



TUGAS AKHIR - RG 141536

**ANALISA DAERAH RAWAN BENCANA TANAH
LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FUZZY LOGIC (Studi Kasus : Kabupaten
Probolinggo, Jawa Timur)**

**ARIEF YUSUF EFFENDI
NRP 3512 100 024**

**Dosen Pembimbing
Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc**

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**ANALYSIS OF LANDSLIDE DISASTER PRONE AREA
BY USING FUZZY LOGIC METHOD (Case Study:
Probolinggo District, East Java)**

**ARIEF YUSUF EFFENDI
NRP 3512 100 024**

**Supervisor
Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc**

**DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Planning and Civil Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA DAERAH RAWAN BENCANA TANAH
LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FUZZY LOGIC (STUDI KASUS : KABUPATEN
PROBOLINGGO, JAWA TIMUR)**

Nama Mahasiswa : Arief Yusuf Effendi
NRP : 3512 100 024
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto. M.Sc

Abstrak

Tanah longsor merupakan suatu aktivitas dari proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Penyebab terjadinya tanah longsor dikarenakan gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan nya. Adapun beberapa faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor seperti curah hujan, lereng terjal, kepadatan tanah, jenis batuan, jenis tata lahan, dan adanya getaran. Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu dari 38 Kota/Kabupaten yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap terjadinya tanah longsor. Daerah rawan akan timbulnya bencana tanah longsor dapat diidentifikasi dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan peta daerah rawan bencana tanah longsor dengan menggunakan parameter-parameter penyebab tanah longsor diantaranya curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Dari parameter tersebut akan diolah dan dilakukan analisa dengan menggunakan metode fuzzy logic, dimana fuzzy logic merupakan sistem cerdas yang dapat digunakan sebagai sistem kontrol dan pemecahan masalah yang dapat digunakan untuk mendeteksi daerah tanah longsor yang ada di Kabupaten Probolinggo. Dalam proses analisa tersebut dilakukan dengan cara menggunakan fitur spatial

analysis tools berupa Overlay Fuzzy yang terdapat pada software ArcGIS. Kemudian akan didapatkan hasil berupa peta tingkat kerawanan tanah longsor yang memiliki 4 kelas kerawanan, diantaranya kelas kerawanan tidak rawan, kelas kerawanan rendah, kelas kerawanan sedang, dan kelas kerawanan tinggi.

Kata Kunci : Curah Hujan, Fuzzy Logic, Jenis Tanah, Kabupaten Probolinggo, Kemiringan Lereng, Ketinggian, Overlay Fuzzy, Tanah Longsor, Tutupan Lahan.

ANALYSIS OF LANDSLIDE DISASTER PRONE AREA BY USING FUZZY LOGIC METHOD (CASE STUDY : PROBOLINGGO DISTRICT, EAST JAVA)

Name : Arief Yusuf Effendi
NRP : 3512 100 024
Department : Geomatics Engineering Department
Advisor : Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto. M.Sc

Abstract

Landslides is an activity of balance disorders process that cause the movement of masses of soil and rock from a higher to a lower place. The cause of the occurrence of landslides due to the driving style on a slope greater than the force of its holder. As for some of the factors causing landslides such as rainfall, steep slopes, soil density, rock types, the type of landuse, and their vibration. Probolinggo District is one of the 38 City / District which has a severe impact on the occurrence of landslides. Prone areas will be the emergence of landslides can be identified by using remote sensing data and geographic information systems. In this research, will be make the maps of landslide areas prone to using parameters causes of landslides include rainfall, soil type, altitude, slope, and land cover. From these parameters will be processed and analyzed by using fuzzy logic, fuzzy logic where an intelligent system that can be used as system control and troubleshooting that can be used to detect areas of existing landslides in Probolinggo District. In the process of the analysis use the features such as spatial analysis tools contained in the Fuzzy Overlay of ArcGIS software. Then we will get the results in the form of a map of landslides vulnerability which have 4 classes of vulnerability, including vulnerability classes are not vulnerable, low vulnerability class, medium vulnerability class, and high vulnerability class.

