Bencana Tanah Longsor, yaitu meliputi curah hujan, kelerengan, jenis tanah, batuan/geologi, dan tutupan lahan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- a. Melakukan identifikasi perubahan tutupan lahan di wilayah terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi menggunakan citra satelit Sentinel.
- b. Memperoleh data luasan dan sebaran tiap jenis kelas tutupan lahan di wilayah terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi.

- c. Menganalisis pengaruh faktor lingkungan fisik lahan terhadap kejadian bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi pada bulan Juni 2018.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari 2 aspek yaitu aspek keilmuan dan aspek rekayasa, yaitu sebagai berikut:

- a. Aspek Keilmuan.
Segi keilmuan penelitian ini memiliki manfaat untuk memberikan kontribusi dalam ilmu penginderaan jauh khususnya dalam usaha penanganan hingga pencegahan bencana tanah longsor dengan pendekatan menggunakan data penginderaan jauh.
- b. Aspek Rekayasa.
Hasil penelitian dapat digunakan untuk kepentingan Pemerintah Daerah Kabupaten Banyuwangi sebagai pertimbangan dalam melakukan pencegahan dan mitigasi yang tepat terhadap bencana tanah longsor dengan cakupan daerah yang cukup luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

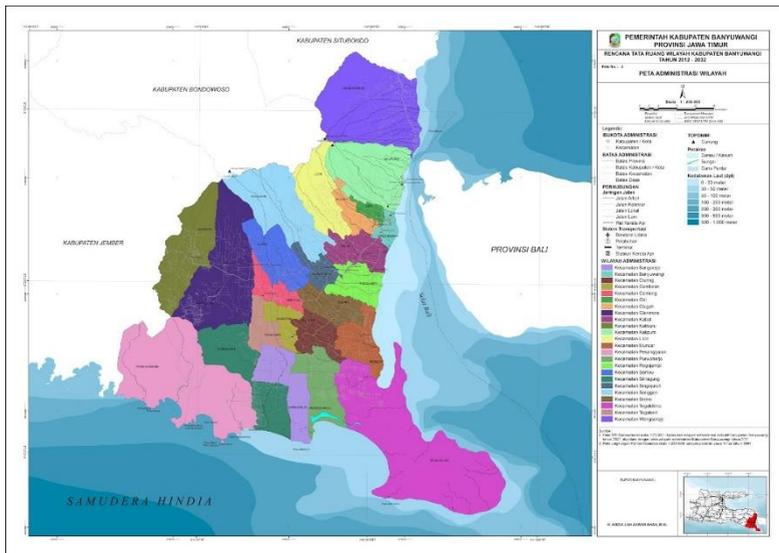
2.1 Kabupaten Banyuwangi

Kabupaten Banyuwangi merupakan daerah paling timur dari wilayah Provinsi Jawa Timur, yang terletak di antara koordinat 7°43 – 8°46 LS dan 113°53 – 114°38 BT dan dengan ketinggian antara 0 – 2.500 meter di atas permukaan laut. Wilayah daratannya terdiri atas dataran tinggi berupa pegunungan dan dataran rendah. Bagian barat dan utara pada umumnya merupakan pegunungan, dan bagian selatan sebagian besar merupakan dataran rendah. Tingkat kemiringan rata-rata pada wilayah bagian barat dan utara 40°, dengan rata-rata curah hujan lebih tinggi bila dibanding dengan bagian wilayah lainnya. Daratan yang datar sebagian besar mempunyai tingkat kemiringan kurang dari 15°, dengan rata-rata curah hujan cukup memadai (Pemerintah Kabupaten Banyuwangi 2016).

Kondisi geologi setiap wilayah di Kabupaten Banyuwangi bervariasi, dengan struktur geologi paling dominan adalah jenis geologi vulkanik. Adapun keadaan jenis tanah di Kabupaten Banyuwangi, didominasi oleh jenis tanah podsolik dengan persentase sebesar 60,3 % serta jenis tanah Regosol sebesar 23,96 %. Ditinjau dari kondisi hidrologi, Kabupaten Banyuwangi memiliki 35 Daerah Aliran Sungai (DAS). Banyuwangi mempunyai luas wilayah 578.250 Ha, dari luas tersebut penggunaan lahan di Kabupaten Banyuwangi masih didominasi lahan tidak terbangun berupa hutan, sawah, dan lain sebagainya (Pemerintah Kabupaten Banyuwangi 2016).

Secara administratif, Kabupaten Banyuwangi terdiri dari 25 kecamatan. Dimana dua diantaranya adalah Kecamatan Songgon dan Kecamatan Singojuruh. Dua kecamatan tersebut menjadi studi kasus dalam penelitian ini, hal ini dikarenakan wilayah tersebut merupakan area yang

terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi pada bulan Juni 2018. Berdasarkan hasil laporan dari Badan Geologi PVMBG (2018) mengenai wilayah potensi gerakan tanah di Kabupaten Banyuwangi pada tahun 2018, menunjukkan bahwa Kecamatan Songgon dan Singojuruh merupakan wilayah yang memiliki potensi gerakan tanah menengah-tinggi serta berpotensi banjir bandang atau adanya aliran bahan rombakan. Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah jika curah hujan di atas normal.



Gambar 2.1. Peta Administrasi Kabupaten Banyuwangi (Pemerintah Kabupaten Banyuwangi 2016)

Bencana tanah longsor yang terjadi pada tanggal 22 Juni 2018 berada di kawasan lereng Gunung Raung sisi Kabupaten Banyuwangi, tepatnya dari kawasan Gunung Pendil. Bencana ini diakibatkan oleh air hujan dengan intensitas tinggi yang akhirnya mengikis permukaan tanah di lereng gunung sehingga menimbulkan pergeseran tanah. Berdasarkan pantauan PVBMG, areal longsor di kawasan

lereng Gunung Raung tersebut cukup luas, dengan ketinggian longsor 390 meter dan lebar 40-50 meter. Banjir bandang yang membawa material longsor merusak permukiman, lahan pertanian, dan perkebunan di Kecamatan Songgon dan Singojuruh, serta menyebabkan akses jalur Banyuwangi - Jember menjadi terhambat. Berdasarkan data yang diperoleh, banjir itu membuat 23 rumah rusak berat dan dua di antaranya tersapu arus air, 80 rumah rusak sedang karena terendam lumpur 20 cm hingga 1,2 meter, serta 225 unit lainnya rusak ringan. Tidak ada korban jiwa akibat bencana alam tersebut (Badan Geologi PVMBG 2018).

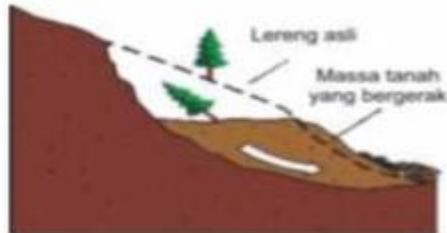
2.2 Bencana Tanah Longsor

Menurut Suryolelono (2002), tanah longsor merupakan fenomena alam yang berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar yang menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan geser tanah. Pengurangan parameter kuat geser tanah disebabkan karena bertambahnya kadar air tanah dan menurunnya ikatan antar butiran tanah. Sedangkan tegangan geser tanah meningkat akibat meningkatnya berat satuan tanah. Bencana tanah longsor seringkali dipicu karena kombinasi dari curah hujan yang tinggi, lereng terjal, tanah yang kurang padat serta tebal, terjadinya pengikisan, berkurangnya tutupan vegetasi, dan getaran (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2017).

Tanah longsor dibedakan kedalam enam jenis diantaranya longsor rotasi, longsor translasi, runtuh batu, pergerakan blok, aliran bahan rombakan, serta longsor akibat rayapan tanah. Jenis longsor yang sering terjadi di Indonesia adalah jenis translasi dan rotasi (PVMBG 2005). Berikut jenis-jenis tanah longsor yang sering terjadi :

a. Longsor Rotasi

Longsoran akibat pergerakan massa tanah dan batuan pada lapisan bidang gelincir tanah berbentuk cekung.



Gambar 2.2. Longsoran Rotasi (PVMBG 2005)

b. Longsoran Translasi

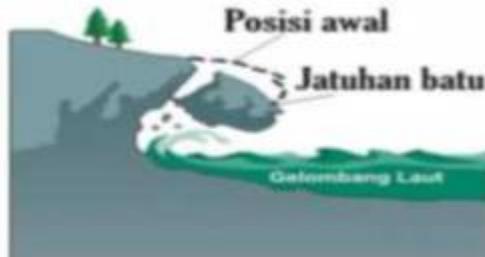
Longsor yang terjadi akibat pergerakan massa tanah dan batuan pada lapisan bidang gelincir tanah yang relatif landai.



Gambar 2.3. Longsor Translasi (PVMBG 2005)

c. Longsor Akibat Runtuhan Batu

Longsor yang terjadi akibat pergerakan material yang jatuh bebas. Biasanya terjadi di daerah pantai.



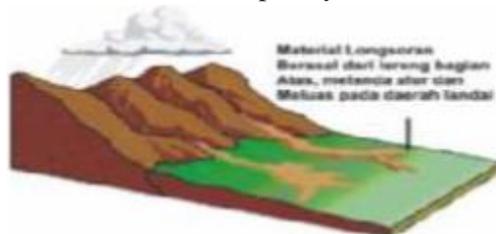
Gambar 2.4. Longsor Runtuhan Batu (PVMBG 2005)

- d. Longsor Akibat Pergerakan Blok
Longsor akibat berpindahnya sebuah blok batuan pada bidang gelincir tanah yang relatif landai.



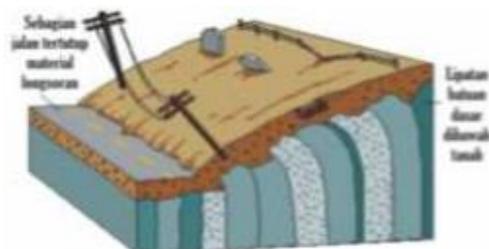
Gambar 2.5. Longsor Pergerakan Blok (PVMBG 2005)

- e. Longsor Akibat Aliran Bahan Rombakan
Longsor yang terjadi karena dorongan massa tanah yang bergerak karena adanya beban air pada kelerengkan dan volume yang relatif besar. Jenis longsor ini dapat memakan korban cukup banyak.



Gambar 2.6. Longsor Aliran Rombakan (PVMBG 2005)

- f. Longsor Akibat Rayapan Tanah
Longsor akibat adanya pergerakan lapisan tanah secara lambat.



Gambar 2.7. Longsor rayapan tanah (PVMBG 2005)

2.3 Lingkungan Fisik Lahan

Berdasarkan teori ruang, lahan merupakan entitas tiga dimensi yang meliputi segala elemen fisik dan sosial ekonomi. Elemen fisik lahan memiliki karakteristik yang sangat bervariasi menurut sebarannya dalam suatu lanskap, seperti litologi, kelembaban, kesuburan, topografi, kekuatan, menyangga secara mekanis, dan lain-lain. Elemen-elemen fisik tersebut menentukan kualitas lahan yang penilaiannya berbeda untuk jenis penggunaan yang berbeda, yang selanjutnya menentukan kondisi sosial ekonomi masyarakat pada kawasan tersebut (Baja 2012).

Menurut Analisis karakteristik fisik lahan pada daerah rawan longsor dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kelerengan, kondisi geologi, tata guna lahan, intensitas curah hujan, jenis tanah, serta keadaan di lapangan (Karnawati 2003).

2.3.1 Kelerengan

Kelerengan merupakan salah satu faktor fisik lahan yang menunjukkan adanya perubahan ketinggian tanah di suatu area lahan. Kelerengan dengan kemiringan lebih dari 20° (atau sekitar 40%) memiliki potensi untuk bergerak atau longsor, namun tidak selalu lereng atau lahan yang miring punya potensi untuk longsor tergantung dari kondisi geologi yang bekerja pada lereng tersebut (Karnawati 2003).

Tabel 2.1. Kelas Kemiringan Lereng (Puslittanak 2004)

No	Kelerengan (%)	Deskripsi	Satuan Morfologi	Skor
1	0 – 8	Datar	Dataran	1
2	8 – 15	Landai	Perbukitan berrelief halus	2
3	15 – 25	Agak curam	Perbukitan berrelief sedang	3
4	25 – 45	Curam	Perbukitan berrelief kasar	4
5	> 45	Sangat curam	Perbukitan berrelief sangat kasar	5

2.3.2 Geologi

Faktor geologi dapat dianalisis melalui variabel tekstur tanah dan jenis batuan. Tekstur tanah dan jenis batuan merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya gerakan tanah yang diukur berdasarkan sifat tanah dan kondisi fisik batuan (Karnawati 2003).

Tabel 2.2. Klasifikasi Jenis Batuan Geologi (Puslittanak 2004)

No.	Jenis Batuan	Skor
1	Batuan Vulkanik	3
2	Batuan Sedimen	2
3	Batuan Alluvial	1

Batuan dari segi asal dan keterdapatannya di lapangan dapat digolongkan menjadi 3 golongan besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan alluvial. Batuan vulkanik adalah batuan yang

terbentuk sebagai hasil dari adanya aktivitas gunung api yaitu dari pendinginan dan pembekuan magma. Kelompok batuan vulkanik apabila bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfir akan mudah menyebabkan terjadinya proses pelapukan. Batuan sedimen terbentuk melalui pembebanan dan perekatan oleh senyawa mineral dalam larutan. Apabila pada batuan sedimen terjadi peningkatan tekanan dan suhu maka akan mengalami ubahan untuk menyesuaikan dengan lingkungan yang baru dan menjadi batuan alluvial (Noor 2009).

2.3.3 Jenis Tanah

Variabel jenis tanah berdasarkan sifat tanah merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah. Secara umum, jenis tanah dengan infiltrasi rendah mengindikasikan kerapatan aliran yang tinggi. Tanah dengan infiltrasi rendah biasanya banyak mengandung tanah liat yang sifatnya mudah terdispersi jika ditimpa air, dan dalam massa yang besar akan menyebabkan tanah longsor (Karnawati 2003).

Tabel 2.3. Klasifikasi Jenis Tanah (Puslittanak 2004)

No	Jenis Tanah	Tingkat Erosi	Skor
1	Aluvial, Glei	Tidak peka	1
2	Latosol	Sedikit peka	2
3	<i>Brown forest</i> , Mediteran	Agak peka	3
4	Andosol, Grumosol, Podsol	Peka	4
5	Regosol, Litosol, Organosol	Sangat peka	5

Jenis-jenis tanah dalam sistem Pusat Penelitian Tanah sangat mirip dengan sistem FAO/UNESCO. Alluvial dan geli merupakan tanah yang berasal dari endapan baru dan menunjukkan sifat hidromorfik. Latosol adalah tanah dengan kadar liat lebih dari 60% dengan kedalaman lebih dari 150 cm. Tanah *brown forest* dan mediteran tidak terdapat gejala hidromorfik. Kemudian andosol, grumosol, dan podsol adalah tanah dengan kadar liat lebih dari 30% yang umumnya berwarna hitam, kalau musim kering tanah keras dan retak-retak karena mengkerut sedangkan jika basah akan lengket (mengembang). Jenis tanah yang paling peka terhadap erosi adalah tanah regosol, litosol, dan organosol yang merupakan tanah organik, tidak termasuk bahan endapan baru, tidak menunjukkan sifat-sifat hidromorfik, serta tidak mengembang dan mengkerut (Puslittanak 2004).

2.3.4 Tata Guna Lahan

Tata guna lahan merupakan bagian dari aktivitas manusia. Faktor pemanfaatan lahan dapat dianalisis melalui variabel jenis kegiatan dari pemanfaatan lahan yang terjadi. Pemanfaatan lahan dapat menjadi faktor pengontrol gerakan tanah dan meningkatkan resiko gerakan tanah karena pemanfaatan lahan akan berpengaruh pada tutupan lahan (*land cover*) yang ada. Tutupan lahan di suatu wilayah berkaitan erat dengan kondisi ekonomi dan tipe masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut. Tutupan lahan memiliki kontribusi yang berbeda-beda tergantung pada sifat dan kondisi penutupan lahan tersebut. Tutupan lahan dalam bentuk vegetasi akan mengurangi erosi, sedangkan lahan tanpa penutup akan sangat rawan terhadap erosi yang akan mengakibatkan gerakan tanah (Karnawati 2003).

Tabel 2.4. Klasifikasi Penutup Lahan (Puslittanak 2004)

No	Jenis Pemanfaatan Lahan	Keterangan	Skor
1	Tambak, Waduk, Perairan	Tidak peka terhadap erosi	1
2	Pemukiman	Kurang peka terhadap erosi	2
3	Hutan dan Perkebunan	Agak peka terhadap erosi	3
4	Semak Belukar	Peka terhadap erosi	4
5	Tegalan, Sawah	Sangat peka terhadap erosi	5

2.3.5 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang turun pada daerah tertentu dalam waktu tertentu. Curah Hujan juga dapat dikatakan sebagai air hujan yang terkumpul di tempat datar yang tidak menguap dan tidak mengalir setelah hujan turun. Curah hujan akan meningkatkan presepitasi dan kejenuhan tanah serta naiknya muka air tanah (Karnawati 2003).

Tabel 2.5. Klasifikasi Curah Hujan

No	Curah Hujan (mm/tahun)	Keterangan	Skor
1	< 1500	Sangat kering	1
2	1501 – 2000	Kering	2
3	2001 – 2500	Sedang	3
4	2501 – 3000	Basah	4
5	> 3001	Sangat basah	5

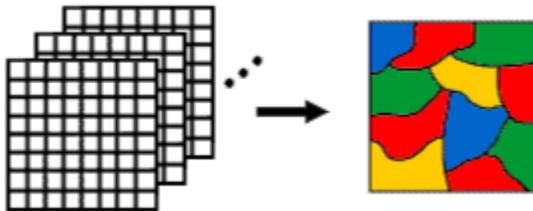
2.4 Perubahan Tutupan Lahan

Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang terdiri dari tanah, iklim, relief, hidrologi dan vegetasi, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaan lahan. Lahan merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui dengan pengelolaan yang intensif, ketepatan tata guna, serta kepastian jangka panjang agar lahan tersebut dapat memberikan manfaat. Penutupan lahan (*land cover*) dapat berupa vegetasi dan konstruksi artifisial yang menutup permukaan lahan. Penutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakannya di permukaan bumi seperti bangunan, danau, vegetasi. Sedangkan penggunaan lahan (*land use*) adalah semua jenis pemanfaatan atas lahan oleh manusia, mencakup penggunaan lahan diantaranya untuk pertanian hingga lapangan olahraga, rumah mukim hingga rumah makan, rumah sakit hingga tempat pemakaman, jalan dan pertamanan.

Kenampakan tutupan lahan berubah berdasarkan waktu, yakni terkait bagaimana keadaan kenampakan tutupan lahan atau perubahan posisinya pada kurun waktu tertentu. Perubahan tutupan lahan dapat terjadi secara sistematis dan non-sistematis. Perubahan sistematis terjadi dengan ditandai oleh fenomena yang berulang, yakni tipe perubahan tutupan lahan pada kondisi yang sama. Kecenderungan perubahan ini dapat ditunjukkan dengan peta multi waktu. Fenomena yang ada dapat dipetakan berdasarkan seri waktu sehingga perubahan tutupan lahan dapat diketahui (Murcharke 1990).

2.5 Klasifikasi Citra

Klasifikasi fitur pada citra merupakan elemen interpretasi visual untuk mengidentifikasi kelompok piksel yang mewakili berbagai fitur atau kelas tutupan lahan. Klasifikasi citra digital dilakukan menggunakan informasi spektral yang diwakili oleh angka-angka digital dalam satu *band* atau lebih. Tujuan klasifikasi adalah untuk menetapkan semua piksel dalam gambar ke kelas atau tema tertentu. Gambar yang dihasilkan terdiri dari mosaik piksel, yang masing-masing memiliki tema tertentu (Canada Centre for Remote Sensing 2008).



Gambar 2.8. Klasifikasi Fitur Pada Citra (Canada Centre for Remote Sensing 2008)

Data multispektral digunakan untuk melakukan klasifikasi dan pola spektral yang ada dalam citra untuk setiap piksel digunakan sebagai basis numerik untuk kategorisasi fitur. Tipe fitur yang berbeda memmanifestasikan kombinasi DN (*digital number*) yang berbeda berdasarkan pada sifat reflektansi dan daya pancar yang melekat. Pengklasifikasian fitur mempertimbangkan aspek-aspek seperti tekstur gambar, kedekatan piksel, ukuran fitur, bentuk, arah, pengulangan, dan konteks (Tempfli et al. 2004).

Berdasarkan Canada Centre for Remote Sensing (2008), prosedur klasifikasi citra dapat dibagi menjadi dua berdasarkan metode yang digunakan:

a. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Dalam klasifikasi terbimbing, analis mengidentifikasi dalam sampel representatif yang homogen dari berbagai jenis tutupan lahan. Sampel-sampel ini disebut sebagai

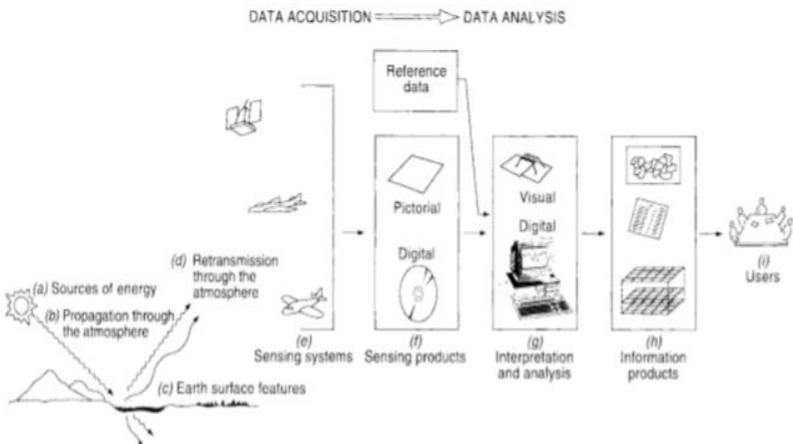
training area. Pemilihan area yang tepat didasarkan pada keakraban analisis dengan area geografis dan pengetahuan mereka tentang tipe tutupan lahan yang ada dalam gambar. Informasi numerik dari semua *band* spektral untuk piksel dari area ini digunakan komputer untuk mengenali area yang serupa secara spektral untuk setiap kelas.

b. **Klasifikasi Tak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)**

Pada dasarnya klasifikasi tak terbimbing membalikkan proses klasifikasi terbimbing. Kelas spektral dikelompokkan pertama, hanya berdasarkan informasi numerik dalam data, dan kemudian dicocokkan oleh analisis dengan kelas tutupan lahan. Pada klasifikasi ini analisis menentukan jumlah kelas yang diinginkan serta parameter yang berkaitan dengan jarak dan variasi pemisahan tiap fitur.

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh menurut Lillesand, Kiefer, and Chipman (1990) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh oleh perangkat yang tidak bersentuhan dengan objek, area, atau fenomena yang sedang diselidiki. Sensor-sensor satelit penginderaan jauh memperoleh data tentang berbagai fitur permukaan bumi yang memancarkan dan memantulkan energi elektromagnetik, dan data ini dianalisis untuk memberikan informasi tentang sumber daya yang sedang diselidiki.



Gambar 2.9. Sistem Penginderaan Jauh (Lillesand, Kiefer, and Chipman 1990)

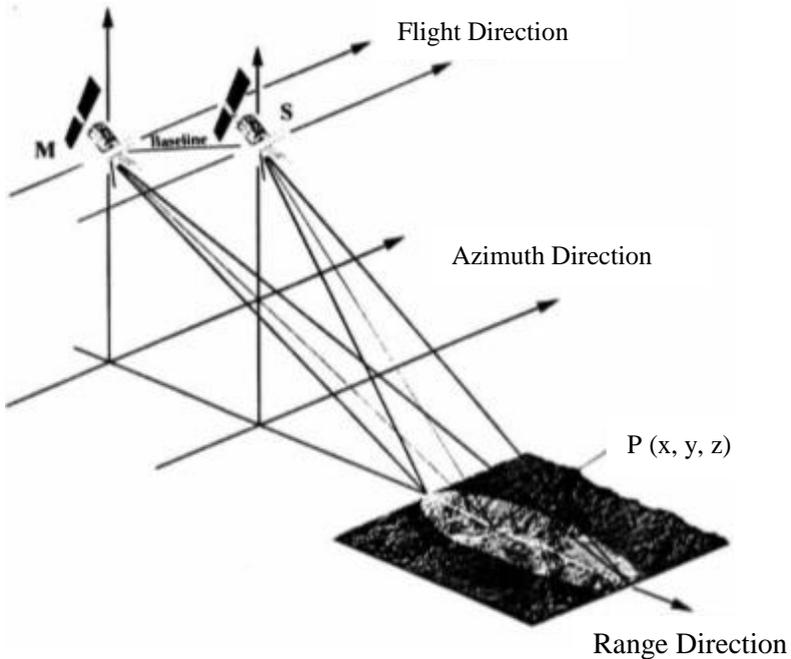
Gambar di atas menggambarkan proses dan elemen umum yang terlibat dalam penginderaan jauh. Dua proses dasar yang terlibat adalah akuisisi data dan analisis data. Unsur-unsur dari proses akuisisi data adalah sumber energi (a), perambatan energi melalui atmosfer (b), interaksi energi dengan fitur permukaan bumi (c), transmisi ulang energi melalui atmosfer (d), udara dan/atau sensor pesawat ruang angkasa (e), hasil generasi data sensor dalam bentuk gambar dan/atau digital (f), proses analisis data (g) informasi hasil interpretasi citra (h), kemudian akhirnya informasi disajikan kepada pengguna (i) yang digunakan untuk proses pengambilan keputusan (Lillesand, Kiefer, and Chipman 1990).

Sistem penginderaan jauh yang mengukur energi yang tersedia secara alami disebut sensor pasif. Sensor pasif hanya dapat digunakan untuk mendeteksi energi ketika energi yang tersedia secara alami tersedia. Untuk semua energi yang dipantulkan, ini hanya dapat terjadi selama waktu ketika matahari menerangi Bumi. Tidak ada energi pantulan yang tersedia dari matahari di malam hari. Sensor aktif, di sisi lain,

menyediakan sumber energi sendiri untuk penerangan. Sensor memancarkan radiasi yang diarahkan ke target untuk diselidiki. Radiasi yang dipantulkan dari target tersebut terdeteksi dan diukur oleh sensor. Keuntungan untuk sensor aktif termasuk kemampuan untuk mendapatkan pengukuran kapan saja, terlepas dari waktu hari atau musim. Sensor aktif dapat digunakan untuk memeriksa panjang gelombang yang tidak cukup disediakan oleh matahari, seperti gelombang mikro, atau untuk lebih mengontrol cara sasaran diterangi (Canada Centre for Remote Sensing 2008).

2.7 RADAR (Radio Detection and Ranging)

Sensor radar biasanya berupa sensor pencitraan microwave aktif. Istilah radar adalah akronim untuk deteksi dan jangkauan radio. Sistem radar pencitraan meliputi beberapa komponen: pemancar, penerima, antena, dan perekam. Pemancar digunakan untuk menghasilkan sinyal gelombang mikro dan mengirimkan energi ke antena dari mana ia dipancarkan ke permukaan bumi. Penerima menerima sinyal hambur balik seperti yang diterima oleh antena, menyaring dan menguatkannya seperti yang diperlukan untuk perekaman. Perekam kemudian menyimpan sinyal yang diterima. Radar pencitraan memperoleh gambar di mana setiap piksel berisi angka digital sesuai dengan kekuatan energi hambur balik yang diterima dari tanah (Tempfli et al. 2004).



Gambar 2.10. Sistem Radar (Crosetto, Castillo, dan Arbiol 2003)

Dalam penginderaan jauh berbasis radar, citra dihasilkan dari sinyal yang ditransmisikan. Resolusi spasial citra dalam kisaran miring (*slant range*) dan arah azimuth masing-masing ditentukan oleh panjang pulsa dan lebar antena. Karena tampilan geometri tampak samping (*side looking*), citra radar mengalami distorsi geometri dan radiometrik. Pada citra radar, akan menemukan variasi skala (disebabkan oleh konversi rentang miring ke tanah), *foreshortening*, *layover* dan *shadows*. Gangguan karena koherensi sinyal menyebabkan efek *speckle*. Kecerahan fitur dalam gambar radar tergantung pada kekuatan sinyal hamburan balik. Data radar menyediakan informasi *band visible* dan inframerah yang memungkinkan untuk diferensiasi berbagai jenis tutupan lahan (Tempfli et al. 2004).

Tabel 2.6. Panjang Gelombang dan Frekuensi Band Radar (Lusch 1999)

Gelombang (band)	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (GHz)
Ka	0,75 – 1,1	27 - 40
K	1,1 – 1,67	18 - 27
Ku	1,67 – 2,4	12 -18
X*	2,4 – 3,75	8 - 12
C*	3,75 – 7,5	4 - 8
S	7,5 – 15	2 - 4
L*	15 – 30	1 - 2
P	30 – 100	1 - 0,3

Radar menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 0,3 – 40 GHz dan panjang gelombang 0,7 cm – 100 cm. Hanya beberapa band saja yang dapat digunakan untuk pencitraan karena adanya perbedaan interaksi antara atmosfer dan permukaan bumi pada setiap panjang gelombangnya. Band yang biasa digunakan untuk pencitraan oleh radar hanya band X, C, L dan P (Lusch 1999).