Keywords : , Altitude, Fuzzy Logic, Land Cover, Landslide, Overlay Fuzzy, Probolinggo District, Rainfall, Slopes, Soil Type.

**ANALISA DAERAH RAWAN BENCANA TANAH
LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
FUZZY LOGIC (STUDI KASUS : KABUPATEN
PROBOLINGGO, JAWA TIMUR)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**ARIEF YUSUF EFFENDI
NRP. 3512 100 024**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, MSc

NIP. 1959 0819 1985 02 1001



SURABAYA, JUNI 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahrobbil'aalamin. Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* (Studi Kasus : Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur)”.

Menyadari penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta Bapak Moch Pa'i dan Ibu Hartini yang tak pernah putus-putusnya telah memberikan dukungan, semangat dan doa.
2. Kakak dan adik saya tercinta Citra Mariatul Kibtyah dan Ainur Qomariah yang menjadi penyemangat bagi saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak Mukhamad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika FTSP ITS.
4. Bapak Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Bapak Aries Setiawan dan staf pegawai BPBD Kabupaten Probolinggo yang telah memberikan bantuan data dan juga telah banyak membantu dalam penelitian ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS selaku dosen wali yang membimbing dan mengarahkan selama masa perkuliahan.
7. Bapak Khomsin, ST, MT selaku koordinator tugas akhir penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Geomatika FTSP ITS, yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama masa perkuliahan.

9. Bapak dan Ibu staf administrasi, tata usaha, laboran dan karyawan Teknik Geomatika yang telah membantu selama masa perkuliahan.
10. Teman-teman Teknik Geomatika Angkatan 2012 yang senantiasa telah membantu dan memberikan dukungan dan doanya.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dan mendukung hingga terselesainya tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal budi serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dan semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
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 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kabupaten Probolinggo.....	5
2.2 Tanah Longsor.....	6
2.2.1 Jenis Tanah Longsor	6
2.2.2 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor.....	9
2.3 Parameter Penyebab Tanah Longsor	9
2.3.1 Curah Hujan	10
2.3.2 Jenis Tanah.....	10
2.3.3 Ketinggian.....	10
2.3.4 Kemiringan Lereng	11
2.3.5 Tutupan lahan.....	11
2.4 Penginderaan Jauh.....	12
2.5 Citra Landsat 8	13
2.6 Klasifikasi Terbimbing (<i>Supervised Classification</i>) .	17
2.7 Algoritma Kemiripan Maksimum (<i>Maximum Likelihood Algorithm</i>).....	19
2.8 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	19
2.8.1 Komponen SIG	19
2.9 Metode <i>Fuzzy Logic</i>	23