2.8 Penginderaan Multispektral

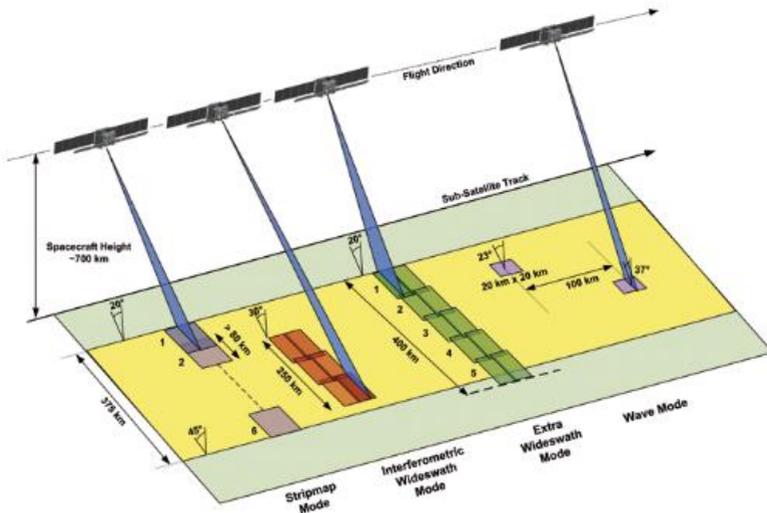
Sistem penginderaan yang digunakan untuk mengumpulkan data melalui berbagai rentang panjang gelombang yang berbeda disebut penginderaan multispektral dan merupakan sistem penginderaan yang paling umum digunakan. Ada dua mode utama yang digunakan untuk memperoleh data citra multispektral, yaitu *across-track* dan *along-track*. Sistem multispektral dapat memperluas rentang

ke inframerah termal dan memiliki resolusi spektral yang lebih tinggi. Sistem multispektral memperoleh semua *band* spektral secara bersamaan melalui sistem optik, dimana sistem merekam energi yang terdeteksi melalui proses fotokimia yang sulit diukur dan dibuat konsisten (Canada Centre for Remote Sensing 2008).

Citra multiband adalah gambar yang dirasakan secara simultan dari titik sudut geometris yang sama tetapi pada pita spektrum energi elektromagnetik yang berbeda. Kombinasi *band* dari citra multiband untuk membedakan fitur tertentu bervariasi tergantung pola respons spektral yang digunakan. Namun tampilan multiband tidak terbatas pada band Inframerah (IR) yang terlihat dan dekat. Tampilan Multiband juga dapat mencakup gelombang IR-pertengahan dan termal-IR. Terlepas dari jumlah dan panjang gelombang gambar, hanya tiga pita yang dipilih untuk dilihat pada satu waktu, dengan satu pita ditampilkan sebagai biru, satu pita sebagai hijau, dan satu pita sebagai merah (Lillesand, Kiefer, and Chipman 1990).

2.9 Citra Sentinel-1

Citra satelit Sentinel-1 merupakan produk pertama dari ESA Sentinels. ESA Sentinels menjadi seri pertama dari operasi satelit yang bertemu dengan pengamatan bumi oleh *European Union ESA Global Monitoring for Environment and Security Programme (GMES)* dan didanai oleh *European Union (EU) Framework Programmes*. Citra satelit sentinel-1 terdiri dari konstelasi dua satelit, Sentinel-1A dan Sentinel-1B yang berbagi bidang orbit yang sama dengan perbedaan 180° pada pentahapan orbital. Misi dari citra ini adalah menyediakan kemampuan operasional independen untuk pemetaan radar terus menerus dari bumi dengan frekuensi, cakupan, ketepatan waktu dan tingkat keandalan untuk layanan operasional dan aplikasi yang memerlukan seri lama (ESA 2012).



Gambar 2.11. Mode observasi Sentinel-1A (ESA 2012)

Satelit Sentinel 1 menggunakan sensor aktif yang bekerja pada frekuensi C-Band pada panjang gelombang 5.4 cm, Right Sight yang memiliki kemampuan polarisasi tunggal dan polarisasi ganda dan juga memiliki empat mode observasi yaitu:

- Mode Strip Map*, swat 80 km dan resolusi spasial 5x5 m;
- Interferometric Wide Swath Mode*, swat 250 km, resolusi spasial 5 x 20 m dan sinkronisasi interferometri;
- Extra-wide Swath Mode*, swat 400 km dan resolusi spasial 25 x 100 m;
- Wave Mode*, *low data rate* dan resolusi spasial 5 x 20 m.

Data Sentinel-1 yang digunakan berada pada level-1 *Ground Range Detected* (GRD). Level GRD ini sudah terkoreksi *terrain* dan sudah ditransformasi ke dalam bentuk koordinat geografik, namun masih perlu dilakukan reproyeksi citra pada posisi yang benar. Data yang diperoleh dari citra Sentinel-1 berupa data amplitudo dan intensitas dalam bentuk angka digital (ESA 2012).

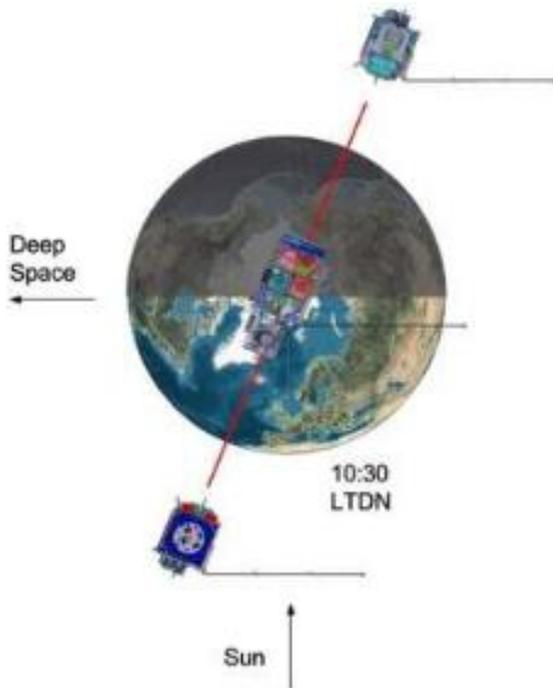
Tabel 2.7. Karakteristik Sentinel-1A Mode Perekaman IW (ESA 2012)

No.	Parameter	<i>Interferometric Wide Swath Mode (IW)</i>
1	<i>Polarisation</i>	Dual (HH+HV, VV+VH)
2	<i>Access (Incidence Angle)</i>	31° - 46°
3	<i>Azimuth Resolution</i>	20 m
4	<i>Ground Range Resolution</i>	5 m
5	<i>Azimuth and Range Look</i>	<i>Single</i>
6	<i>Swath</i>	250 km
7	<i>Maximum noise – equivalent sigma zero (NESZ)</i>	-22 dB
8	<i>Radiometric Stability</i>	0,5 dB (3σ)
9	<i>Radiometric Accuracy</i>	1 dB (3σ)
10	<i>Phase error</i>	5°

2.10 Citra Sentinel-2

Sentinel-2 merupakan salah satu satelit penginderaan jarak jauh dengan menggunakan sensor pasif. Resolusi spasial yang tergolong tinggi dengan cakupan spektrum yang luas merupakan langkah maju yang besar dibandingkan dengan multispektral lainnya. Tujuan diciptakan Sentinel-2 adalah untuk menyajikan data untuk kepentingan monitoring lahan, dan merupakan data dasar untuk penggunaan pada beragam aplikasi, mulai dari pertanian sampai perhutanan, dari monitoring lingkungan sampai dengan perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, penggunaan lahan, pemetaan risiko bencana serta beragam aplikasi lainnya (ESA 2015). Penggunaan Citra Sentinel-2 sangat dibutuhkan dalam melakukan analisis penggunaan tutupan lahan dalam pencegahan terhadap kegiatan eksploitasi lahan yang menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. Data yang diperoleh dari Citra Sentinel 2 dapat digunakan dalam

memprediksi luas perubahan lahan yang akan terjadi pada masa mendatang.



Gambar 2.12. Konfigurasi Orbit Satelit Sentinel-2 (ESA 2015)

Citra Sentinel-2 merupakan citra optik terbaru yang dikembangkan oleh *European Space Agency* (ESA), yang diluncurkan pada tanggal 23 Juni 2015 di Korou, Perancis. Sentinel-2 memiliki sensor *Multi-Spectral Instrument* (MSI) dengan 13 band spektral. Citra Sentinel-2 memiliki karakteristik yang ditunjukkan Tabel 2.9.

Tabel 2.8. Karakteristik Citra Sentinel-2 (ESA 2015)

Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
<i>Band 1 – Coastal Aerosol</i>	0,443	60
<i>Band 2 – Blue</i>	0,490	10
<i>Band 3 – Green</i>	0,560	10
<i>Band 4 – Red</i>	0,665	10
<i>Band 5 – Vegetation Red Edge</i>	0,705	20
<i>Band 6 – Vegetation Red Edge</i>	0,740	20
<i>Band 7 – Vegetation Red Edge</i>	0,783	20
<i>Band 8 – NIR</i>	0,842	10
<i>Band 8A – Vegetation Red Edge</i>	0,865	20

Citra Sentinel-2A yang digunakan pada penelitian ini adalah Level-1C, artinya telah terkoreksi geometrik dan radiometrik dalam bentuk nilai reflektan *Top of Atmosphere* (TOA). Proses koreksi geometrik citra tidak dilakukan karena data citra ini memiliki resolusi spasial yang tinggi yaitu 10 meter dan bukan hanya telah terkoreksi geometrik melainkan juga telah terkoreksi radiometrik. Selain itu Sentinel-2 telah dirancang untuk mendukung *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). Citra Sentinel-2 dengan sistem *Instrumen Multispectral* yang beresolusi tinggi akan memastikan rangkaian kontinuitas observasi multispektral dengan melihat waktu rotasi satelit, area cakupan, band spektral, lebar petak, kualitas gambar radiometrik dan geometrik (ESA 2012).

2.11 Fusi Citra

Penggabungan citra (*image fusion*) merupakan salah satu teknik pemrosesan citra digital yang banyak mendapat perhatian dalam dunia penginderaan jauh. *Image fusion* dapat mengakomodasi kebutuhan citra resolusi tinggi tanpa harus mengusahakan sistem pencitraan dengan *resolving power* yang tinggi, sehingga dapat menghemat banyak waktu dan biaya. Sederhananya, *image fusion* dapat didefinisikan sebagai upaya penggabungan dua atau lebih citra yang berbeda dari segi resolusi (terutama spasial, spektral, temporal) ataupun dari segi sistem (optik, SAR) untuk menghasilkan citra baru yang mengintegrasikan kelebihan-kelebihan dari citra asal (Wald 1999).

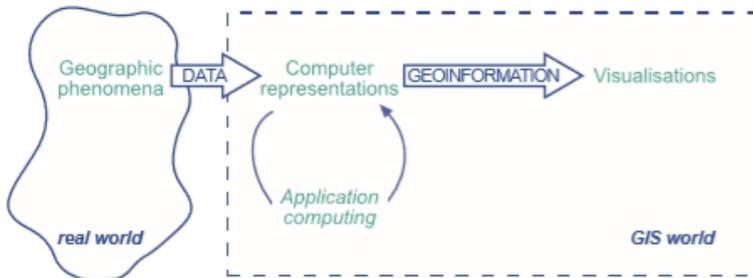
Tujuan penggabungan citra adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sensor dan untuk menggabungkan informasi pelengkap. Teknik pemrosesan yang mendasari semua metode penggabungan citra didasarkan pada penerapan fungsi matematika pada piksel yang digunakan bersama dari kumpulan citra yang digabungkan, menghasilkan satu citra tunggal yang dioptimalkan untuk interpretasi visual (Tempfli et al. 2004).

2.12 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis adalah sistem berbasis komputer yang dapat menangani hampir semua jenis informasi tentang fitur yang dapat dirujuk oleh lokasi geografis. Sistem ini mampu menangani data lokasi dan atribut data tentang fitur tersebut. Artinya, GIS tidak hanya mengizinkan pemetaan otomatis atau tampilan lokasi fitur, tetapi juga sistem ini memberikan kemampuan untuk merekam dan menganalisis karakteristik deskriptif tentang fitur. Sebagian besar SIG menggunakan salah satu dari dua pendekatan utama untuk mewakili komponen lokasi informasi geografis: format raster (sel grid) atau vektor (poligon). Pada model data raster, lokasi objek atau kondisi geografis

ditentukan oleh posisi baris dan kolom dari sel yang mereka gunakan. Nilai yang disimpan untuk setiap sel menunjukkan jenis objek atau kondisi yang ditemukan di lokasi itu di seluruh sel. Sedangkan pada model data vektor, fitur dikonversikan bentuk titik, garis, atau poligon (Lillesand, Kiefer, and Chipman 1990).

Menurut Chrisman (1999), SIG adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia (*brainware*), organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi-informasi mengenai permukaan bumi. SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG adalah data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya.



Gambar 2.13. Pemodelan SIG (Huisman and By 2004)

Salah satu upaya dalam mitigasi longsor dapat dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografis dengan membuat tingkat risiko bencana tanah longsor. Informasi yang memadai tentang risiko bencana tanah longsor dapat disediakan melalui analisis yang komprehensif menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Parameter-parameter *hazard* dan *vulnerability* yang menjadi faktor

dalam terjadinya fenomena longsor, selanjutnya dimodelkan menggunakan Sistem Informasi Geografis (Santius 2015).

2.12.1 Pengharkatan (Skoring)

Pengharkatan (*Skoring*) adalah proses pemberian nilai atau skoring pada masing-masing variabel yang terdapat pada parameter untuk suatu pemetaan. Pembuatan peta risiko bencana tanah longsor diproses melalui perhitungan skor dan klasifikasi risiko hasil pemetaan ancaman tanah longsor, kerentanan dan kapasitas. Penskoran adalah pemberian skor pada peta digital masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap longsor, dengan didasarkan atas pertimbangan pengaruh masing-masing parameter terhadap bahaya longsor. Penentuan Skor untuk masing-masing parameter didasarkan atas pertimbangan, seberapa besar pengaruh suatu parameter dibandingkan dengan parameter yang lainnya terhadap kejadian longsor. Semakin tinggi skornya maka semakin tinggi pengaruh faktor tersebut terhadap bahaya longsor (Lasera, Mudin, dan Rusydi 2016).

2.12.2 Weighted Overlay

Prinsip *overlay* spasial adalah melakukan kombinasi dengan membandingkan karakteristik lokasi yang sama di kedua lapisan data, dan memperlakukan area tumpang tindih — dan non-tumpang tindih — dengan cara yang berbeda untuk menghasilkan fitur baru untuk setiap lokasi di lapisan data output. Hasil berupa fitur baru tersebut ditentukan oleh pengguna. Ini mungkin melibatkan perhitungan, atau beberapa fungsi logis lainnya untuk diterapkan ke setiap area atau lokasi (Huisman and By 2004).

Perhitungan dalam menentukan tingkat potensi longsor dilakukan berdasarkan pembobotan masing-masing variabel lingkungan fisik lahan. Pembobotan merupakan akumulasi dari skor tiap kelas variabel yang digunakan dikalikan dengan bobot tiap parameter kemudian menghasilkan suatu nilai baru dimana nilai tersebut nantinya diklasifikasi berdasarkan tingkat kerentanan atau potensi terjadinya tanah longsor (Fahlefi 2018).

2.12.3 Reklasifikasi

Kumpulan data *input* mungkin merupakan hasil klasifikasi sebelumnya, dan dalam kasus seperti itu maka hasilnya bisa disebut sebagai klasifikasi ulang. Reklasifikasi adalah pengkelasan kembali data atribut dengan memecah bagian dari *boundary* dan menyatukannya dalam poligon baru yang telah direklasifikasi. Klasifikasi dapat menggabungkan nilai atau atribut dari beberapa fitur yang berbeda ke dalam kategori yang sama (Huisman and By 2004).

2.13 Sentinel Application Platform (SNAP)

Sentinel Application Platform (SNAP) merupakan perangkat lunak yang diciptakan untuk mengolah data citra satelit Sentinel (*Sentinel-1 Toolbox*, *Sentinel-2 Toolbox* dan *Sentinel-3 Toolbox*). Namun, perangkat ini juga dapat dimanfaatkan untuk pengolahan data citra satelit lainnya. SNAP merupakan inovasi platform yang dibiayai oleh ESA SEOM (*European Space Agency Scientific Exploitation of Operational Missions*). Fungsi utama dari *SNAP Toolbox* adalah untuk mendukung pengguna untuk mengeksplorasi produk data dari citra satelit Sentinel 1-2-3. Kelebihan dari aplikasi ini antara lain (Ramoino 2015):

1. Terbuka: SNAP dikembangkan sebagai *open source software* sehingga memungkinkan pengguna untuk

- berpartisipasi dalam pengembangan dan peningkatan *software* kedepannya.
2. Mendukung banyak fungsi: *SNAP Toolbox* menyediakan banyak fungsi untuk visualisasi, analisis dan pemrosesan data dengan volume yang besar menggunakan *desktop*.
 3. Dapat dikembangkan dan modular: Aplikasi ini memungkinkan untuk dikembangkan oleh pengguna serta memungkinkan untuk memodifikasi dengan mudah, pengembangan dan peningkatan dari *toolbox*.
 4. Portabilitas: aplikasi ini didesain untuk berbagi macam platform seperti Windows, Linux, dan Mac OS.
 5. Mudah digunakan: aplikasi ini memiliki antarmuka pengguna yang mudah dipahami pada setiap tools serta memiliki *Graphical User Interface* (GUI).

2.14 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya terkait dengan bencana tanah longsor dan pemanfaatan citra penginderaan jauh berupa satelit Sentinel untuk analisis bencana tanah longsor, diantaranya adalah:

- a. Analisis Potensi Wilayah Tanah Longsor di Kawasan Lereng Gunung Wilis

Adanya peristiwa longsor di lereng gunung Wilis, untuk itu perlu dilakukan penelitian potensi tanah longsor dengan menggunakan data DEM TERRASAR-X. Peta potensi longsor lereng gunung Wilis merupakan hasil penelitian identifikasi wilayah longsor yang ditinjau dari segi fisik lokasi. Penelitian ini memerlukan empat data utama yaitu tutupan lahan, kelerengan tanah, jenis tanah, dan curah hujan. Keempat data tersebut diberikan skor pada tiap kelas data. Keempat data kemudian digabungkan (*overlay*) dengan bobot tiap data mulai dari tutupan lahan sebesar 20%, kelerengan tanah sebesar 30%, jenis geologi sebesar 30%, dan sisanya 20% untuk curah hujan bulanan. Wilayah lereng gunung Wilis sendiri dibagi kedalam

empat tingkat potensi longsor diantaranya rendah, menengah, tinggi, dan sangat tinggi (Fahlefi 2018).

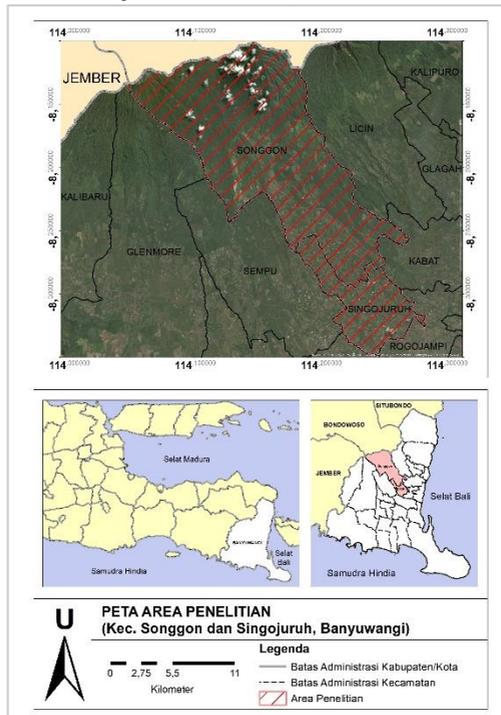
b. Kombinasi Citra Sentinel-1 dan Citra Sentinel-2 Untuk Klasifikasi Lahan

Teknologi penginderaan jauh telah terbukti sebagai aplikasi yang berguna dalam memantau dan memetakan lahan basah. Penggabungan data satelit optik dan satelit microwave dapat membantu memetakan dan memantau karakteristik biofisik lahan basah serta mampu meningkatkan akurasi klasifikasi lahan. Pada penelitian ini, Sentinel-2 dan Sentinel-1 dipadukan untuk memetakan lahan basah. Gambar Sentinel-1 dan Sentinel-2, keduanya telah diproses (terkoreksi) sebelumnya. Setelah pra-pemrosesan, indeks vegetasi dihitung dalam penggabungan set data. Untuk klasifikasi data, berbagai pendekatan klasifikasi digunakan dan dibandingkan. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan dalam klasifikasi lahan basah menggunakan data multispektral dan gelombang mikro. Hasil statistik dari data optik dan radar menunjukkan akurasi pemetaan basah yang tinggi, menunjukkan akurasi klasifikasi keseluruhan sekitar 90% dalam metode klasifikasi berbasis objek (Kaplan and Avdan 2018).

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Tugas Akhir

Lokasi penelitian untuk Tugas Akhir ini mengambil studi kasus di wilayah yang memiliki dampak terbesar ketika terjadinya bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi, yaitu di Kecamatan Songgon yang terletak antara $8^{\circ}5'53,19''$ - $8^{\circ}16'22,09''$ LS dan $114^{\circ}9'37,51''$ - $114^{\circ}15'3,14''$ BT serta Kecamatan Singojuruh yang terletak antara $8^{\circ}11'26,46''$ - $8^{\circ}21'31,01''$ LS dan $114^{\circ}9'5,4''$ - $114^{\circ}17'54,66''$ BT. Dua kecamatan yang menjadi lokasi penelitian tersebut memiliki total luas area sejumlah 25627,62 Ha.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

Adapun batas-batas administrasi area studi kasus ini adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kabupaten Bondowoso
Sebelah Timur : Kecamatan Licin dan Kabat
Sebelah Selatan : Kecamatan Rogojampi dan Srono
Sebelah Barat : Kecamatan Glenmore dan Sempu

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini merupakan data sekunder dengan rincian data sebagai berikut:

- a. Citra Satelit Sistem Radar, Sentinel-1A Mode *Interferometric Wide Swath Level GRD (Ground Range Detected)* Tahun 2018
- b. Citra Satelit Sistem Optis, Sentinel-2 *Multispectral Instrumen (MSI) Level 1C* Tahun 2017 dan 2018
- c. Data Spasial Batas Administrasi Kabupaten, Kecamatan, dan Kelurahan/Desa di Banyuwangi
- d. Data Curah Hujan Bulanan Kabupaten Banyuwangi Tahun 2018
- e. Data Spasial Kemiringan Lereng Kabupaten Banyuwangi Tahun 2011
- f. Data Spasial Jenis Tanah Kabupaten Banyuwangi Tahun 2011
- g. Data Spasial Geologi Kabupaten Banyuwangi Tahun 2011
- h. Data Spasial Penggunaan Lahan Kabupaten Banyuwangi Tahun 2011

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini menggunakan beberapa perangkat keras berupa:

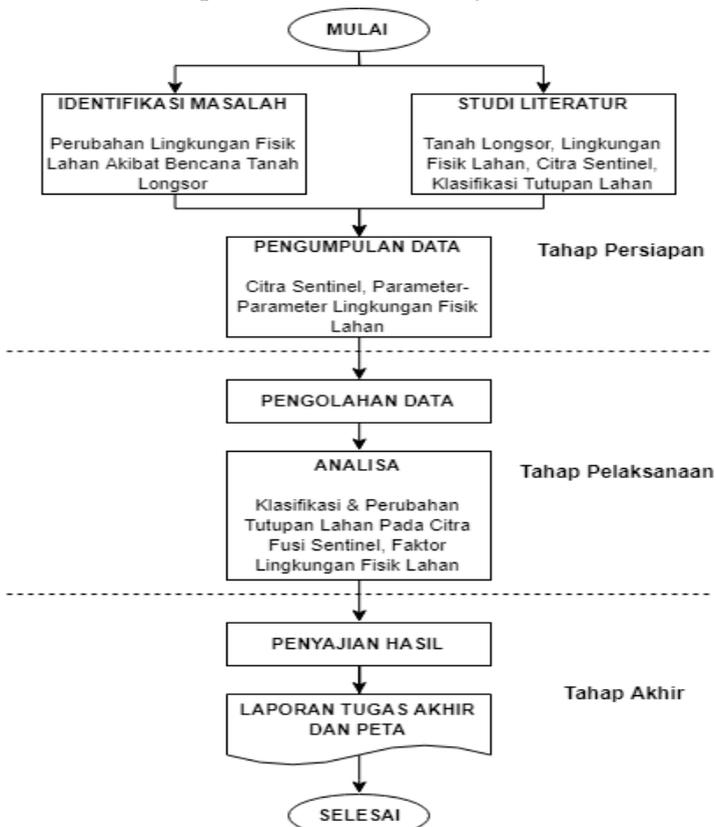
- a. *Personal Computer (PC)*
- b. *GPS Handheld*

Selain itu juga digunakan beberapa perangkat lunak (*software*) yang terdiri dari:

- a. *SNAP Toolbox*
- b. *ArcGIS*

3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan yang dilaksanakan pada penelitian Tugas Akhir ini diperlihatkan melalui diagram alir di bawah ini.



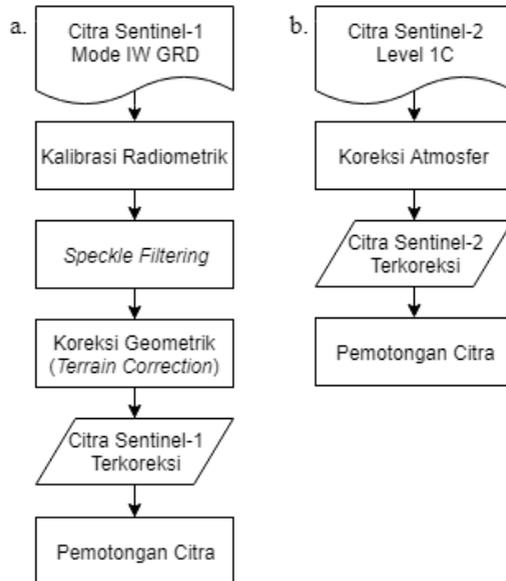
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan secara umum dari tahapan kegiatan penelitian pada diagram alir di atas:

1. Tahap Persiapan
 - a. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Adapun permasalahan dalam penelitian tugas akhir ini adalah melakukan analisis perubahan lingkungan fisik lahan akibat bencana tanah longsor pada citra hasil fusi Sentinel-1 dan Sentinel-2. Untuk itu diperlukan studi literatur yang akan menunjang langkah-langkah penelitian terkait permasalahan penelitian, yaitu mengenai Tanah Longsor, Lingkungan Fisik Lahan, Citra Sentinel, serta cara Klasifikasi Tutupan Lahan.
 - b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan *dataset* yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian. Data utama yang digunakan pada penelitian ini adalah Citra Sentinel-1 Mode IW GRD dan Citra Sentinel-2 Level 1C yang dapat diunduh secara gratis di *website* <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Selain itu juga diperlukan beberapa data spasial untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi lingkungan fisik lahan yaitu berupa Jenis Tanah, Kelerengan, Geologi, Penggunaan Lahan Kabupaten Banyuwangi yang didapatkan dari BAPPEDA Pemerintah Kabupaten Banyuwangi serta juga data Curah Hujan Bulanan Kabupaten Banyuwangi Tahun 2018 yang didapatkan dari BMKG Kabupaten Banyuwangi.
2. Tahap Pelaksanaan
 - a. Koreksi Citra Sentinel



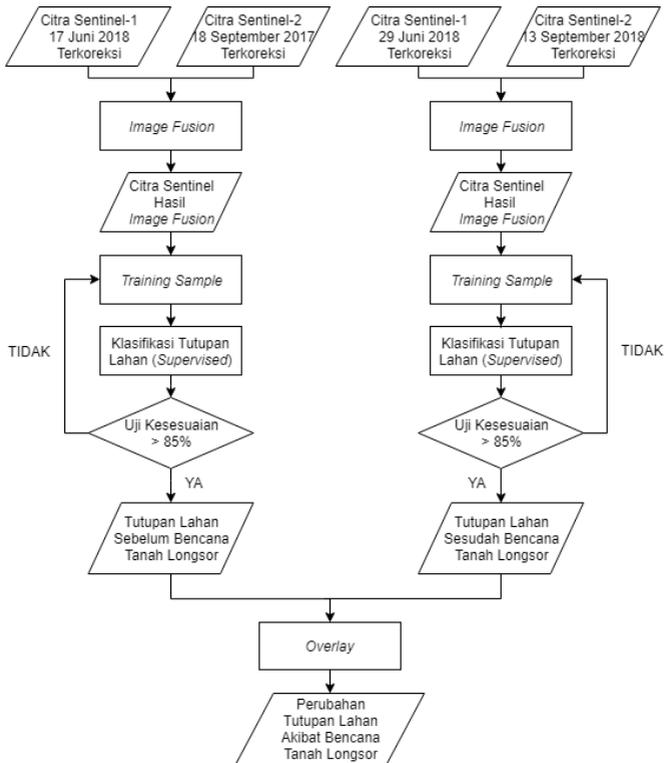
Gambar 3.3. Koreksi Citra: (a) Sentinel-1, (b) Sentinel-2

- Koreksi Citra Sentinel-1 Mode IW GRD
 Pada pengolahan citra sentinel-1, terdapat beberapa langkah pengolahan (ESA 2012):
 1. Kalibrasi Radiometrik: Dilakukan untuk mengkoreksi citra Sentinel-1 sehingga nilai piksel benar-benar merepresentasikan hamburan balik radar yang dipantulkan oleh objek.
 2. *Speckle Filter*: Dilakukan untuk mengurangi *speckle (noise)* yang menjadi salah satu masalah pada pengolahan citra radar yang menyebabkan kurangnya kualitas visual citra. *Speckle* (bintik-bintik) dalam citra radar sebagai akibat intensitas acak yang tajam dari area gelap terang.

3. Koreksi Geometrik (*Terrain Correction*): Upaya memperbaiki kesalahan-kesalahan dari citra radar seperti *layover*, *foreshortening* dan *shadow* sehingga representasi geometrik pada citra sesuai dengan koordinat lapangan sebenarnya.
 4. Pemotongan Citra: Citra Sentinel-1 terkoreksi disesuaikan dengan area penelitian, yang kemudian diolah dengan menggunakan *band* dual polarisasi (VV dan VH).
- Koreksi Citra Sentinel-2 Level 1C
Sedangkan untuk pengolahan citra Sentinel-2 dilakukan secara digital dengan beberapa tahapan yaitu (ESA 2015):
 1. Koreksi Atmosfer: Dilakukan untuk memperjelas penampakan obyek pada citra, sehingga memudahkan interpretasi. Koreksi atmosferik digunakan untuk menghilangkan kesalahan radiansi yang terekam pada citra sebagai akibat dari hamburan atmosfer.
 2. Pemotongan Citra: Citra Sentinel-2 terkoreksi akan diolah hanya meliputi daerah penelitian, sehingga perlu dilakukan pemotongan citra sesuai dengan area penelitian.

Citra Sentinel-2 yang digunakan adalah Level-1C, artinya telah terkoreksi geometrik dan radiometrik dalam bentuk nilai reflektan *Top of Atmosphere* (TOA). Citra Sentinel-2 Level-1C memiliki resolusi spasial yang tinggi yaitu 10 meter. Selain itu Sentinel-2 telah dirancang untuk mendukung *Global Monitoring for Environment and Security* (ESA 2012).

b. Klasifikasi Tutupan Lahan Pada Citra Fusi Sentinel-1 dan Sentinel-2



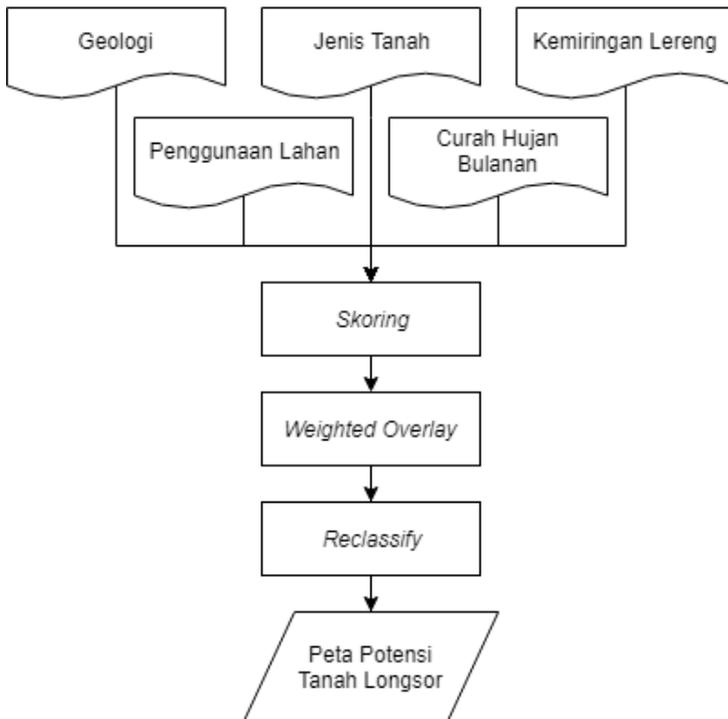
Gambar 3.4. Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Fusi Sentinel

- *Image Fusion* Citra Sentinel
Image fusion dilakukan sebagai upaya penggabungan dua citra Sentinel yang berbeda dari segi resolusi (terutama *spasial*, *spectral*, *temporal*) serta dari segi sistem (optic, SAR) untuk menghasilkan citra baru dengan mengintegrasikan kelebihan-kelebihan dari citra asal. Hasil proses fusi citra akan menampilkan visual yang terintegrasi dari citra

Sentinel-1 dan citra Sentinel-2 yang memperlihatkan segi kenampakan warna maupun pola dan tekstur.

- Pembuatan *Training Sample*
Sebelum melakukan klasifikasi *supervised*, perlu dibuat *training sample* untuk menjadi acuan parameter pengkelasan objek di citra berdasarkan nilai piksel guna melakukan klasifikasi citra.
- Klasifikasi Tutupan Lahan (*Supervised Classification*)
Melakukan klasifikasi *supervised* citra dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Klasifikasi didasarkan pada pembagian sampel yang telah dilakukan sebelumnya. Klasifikasi tutupan lahan pada citra fusi Sentinel dilakukan dengan cara mengelompokkan seluruh piksel pada suatu citra ke dalam sejumlah kelas. Pada penelitian ini, nilai sampel dikelompokkan pada lima kelas tutupan lahan yaitu:
 - a. Badan Air
 - b. Pemukiman
 - c. Hutan/Kebun (Vegetasi Lebat)
 - d. Semak Belukar (Vegetasi Sedang)
 - e. Sawah/Tegalan (Vegetasi Kurang)
- Uji Kesesuaian
Setelah itu dilakukan uji kesesuaian untuk mengetahui tingkat keakuratan secara visual hasil klasifikasi suatu area terhadap kondisi di lapangan sebenarnya. Uji kesesuaian dilakukan berdasarkan matriks konfusi dengan membandingkan kelas per kelas tutupan lahan, yaitu hubungan antara data *ground truth* dengan data hasil klasifikasi.

c. Pembuatan Peta Potensi Longsor



Gambar 3.5. Pembuatan Peta Potensi Tanah Longsor

- Pengharkatan (*Skoring*)
 Pemberian skor dan bobot pada masing-masing parameter fisik lahan sesuai dengan pengaruhnya terhadap kondisi lingkungan fisik lahan itu sendiri. Semakin tinggi skor pada suatu variabel di parameter tersebut, maka semakin tinggi pengaruhnya terhadap adanya tanah longsor.

Tabel 3.1. Pembagian Skor dan Bobot Parameter Fisik Lahan

Parameter	Kelas	Skor	Bobot
Curah Hujan	101 - 150 mm/bulan	1	30
	151 - 200 mm/bulan	2	
	201 - 300 mm/bulan	3	
Geologi	Batuan Alluvial	1	20
	Batuan Sedimen	2	
	Batuan Vulkanik	3	
Kemiringan Lereng	0 – 8 %	1	20
	8 – 15 %	2	
	15 – 25 %	3	
	25 – 45 %	4	
	> 45 %	5	
Penggunaan Lahan	Badan Air	1	20
	Pemukiman	2	
	Hutan dan Perkebunan	3	
	Semak Belukar	4	
	Tegalan, Sawah	5	
Jenis Tanah	Aluvial, Glei	1	10
	Latosol	2	
	Brown forest, Mediteran	3	
	Andosol, Grumosol, Podsol	4	
	Regosol, Litosol, Organosol	5	

- d. *Weighted Overlay* Peta
 Pembobotan (*weighted*) dilakukan untuk membedakan tingkat pengaruh dari masing-masing parameter terhadap adanya tanah longsor. Salah satu cara yang dapat digunakan

untuk menentukan perubahan lahan berdasarkan kondisi fisik yaitu menggunakan metode *weighted overlay*. Cara kerja metode ini adalah dengan mengoverlaykan beberapa peta yang menjadi parameter kondisi fisik lahan yang telah diberik skor dan bobot masing – masing berdasarkan kepentingannya. Pemberian nilai bobot pada masing-masing parameter mengacu pada Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (PUSLITTANAK) yang dapat dilihat di Tabel 3.1.

e. *Reclassify*

Hasil *overlay* seluruh parameter lingkungan fisik lahan diklasifikasi menjadi beberapa kelas terkait seberapa besar potensi terjadinya tanah longsor. Klasifikasi potensi longsor dibuat menjadi 3 tingkatan yaitu rendah, sedang dan tinggi sesuai panduan dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Klasifikasi kelas potensi ini didasarkan pada nilai terendah dan tertinggi dari total skor dikalikan dengan bobot tiap parameter fisik lahan yang digunakan kemudian dibagi secara merata berdasarkan 3 kelas yang telah ditentukan.

3. Tahap Akhir

a. Penyajian Hasil

Hasil akhir dari penelitian ini adalah perubahan luas tutupan lahan akibat bencana tanah longsor yang terjadi di Kabupaten Bayuwangi pada bulan Juni 2018. Pada penelitian ini juga akan menampilkan luasan dan sebaran tiap jenis tutupan lahan yang ada di wilayah studi kasus penelitian dalam bentuk peta

tutupan lahan sebelum dan sesudah bencana tanah longsor, serta juga akan menjelaskan faktor-faktor fisik lahan yang mempengaruhi terjadinya bencana tanah longsor tersebut. Hasil akhir tersebut akan dijelaskan dalam bentuk laporan Tugas Akhir sesuai dengan sistematika dan aturan yang sudah ditetapkan.

b. Analisa Hasil

Pada tahap analisa dilakukan perbandingan kondisi lingkungan fisik lahan di wilayah terdampak bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi. Analisa perubahan tutupan lahan dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan pada citra fusi Sentinel yang meliputi luasan, sebaran, dan jenis tutupan lahan. Selain itu juga dilakukan analisa mengenai kondisi lingkungan fisik lahan di lokasi terjadinya tanah longsor serta kesesuaiannya dengan Peta Potensi Longsor di area penelitian.

BAB IV

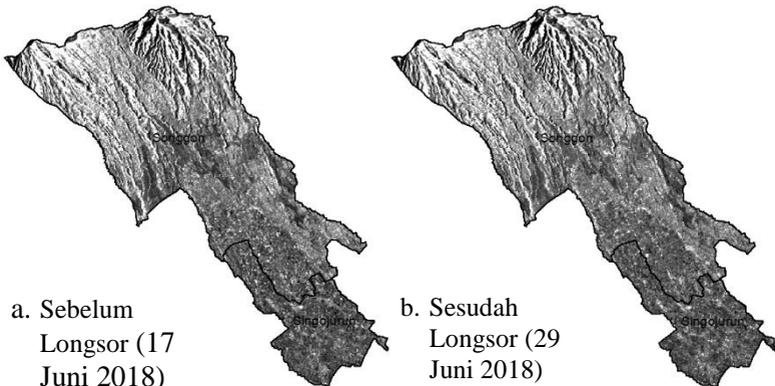
HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil

4.1.1 Pengolahan Citra Sentinel

4.1.1.1 Citra Sentinel-1 Terkoreksi

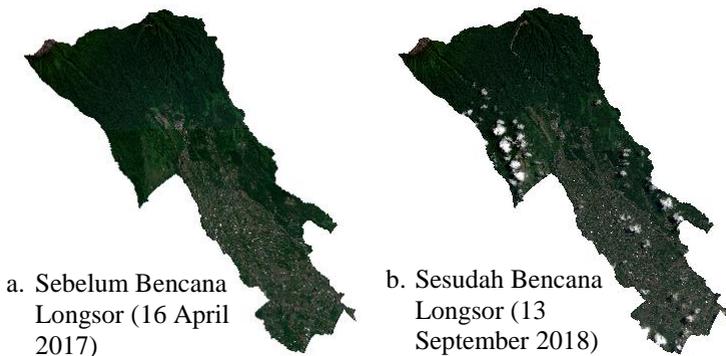
Citra Sentinel-1 merupakan citra dengan sistem perekaman radar. Koreksi citra Sentinel-1 yang dilakukan menghasilkan visual citra yang bersih dari *speckle/noise* citra dan telah ter-*georeference* terhadap sistem koordinat dunia WGS 1984. Keunggulan citra Sentinel-1 bisa menampilkan kenampakan relief/topografi permukaan bumi secara jelas dengan resolusi spasial citra sebesar 10 meter, dimana hal ini tentunya sangat memudahkan dalam proses interpretasi objek tutupan lahan yang ada di citra tersebut.



Gambar 4.1. Hasil Koreksi Citra Sentinel-1

4.1.1.2 Citra Sentinel-2 Terkoreksi

Citra Sentinel-2 merupakan jenis citra multispektral dengan sistem perekaman optis. Proses koreksi citra Sentinel-2 bertujuan untuk menghilangkan efek atmosfer dan menghasilkan citra dengan resolusi spasial sebesar 10 meter, yang terdiri dari 4 *band* yaitu *band 2 (blue)*, *band 3 (green)*, *band 4 (red)*, dan *band 8 (NIR)*. Keempat *band* citra tersebut digunakan untuk menentukan komposisi warna (RGB) sehingga bisa menampilkan visual citra warna natural guna mendapatkan informasi objek yang ada di citra tersebut.

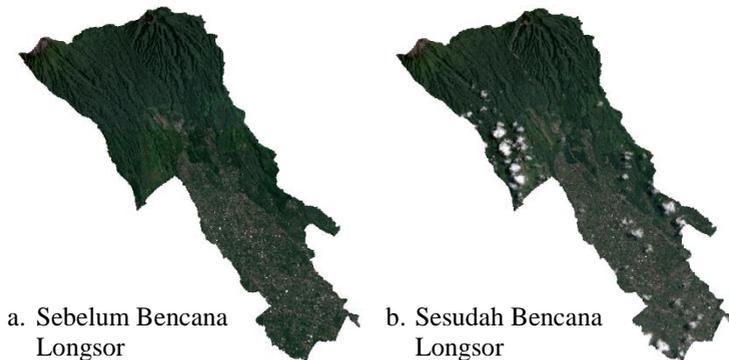


Gambar 4.2. Hasil Koreksi Citra Sentinel-2

4.1.1.3 Citra Fusi Sentinel

Citra fusi Sentinel merupakan citra hasil gabungan antara citra Sentinel-1 dan Sentinel-2 yang berbeda sistem perekaman. Pada citra fusi Sentinel menunjukkan pewarnaan objek yang sama seperti pada citra Sentinel-2, namun relief topografi pada area seperti pegunungan di citra fusi ini bisa

terlihat jelas sehingga membantu memudahkan proses interpretasi objek. Kenampakan relief tersebut dihasilkan dari citra Sentinel-1 yang memang mengandung unsur kenampakan relief permukaan bumi.



Gambar 4.3. Hasil Fusi Citra Sentinel

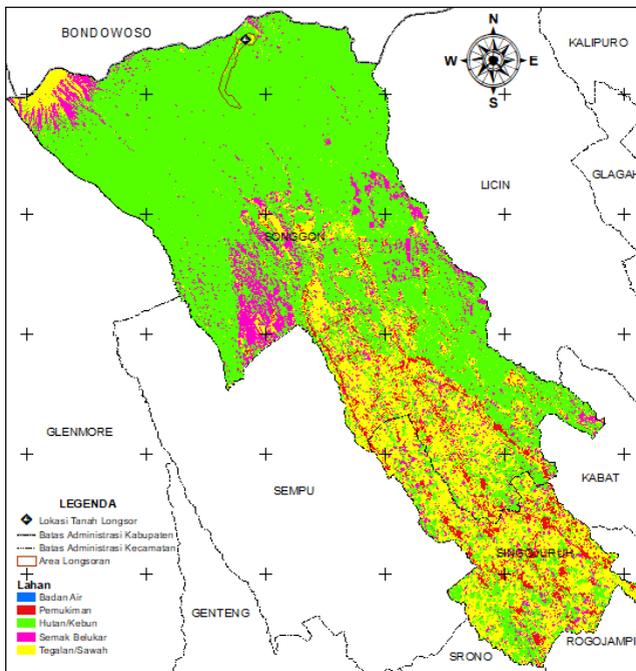
4.1.2 Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan pada citra fusi Sentinel dengan menggunakan metode *maximum likelihood supervised classification*. Interpretasi objek dilakukan berdasarkan warna piksel pada citra. Tutupan lahan diklasifikasikan menjadi lima kelas sesuai tingkat kepekaannya terhadap terjadinya tanah longsor. Lima kelas tersebut adalah badan air, pemukiman, hutan/kebun, semak belukar, dan sawah/tegalan.

4.1.2.1 Tutupan Lahan Sebelum Bencana tanah longsor

Hasil klasifikasi tutupan lahan dari citra fusi Sentinel sebelum tanah longsor menunjukkan bahwa di area penelitian didominasi oleh hutan dan kebun, yang menunjukkan vegetasi lebat, berada di bagian

utara area penelitian. Tutupan lahan sebelum tanah longsor pada Gambar 4.4 didapatkan berdasarkan citra Sentinel yang diakuisisi pada bulan April 2017. Pada gambar tersebut, di titik lokasi kejadian tanah longsor Kabupaten Banyuwangi yang terjadi pada tanggal 22 Juni 2018 belum menunjukkan adanya tegalan yang merupakan bekas material longsor, namun masih merupakan lahan hutan.



Gambar 4.4. Tutupan Lahan Sebelum Bencana Tanah Longsor

Pada Tabel 4.1 di bawah ini dapat dilihat luas masing-masing tutupan lahan hasil klasifikasi sebelum terjadi bencana tanah longsor.

Tabel 4.1. Luas Lahan Sebelum Bencana Tanah Longsor

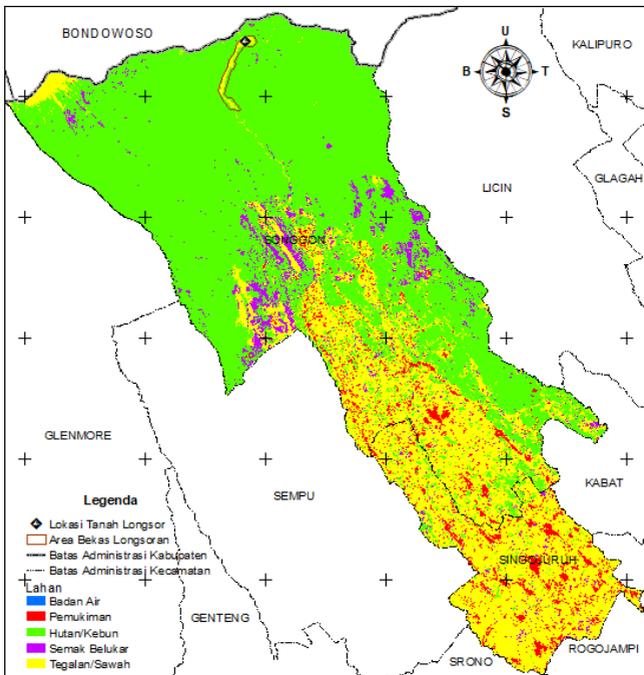
Luas Tutupan Lahan Sebelum Bencana Tanah Longsor (Ha)						
Kecamatan	Badan Air	Pemukiman	Hutan/ Kebun	Semak Belukar	Tegalan/ Sawah	Total
Singojuruh	0,01	433,76	1171,34	417,18	2384,82	4407,11
Songgon	0,33	526,02	15490,34	1985,87	3217,96	21220,51
Total	0,34	959,78	16661,68	2403,05	5602,78	25627,62

Akurasi keseluruhan dan koefisien kappa dari hasil klasifikasi tutupan lahan pada citra fusi sentinel sebelum bencana tanah longsor tersebut yaitu sebesar 88,61% untuk akurasi *overall* dan 85,08% untuk koefisien kappa. Nilai akurasi *overall* dan koefisien kappa dihitung berdasarkan sampel hasil validasi lapangan (*ground truth*) yang kemudian dibuat matriks konfusi pada hasil klasifikasi. Kedua nilai tersebut telah memberikan ketelitian klasifikasi yang cukup tinggi dan memenuhi syarat yang ditetapkan oleh *United States Geological Survey* (USGS) dalam hal interpretasi pada data penginderaan jauh yaitu sebesar 85%.

4.1.2.2 Tutupan Lahan Sesudah Bencana tanah longsor

Hasil klasifikasi tutupan lahan dari citra fusi Sentinel sesudah longsor menunjukkan dengan jelas lokasi terjadinya tanah longsor, yaitu di bagian utara area penelitian, tepatnya di sisi Gunung Pendil, pegunungan Ijen. Tutupan lahan yang sebelumnya adalah hutan mengalami perubahan menjadi tegalan akibat adanya tanah longsor tersebut.

Pada hasil klasifikasi tersebut terdapat banyak objek awan dikarenakan pada citra Sentinel-2 yang digunakan memiliki *noise* berupa tutupan awan yang cukup banyak sehingga mengurangi informasi tutupan lahan yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan *ground truth* untuk mengidentifikasi tutupan lahan sebenarnya di lapangan. Dari data hasil validasi lapangan tersebut, objek awan pada hasil klasifikasi diubah dengan tutupan lahan sebenarnya.



Gambar 4.5. Tutupan Lahan Sesudah Bencana Tanah Longsor

Pada Gambar 4.5 menunjukkan adanya lahan tegalan yang sangat luas di bagian utara area penelitian, tepatnya di kawasan

Pegunungan Ijen, Kecamatan Songgon. Lahan tegalan tersebut merupakan bekas material longsor yang juga merupakan lokasi terjadinya tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 22 Juni 2018. Tabel 4.2 di bawah ini menunjukkan luas masing-masing tutupan lahan hasil klasifikasi sesudah terjadi bencana tanah longsor, tepatnya pada bulan September 2018.

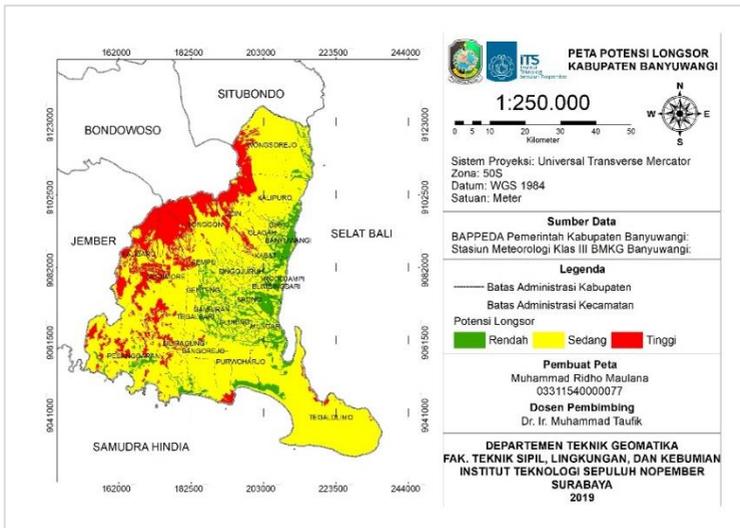
Tabel 4.2. Luas Lahan Sesudah Bencana Tanah Longsor

Luas Tutupan Lahan Sebelum Bencana Tanah Longsor (Ha)						
Kecamatan	Badan Air	Pemukiman	Hutan/ Kebun	Semak Belukar	Tegalan/ Sawah	Total
Singojuruh	0	579,72	184,83	100,79	3541,77	4407,11
Songgon	4,86	545,50	15565,04	948,64	4156,48	21220,51
Total	4,86	1125,22	15749,87	1049,42	7698,24	25627,62

Nilai akurasi *overall* dari hasil klasifikasi citra fusi Sentinel sesudah bencana tanah longsor tanpa adanya objek awan adalah sebesar 94,94%, sedangkan untuk nilai koefisien kappa yaitu sebesar 94,43%. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki ketelitian interpretasi objek yang tinggi karena telah memenuhi syarat yang ditetapkan USGS yaitu sebesar 85%. Nilai akurasi pada hasil klasifikasi tutupan lahan sesudah terjadinya bencana tanah longsor lebih besar dari sebelum bencana, hal ini dikarenakan rentang waktu dari pengambilan sampel lapangan (*ground truth*) dengan waktu akuisisi citra yang digunakan tidak terlalu jauh sehingga objek yang ada di lapangan masih belum banyak berubah.

4.1.3 Peta Potensi Longsor Kabupaten Banyuwangi

Pada penelitian ini dalam menentukan tingkat potensi longsor di suatu kawasan menggunakan 5 parameter fisik lahan yang meliputi: curah hujan, jenis tanah, geologi, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Masing-masing parameter tersebut dilakukan *skoring* dan pembobotan yang kemudian semuanya di-*overlay* dengan menggunakan *software* ArcGIS. Tingkat potensi longsor dibagi menjadi 3 kelas yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, sesuai pedoman yang diberikan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Gambar di bawah ini memperlihatkan peta potensi longsor Kabupaten Banyuwangi.



Gambar 4.6. Peta Potensi Longsor Kabupaten Banyuwangi

Dari peta potensi longsor tersebut dapat diketahui bahwa kebanyakan wilayah Kabupaten Banyuwangi memiliki potensi longsor tingkat sedang. Namun untuk di wilayah pegunungan dan perbukitan

seperti sekitar Gunung Ijen dan Gunung Raung yang berada di bagian barat merupakan wilayah yang potensi longornya tinggi. Dimana di wilayah tersebut memiliki ketinggian lebih dari 500 meter dan pada beberapa area memiliki kemiringan lereng lebih dari 45%. Sedangkan untuk area potensi longsor rendah kebanyakan berada di daerah perkotaan yang padat pemukiman, yaitu di bagian timur Kabupaten Banyuwangi.

4.2 Analisa

4.2.1 Perubahan Tutupan Lahan Sebelum dan Sesudah Bencana Tanah Longsor

Tutupan lahan hasil klasifikasi citra fusi Sentinel, kemudian dianalisis untuk mengetahui besar perubahan tutupan lahan di wilayah terdampak bencana tanah longsor Kabupaten Banyuwangi. Perubahan tutupan lahan diidentifikasi antara sebelum hingga sesudah terjadinya bencana tanah longsor.

Tabel 4.3. Matriks Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan Tutupan Lahan		TUTUPAN LAHAN SESUDAH LONGSOR (Ha)					
		Badan Air	Pemukiman	Hutan / Kebun	Semak Belukar	Tegalan / Sawah	TOTAL
TUTUPAN LAHAN SEBELUM LONGSOR (Ha)	Badan Air	0,30	0,00	0,00	0,00	0,04	0,34
	Pemukiman	0,00	446,50	42,95	12,70	457,63	959,78
	Hutan / Kebun	3,45	123,94	14184,57	237,85	2112,41	16661,68
	Semak Belukar	0,36	64,89	796,25	595,65	945,92	2403,05
	Tegalan / Sawah	0,76	490,43	726,11	203,23	4182,25	5602,78
	TOTAL	4,86	1125,22	15749,87	1049,42	7698,24	25627,62

Berdasarkan Tabel 4.3. perubahan tutupan lahan terbesar akibat terjadinya bencana tanah longsor adalah lahan sawah/tegalan yang bertambah dari sebesar 5602,78 Ha saat sebelum bencana menjadi 7698,24 Ha sesudah bencana. Lahan sawah/tegalan tersebut paling banyak mengalami perubahan sebesar 2112,41 Ha dari lahan hutan/kebun. Sedangkan lahan yang mengalami perubahan terkecil adalah lahan badan air yang meningkat sebesar 4,52 Ha. Peningkatan juga terjadi pada lahan pemukiman sebesar 165,44 Ha, namun untuk lahan hutan/kebun mengalami penurunan sebesar 911,80 Ha dan semak belukar sebesar 1353,63 Ha. Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan lahan tegalan yaitu dikarenakan oleh bencana tanah longsor yang terjadi, dimana material longsor yang membawa tanah menyebabkan adanya lahan tegalan baru di beberapa tempat.

Setiap tutupan lahan mengalami perubahan, baik peningkatan maupun penurunan. Peningkatan ini bisa terjadi karena jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga berpengaruh pada peningkatan pemukiman, sawah dan tegalan. Area tersebut banyak digunakan untuk pembangunan dan pembentukkan lahan yang lebih berguna dan tahan lama sehingga bisa dimanfaatkan oleh masyarakat. Selain faktor pertambahan penduduk, perubahan tutupan lahan juga bisa disebabkan oleh faktor alam, salah satunya adalah bencana alam.

Kegiatan tanah longsor yang terjadi di Desa Sumberarum, Kecamatan Songgon, Banyuwangi membuat tutupan lahan berupa hutan berubah menjadi tegalan yang cukup luas, terutama di wilayah pegunungan sekitar lokasi terjadinya tanah longsor. Berdasarkan Laporan Bencana PVMBG, longsor

yang terjadi di kawasan Pegunungan Ijen itu mencapai ketinggian 390 meter dengan lebar 40-50 meter. Namun berdasarkan identifikasi melalui citra satelit Sentinel yang digunakan pada penelitian ini, lahan tegalan yang merupakan bekas material longsor memiliki luas yang lebih besar yaitu mencapai sekitar 600.000 m² dengan bentuk memanjang ke bawah. Material tanah akibat longsor tersebut juga mengakibatkan beberapa kerusakan pada area pemukiman dan lahan pertanian.

4.2.2 Pengaruh Faktor Lingkungan Fisik Lahan Terhadap Peristiwa Tanah Longsor

Lingkungan fisik lahan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap proses terjadinya tanah longsor. Dimana seluruh komponen/faktor fisik lahan yang ada di suatu lingkungan saling terkait satu sama lainnya. Pada penelitian ini faktor lingkungan fisik lahan yang dianalisis ketika terjadinya tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi yaitu meliputi curah hujan, kemiringan lereng, geologi, jenis tanah, dan tutupan lahan.

1. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor. Curah hujan yang tinggi akan menentukan terjadi atau tidaknya longsor pada daerah terjal. Sebelum kejadian tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 22 Juni 2018 terjadi hujan lebat yang terjadi di hari sebelumnya. Data hujan yang dikeluarkan oleh BMKG di sekitar lokasi bencana menunjukkan bahwa terjadi hujan berturut-turut di tiga hari sebelum tanggal kejadian, masing-masing dengan curah hujan sebesar 42, 19, dan 36 mm per hari. Hujan

tersebut terbilang merupakan kejadian anomali karena jumlahnya yang kecil, namun mengakibatkan air hujan tersebut tertampung dalam jumlah besar sehingga membuat tanah dalam keadaan jenuh air.

2. Kemiringan Lereng

Tanah longsor umumnya dapat terjadi pada wilayah berlereng, makin tinggi kemiringan lahannya akan semakin besar potensi longornya. Lokasi terjadinya tanah longsor sendiri berada di daerah pegunungan tepatnya di lereng Gunung Raung, Kabupaten Banyuwangi di ketinggian sekitar 1.500 mdpl. Pada daerah tersebut tingkat kemiringan lereng yaitu lebih dari 45% atau sekitar 25° . Kondisi lereng tersebut dapat dikategorikan merupakan lereng yang sangat curam sehingga pada saat peristiwa longsor membuat massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah dengan begitu cepat.



Gambar 4.7. Kemiringan Lereng Lokasi Longsor (Badan Geologi PVMBG 2018)

3. Geologi

Berdasarkan peta geologi Kabupaten Banyuwangi, jenis batuan di lokasi terjadinya tanah longsor merupakan batuan vulkanik. Hujan deras yang mengguyur lereng Gunung Raung membuat endapan material vulkanik di daerah tersebut mengalami longsor. Akibatnya pohon-pohon disekitarnya juga terseret aliran banjir. Endapan vulkanik merupakan batuan yang mudah lapuk sehingga ketika terjadi hujan dalam jangka waktu yang lama, air akan meresap ke dalam batuan dan menyebabkan massa batuan bertambah berat sehingga terjadi tanah longsor. Selain itu akibat aliran air hujan menyebabkan kekuatan geser batuan menurun tajam karena batuan vulkanik mudah hancur dan mengembang.

4. Jenis Tanah

Tekstur dan struktur dari jenis tanah menentukan besar kecilnya air limpasan permukaan dan tingkat kejenuhan tanah yang berpengaruh terhadap terjadinya longsor. Jenis tanah yang berada di sekitar lokasi terjadinya longsor merupakan jenis tanah andosol, grumosol, dan podsol. Ketiga jenis tanah tersebut merupakan jenis tanah vulkanik yang terbentuk karena adanya proses vulkanisme pada gunung berapi. Jenis tanah tersebut juga memiliki sifat kedap air sehingga jika air masuk ke dalam tanah akan tertahan dan pada kemiringan tertentu akan berpotensi menggelincir menjadi longsor. Selain itu juga ditambah akibat adanya hujan lebat yang terjadi sebelum kejadian, membuat tanah dalam keadaan jenuh air sehingga massa tanah akan

menjadi lebih berat dan meningkatkan infiltrasi tanah.

5. Tutupan Lahan

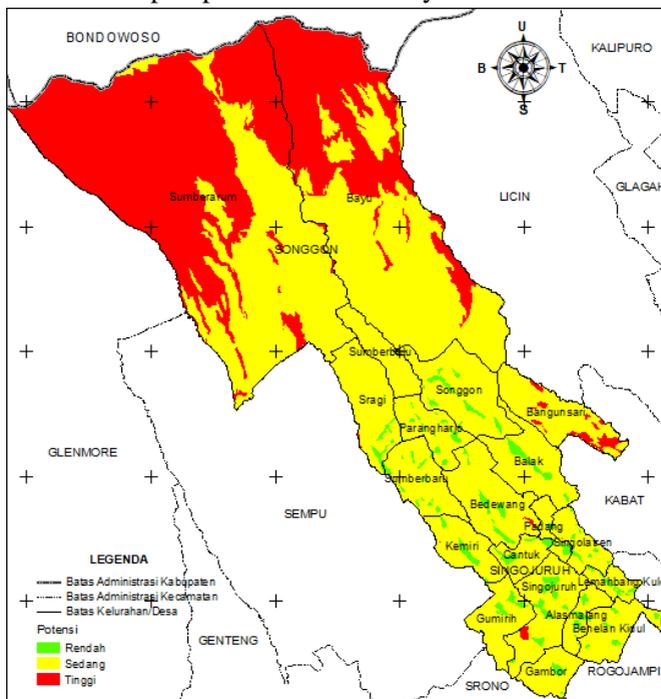
Tutupan lahan berupa vegetasi merupakan faktor penting dalam menjaga kemantapan lereng, karena dengan tidak adanya tumbuhan atau pepohonan maka daerah pegunungan akan sangat rentan terhadap proses longsor. Berdasarkan pada pengamatan melalui data penginderaan jauh yaitu citra satelit Sentinel, di area terjadinya longsor sebelumnya sudah pernah terjadi longsor yang mengakibatkan terbentuknya bendungan alami dari material longsor. Namun longsor yang terjadi pada tanggal 22 Juni 2018 mengakibatkan timbulnya tegalan baru yang membawa material longsor dengan luas hingga mencapai sekitar 600.000 m².



Gambar 4.8. Tutupan Lahan Lokasi Longsor

4.2.3 Kesesuaian Kawasan Terdampak Bencana Terhadap Peta Potensi Longsor

Kecamatan Songgon dan Kecamatan Singojuruh merupakan kawasan yang memiliki dampak terbesar ketika terjadi bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 22 Juni 2018. Untuk mengantisipasi dan mengurangi dampak dari bencana tanah longsor, maka perlu dibuat peta potensi longsor sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat maupun pemerintah di wilayah tersebut.



Gambar 4.9. Peta Potensi Longsor Area Penelitian

Kecamatan Songgon merupakan wilayah yang banyak memiliki tingkat potensi longsor tinggi. Hal ini dikarenakan daerah ini merupakan area dataran tinggi yang memiliki tingkat kemiringan lereng yang

sangat curam. Sedangkan di Kecamatan Singojuruh didominasi oleh tingkat potensi longsor sedang. Dari keseluruhan area penelitian hanya di beberapa tempat saja yang memiliki potensi longsor rendah. Prosentase potensi longsor terbesar adalah potensi tingkat sedang sebesar 63,10%, kemudian potensi tinggi 34,42%, dan potensi rendah 2,48%. Lokasi terjadinya tanah longsor sendiri berada di wilayah yang memang memiliki potensi longsor tinggi yaitu di Desa Sumberarum, Kecamatan Songgon. Berikut adalah tingkat potensi longsor tiap desa/kelurahan di Kecamatan Songgon dan Singojuruh.

Tabel 4.4. Tingkat Potensi Longsor Area Penelitian

Kecamatan	Desa/Kelurahan	Potensi Longsor
SINGOJURUH	Cantuk	Rendah - Sedang
	Kemiri	Rendah - Tinggi
	Benelan kidul	Rendah - Sedang
	Gambor	Rendah - Sedang
	Gumirih	Rendah - Tinggi
	Singolatre	Rendah - Sedang
	Padang	Rendah - Tinggi
	Singojuruh	Rendah - Tinggi
	Alasmalang	Rendah - Sedang
	Lemahbang kulon	Rendah - Sedang
	Sumberbaru	Rendah - Sedang
SONGGON	Songgon	Rendah - Sedang
	Sragi	Rendah - Tinggi
	Parangharjo	Rendah - Sedang
	Sumberbulu	Sedang
	Bedewang	Rendah - Tinggi
	Bangunsari	Sedang - Tinggi
	Balak	Rendah - Sedang
	Sumberarum	Sedang - Tinggi
Bayu	Sedang - Tinggi	

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian terkait kejadian bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi adalah:

1. Perubahan tutupan lahan terbesar yang terjadi antara sebelum dan sesudah bencana tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi adalah lahan sawah/tegalan. Tutupan lahan tersebut bertambah sebesar 2095,47 Ha (8,18 %). Tutupan lahan lain yang mengalami peningkatan adalah lahan badan air (0,02 %) dan pemukiman (0,65 %), sedangkan lahan hutan/kebun dan semak belukar mengalami penurunan luas. Dimana lahan hutan/kebun berkurang 3,56 % dan lahan semak belukar berkurang 5,28 %. Setiap perubahan tutupan lahan baik peningkatan maupun penurunan bisa terjadi karena faktor penduduk maupun faktor alam seperti bencana.
2. Setelah kejadian bencana tanah longsor, tutupan lahan di area penelitian masih didominasi oleh lahan hutan/kebun sebesar 61,46 %, terutama di Kecamatan Songgon bagian utara yang merupakan kawasan Pegunungan Ijen. Untuk lahan sawah/tegalan memiliki prosentase sebesar 30,04 % yang tersebar baik di Kecamatan Songgon maupun Singojuruh. Dari hasil klasifikasi, kawasan pemukiman banyak terlihat di sekitar jalan besar dan pusat keramaian dengan prosentase sebesar 4,39 %. Kemudian semak belukar memiliki prosentase sebesar 4,09 %, tutupan lahan tersebut banyak ditemukan di dekat kawasan pegunungan. Semak belukar biasanya terbentuk dari bekas lahan hutan/kebun. Tutupan lahan paling kecil dari keseluruhan area penelitian adalah badan air yaitu sebesar 0,02 %. Badan air tersebut berasal dari danau dan sungai besar yang memiliki lebar lebih dari 10 meter.

3. Faktor lingkungan fisik lahan memiliki pengaruh yang besar terhadap terjadinya tanah longsor di Kabupaten Banyuwangi. Tutupan lahan di sekitar lokasi kejadian merupakan kawasan hutan, namun pada area tersebut sebelumnya sudah terdapat bekas longsor yang mengakibatkan adanya bendungan alami dari material longsor. Faktor utama yang menjadi penyebab terjadinya longsor di Kabupaten Banyuwangi pada tanggal 22 Juni 2018 sendiri adalah adanya hujan yang terjadi tiga hari berturut-turut sebelum kejadian yaitu sebesar 42, 19, dan 36 mm tiap harinya. Hal tersebut membuat air meresap ke dalam batuan dan tanah yang berada di sekitar lokasi longsor sehingga membuat tanah dalam keadaan jenuh air dan massanya bertambah. Kemiringan lereng lebih dari 45% yang sangat curam di lokasi kejadian membuat massa tanah bergerak meluncur dengan cepat ke bawah hingga menimbulkan adanya tegalan yang cukup luas.
4. Pembuatan peta potensi longsor di area penelitian dilakukan dengan menggunakan parameter fisik lahan berupa curah hujan, kemiringan lereng, geologi, jenis tanah, dan tutupan lahan. Kelima parameter tersebut diberi skor tiap kelasnya dan bobot sesuai besar pengaruhnya terhadap longsor. Tiap skor kelas dikalikan dengan bobotnya yang kemudian dari hasil nilai tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan potensi longsor menjadi tiga kelas yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Berdasarkan peta potensi longsor, pada area penelitian potensi tinggi berada di kawasan pegunungan di Kecamatan Songgon. Namun secara keseluruhan, potensi longsor yang paling mendominasi adalah potensi sedang dengan prosentase sebesar 63,10 % yang paling banyak berada di Kecamatan Singojuruh yang topografinya lebih terlihat datar. Kemudian untuk potensi tinggi sebesar 34,42%, dan potensi rendah 2,48%.

5.2 Saran

Berdasarkan kegiatan penelitian secara keseluruhan, adapun beberapa saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Penggunaan citra Sentinel sebaiknya menggunakan data perekaman terbaru yang dekat dengan waktu terjadinya bencana. Selain itu untuk citra Sentinel-2 sebaiknya menggunakan beberapa data perekaman untuk meminimalisir area yang tertutup awan sehingga membuat proses interpretasi dan klasifikasi tutupan lahan menjadi lebih mudah.
2. Parameter longsor yang digunakan untuk membuat peta potensi longsor perlu mengikuti panduan pada aturan yang telah dibuat oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Begitu pula dengan ketentuan peta potensi longsor yang akan dihasilkan.
3. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan membuat peta risiko bencana tanah longsor dengan menambahkan beberapa parameter lain seperti faktor penduduk.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi PVMBG. 2018a. “Laporan Kebencanaan Geologi 24 Juni 2018.” 2018. <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/kegiatan-pvmbg/berita-harian-kebencanaan-geologi/2278-laporan-kebencanaan-geologi-24-juni-2018>.
- Badan Geologi PVMBG. 2018b. “Wilayah Potensi Gerakan Tanah Di Provinsi Jawa Timur Bulan September 2018.”
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2017. *Buku Saku Tanggap Tangkas Tangguh Menghadapi Bencana*. Oleh: Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Edisi Tahun 2017. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Baja, S. 2012. *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah – Pendekatan Spasial & Aplikasinya*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Canada Centre for Remote Sensing. 2008. *Fundamentals of Remote Sensing*. Canada: Natural Resources Canada.
- Chrisman, Nicholas R. 1999. “What Does GIS Mean?” *Transactions in GIS* 3 (2): 175–86.
- Crosetto, Michele, Manuel Castillo, dan Roman Arbiol. 2003. “Urban Subsidence Monitoring Using Radar Interferometry: Algorithms and Validation.” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69 (7): 775–83.
- ESA. 2012. *Sentinel-1 ESA’s Radar Observatory Mission for GMES Operational Services*. Oleh: K Fletcher. Noordwijk: ESA Communications.
- ESA. 2015. “SENTINEL-2 User Handbook.” *ESA Standard Document* 2 (1): 1–64.
- Fahlefi, Rizha. 2018. “Analisis Potensi Wilayah Tanah Longsor Di Kawasan Gunung Wilis Dengan Menggunakan Data DEM TerraSAR-X.” Surabaya: Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Huisman, Otto, dan Rolf A De By. 2004. *Principles of Geographic Information Systems*. Oleh: Otto Huisman dan Rolf A De By.

- Edisi ke-4. Enschede: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).
- Kaplan, Gordana, dan Ugur Avdan. 2018. "Sentinel-1 and Sentinel-2 Data Fusion For Wetlands Mapping: Balikdami Turkey." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII* (3): 729–734.
- Karnawati, D. 2003. *Manajemen Bencana Gerakan Tanah*. Diklat Kuliah. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada.
- Lasera, Maliki, Yutdam Mudin, dan M H Rusydi. 2016. "Penentuan Lokasi Berpotensi Longsor Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Di Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi." *Jurnal Ilmu Pengetahuan Alam* 5 (3): 258–67.
- Lillesand, Thomas M, Ralph W Kiefer, dan Jonathan W Chipman. 1990. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Oleh: Ryan Flahive. Edisi ke-5. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lusch, David P. 1999. *Introduction To Microwave Remote Sensing*. Center For Remote Sensing and Geographic Information Science Michigan State University. Michigan: BRSI.
- Noor, D.2009. *Pengantar Geologi*. Bogor: CV Graha Ilmu.
- Pemerintah Kabupaten Banyuwangi. 2016. "Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Banyuwangi Tahun 2016 - 2021." Banyuwangi: Pemerintah Kabupaten Banyuwangi.
- PUSLITTANAK. 2004. "Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi". Bogor: Puslittanak.
- PVMBG. (2005). Pengenalan Gerakan Tanah. ESDM. Diakses dari https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Gerakan_Tanah.pdf
- Ramoino, Fabrizio. 2015. *SNAP & Sentinel-2 Practical Lesson*.

Bucharest: ESA.

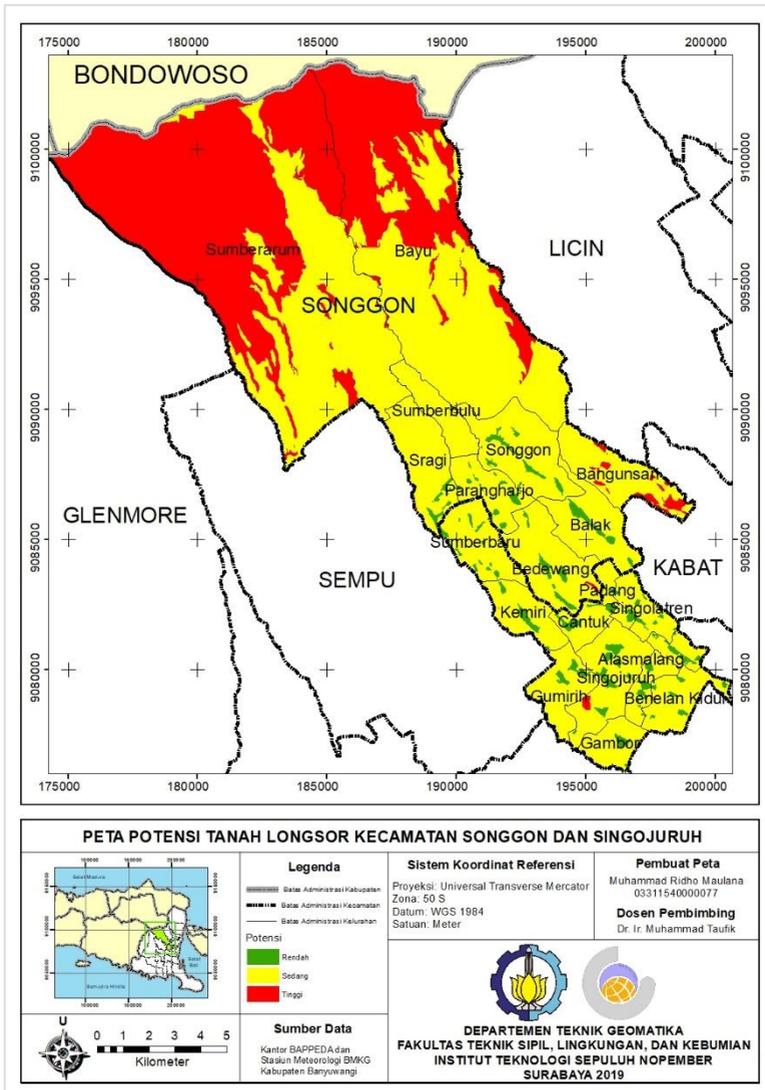
- Santius, S Hidayatullah. 2015. "Pemodelan Tingkat Risiko Bencana Tsunami Pada Permukiman Di Kota Bengkulu Menggunakan Sistem Informasi Geografis." *Jurnal Pemukiman* 10 (2): 92–105.
- Slamet, Agustina, Puji Pratiknyo, dan Premonowati. 2017. "Pengaruh Infiltrasi Air Hujan Terhadap Tingkat Kestabilan Lereng Daerah Sidomulyo Dan Sekitarnya, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta." *Seminar Nasional Kebumihan*, 12:252–56.
- Somantri, Lili. 2015. "Kajian Mitigasi Bencana Longsor Lahan Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh." Vol. 1.
- Suryolelono, Kabul Basah. 2002. "Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik." Yogyakarta.
- Tempfli, Klaus, Norman Kerle, Gerrit C Huurneman, dan Lucas L F Janssen. 2004. *Principles of Remote Sensing*. Oleh: Klaus Tempfli, Norman Kerle, Gerrit C Huurneman, dan Lucas L F Janssen. Edisi ke-4. Enschede: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Wald, Lucien. 1999. "Some Terms of Reference In Data Fusion." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 37 (3): 1190–93.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

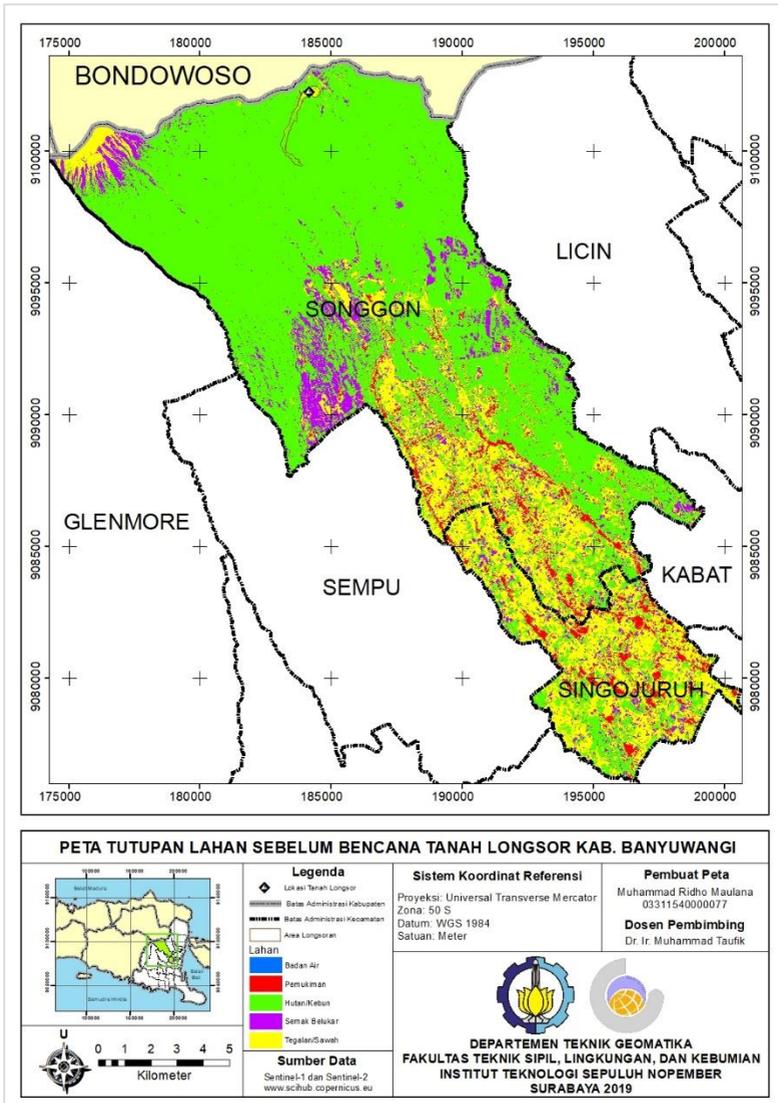
LAMPIRAN 1 Data Curah Hujan Banyuwangi Tahun 2018

No	Kecamatan	Koordinat Stasiun		Curah Hujan Tiap Bulan (mm/bulan)												Rata-Rata Tahun (mm/tahun)
		Lintang Selatan	Bujur Timur	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
1	PESANGGARAN	8°56'00"	114°10'00"	667	364	173	4	5	31	31	31	3	0	340	249	158,167
2	MUNCAR	8°41'00"	114°28'00"	222	227	1476	72	0	32	0	35	0	0	172	20	188,000
3	GLENMORE	8°31'00"	114°10'00"	546	286	274	40	62	99	60	74	27	0	489	254	184,250
4	KALIBARU	8°27'00"	114°00'00"	406	441	408	43	137	274	18	67	10	0	648	291	228,583
5	GENTENG	8°34'00"	114°13'00"	421	421	134	75	31	74	55	85	29	0	434	131	157,500
6	SRONO	8°38'00"	114°27'00"	383	242	111	91	7	87	41	94	0	0	206	72	111,167
7	ROGOJAMPI	8°31'00"	114°28'00"	542	307	248	136	9	38	44	71	0	0	495	117	167,250
8	LICIN	8°19'00"	114°26'00"	642	386	362	21	0	142	131	233	0	0	410	163	207,500
9	BANYUWANGI	8°13'00"	114°23'00"	474	276	162	29	6	33	69	69	9	1	239	97	122,000
10	KALIPURO	8°09'00"	114°35'00"	320	318	363	41	0	7	31	82	6	0	70	26	105,333
11	SONGGON	8°13'14,1"	114°11'29,7"	989	325	393	230	0	0	109	367	0	0	891	247	295,917
12	SINGOJURUH	8°32'00"	114°25'00"	547	419	242	133	0	0	0	0	0	0	500	110	162,583

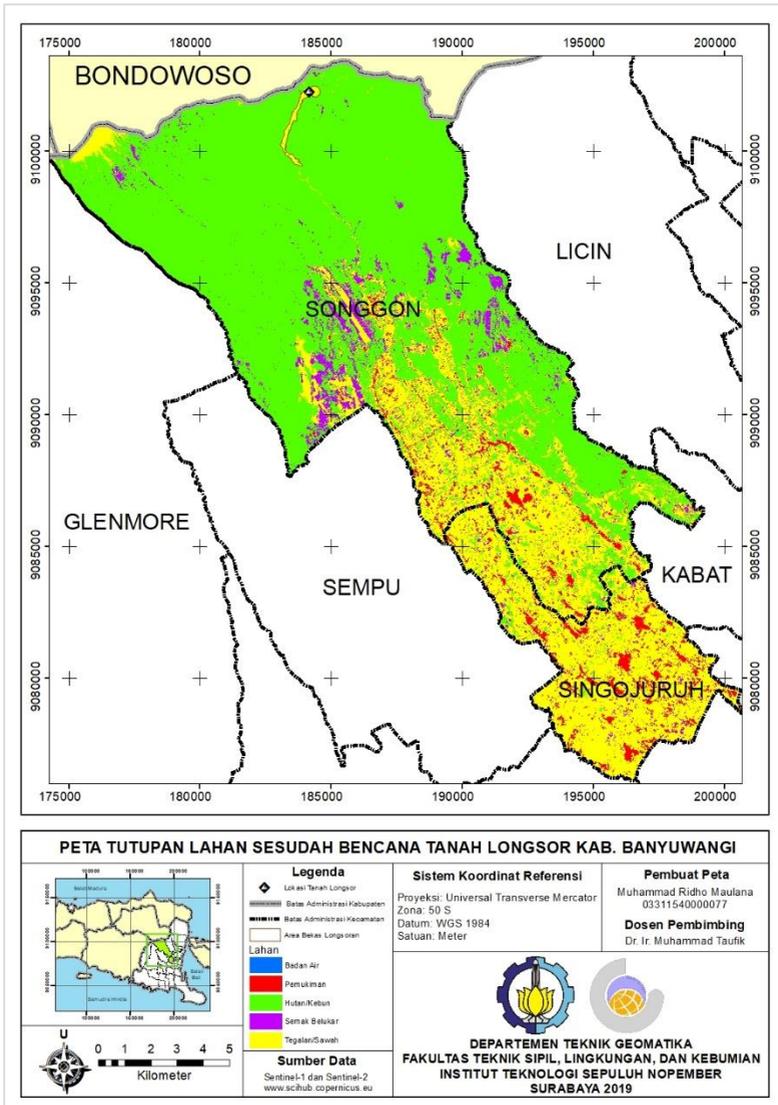
LAMPIRAN 2 Peta Potensi Longsor



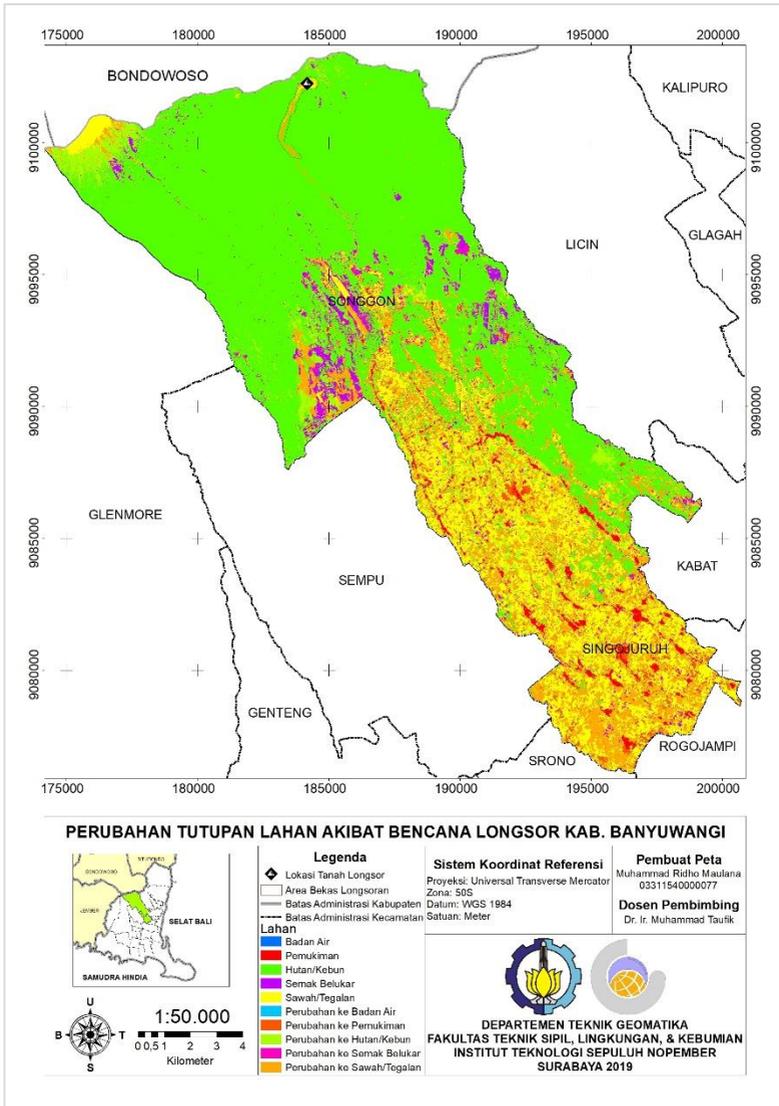
LAMPIRAN 3 Peta Tutupan Lahan Sebelum Tanah Longsor



LAMPIRAN 4 Peta Tutupan Lahan Sesudah Tanah Longsor



LAMPIRAN 5 Peta Perubahan Tutupan Lahan



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI



Penulis dilahirkan di Banyuwangi, 12 Juli 1997, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kepatihan, SMPN 1 Banyuwangi dan SMAN 1 Giri Kabupaten Banyuwangi. Setelah lulus dari SMA, penulis memilih melanjutkan pendidikan di jenjang perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan mengikuti program SBMPTN dan diterima di Teknik Geomatika – FTSLK,

ITS pada tahun 2015, terdaftar dengan NRP 0331154000077. Selama menjadi mahasiswa, penulis cukup aktif dalam kegiatan kemahasiswaan sebagai pengurus dari Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE) yaitu sebagai staff Divisi Kewirausahaan HIMAGE – ITS tahun 2016/2017, Wakil Ketua Bidang Eksternal HIMAGE – ITS tahun 2017/2018, serta di lingkup institut sebagai staff Kementerian Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS 2017/2018. Selain itu penulis juga cukup aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD FTSLK tahun 2015, LKMM TD HIMAGE – ITS tahun 2016, serta LKMM TM FTSLK tahun 2017. Serta juga dalam bidang kepanititaan, baik dalam kegiatan mahasiswa maupun seminar yang diselenggarakan oleh organisasi kemahasiswaan ataupun departemen. Penulis juga memiliki pengalaman Kerja Praktik di PT. Kaltim Prima Coal, Kutai Timur pada bagian Survey Section. Sebagai bentuk ketertarikannya pada geodinamika lingkungan, dalam pembuatan Tugas Akhir penulis memilih judul “Analisis Perubahan Lingkungan Fisik Lahan Akibat Bencana Tanah Longsor Menggunakan Citra Satelit Sentinel (Studi Kasus: Tanah Longsor di Kabupaten Banyuwangi)” yang juga sebagai syarat dalam penyelesaian studi di jenjang Strata 1.