2.9.1	Himpunan Fuzzy	23
2.9.2	Fungsi Keanggotaan.....	23
2.10	Penelitian Terdahulu.....	31
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1	Lokasi Penelitian	33
3.2	Data dan Peralatan.....	34
3.2.1	Data	34
3.2.2	Peralatan.....	35
3.3	Metodologi Penelitian	35
3.3.1	Tahap Penelitian.....	35
3.3.2	Tahap Pengolahan Data	38
BAB IV	HASIL DAN ANALISA.....	41
4.1	Hasil Pengolahan Data	41
4.1.1	Peta Parameter Penyebab Tanah Longsor.....	41
4.1.2	<i>Fuzzy Membership</i>	46
4.1.3	<i>Overlay Fuzzy</i>	49
4.1.4	Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor.....	49
4.2	Analisa Hasil Pengolahan.....	51
4.2.1	Analisa Parameter Tanah Longsor	51
4.2.2	Analisa Tingkat Kerawanan Tanah Longsor...	59
BAB V	PENUTUP	64
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR	PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN		
BIOGRAFI	PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Longsoran Translasi	7
Gambar 2.2 Longsoran Rotasi.....	7
Gambar 2.3 Pergerakan Blok	7
Gambar 2.4 Runtuhan Batu	8
Gambar 2.5 Rayapan Tanah	8
Gambar 2.6 Aliran Bahan Rombakan	9
Gambar 2.7 Representasi Linear Naik.....	24
Gambar 2.8 Representasi Linear Turun.....	25
Gambar 2.9 Representasi Kurva Segitiga.....	25
Gambar 2.10 Representasi Kurva Trapesium.....	26
Gambar 2.11 Daerah “Bahu” pada Variabel “Temperatur”	27
Gambar 2.12 Himpunan Fuzzy dengan Kurva-S : “Pertumbuhan”.....	27
Gambar 2.13 Himpunan Fuzzy dengan Kurva-S : “Penyusutan”	28
Gambar 2.14 Karakteristik Fungsi Kurva-S.....	28
Gambar 2.15 Karakteristik Fungsi Kurva π	29
Gambar 2.16 Karakteristik Fungsional Kurva BETA	30
Gambar 2.17 Karakteristik Fungsional Kurva GAUSS	31
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	33
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahap Penelitian.....	36
Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data.....	38
Gambar 4.1 Peta Curah Hujan.....	42
Gambar 4.2 Peta Jenis Tanah	43
Gambar 4.3 Peta Ketinggian	44
Gambar 4.4 Peta Kemiringan Lereng.....	45
Gambar 4.5 Peta Tutupan Lahan	46
Gambar 4.6 Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor	50
Gambar 4.7 Peta Ancaman Bencana Tanah Longsor Kabupaten Probolinggo Tahun 2014	50
Gambar 4.8 Diagram Luas Parameter Curah Hujan.....	52
Gambar 4.9 Diagram Luas Parameter Jenis Tanah	54
Gambar 4.10 Diagram Luas Parameter Ketinggian	56

Gambar 4.11 Diagram Luas Parameter Kemiringan Lereng	57
Gambar 4.12 Diagram Luas Parameter Tutupan Lahan.....	58
Gambar 4.13 Diagram Luas Tingkat Kerawanan Tanah Longsor	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Luas Wilayah Menurut Kecamatan di Kabupaten Probolinggo.....	5
Tabel 2.2 Parameter-parameter Orbit Satelit LDCM (Landsat-8).....	14
Tabel 2.3 Spesifikasi Kanal-kanal spektral sensor pencitra LDCM (Landsat-8)	15
Tabel 4.1 Parameter Curah Hujan	47
Tabel 4.2 Parameter Jenis Tanah.....	47
Tabel 4.3 Parameter Ketinggian	47
Tabel 4.4 Parameter Kemiringan Lereng	47
Tabel 4.5 Parameter Tutupan Lahan	48
Tabel 4.6 Luas Parameter Curah Hujan	51
Tabel 4.7 Luas Parameter Jenis Tanah.....	53
Tabel 4.8 Tingkat Kepekaan Jenis Tanah Terhadap Erosi	55
Tabel 4.9 Luas Parameter Ketinggian	55
Tabel 4.10 Luas Parameter Kemiringan Lereng.....	57
Tabel 4.11 Luas Parameter Tutupan Lahan.....	58
Tabel 4.12 Luas Tingkat Kerawanan Tanah Longsor	59
Tabel 4.13 Tingkat Kerawanan Tidak Rawan.....	60
Tabel 4.14 Tingkat Kerawanan Rendah	62
Tabel 4.15 Tingkat Kerawanan Sedang.....	63
Tabel 4.16 Tingkat Kerawanan Tinggi.....	63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : PETA CURAH HUJAN
- LAMPIRAN B : PETA JENIS TANAH
- LAMPIRAN C : PETA KETINGGIAN
- LAMPIRAN D : PETA KEMIRINGAN LERENG
- LAMPIRAN E : PETA TUTUPAN LAHAN
- LAMPIRAN F : PETA TINGKAT KERAWANAN TANAH
LONGSOR

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam sebagai salah satu fenomena alam yang dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun, sehingga dapat menimbulkan kerugian material dan imaterial bagi kehidupan masyarakat. Salah satunya adalah bencana tanah longsor yang sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang bisa berdampak pada kondisi ekonomi dan sosial. Bencana alam tanah longsor dapat terjadi karena pola pemanfaatan lahan yang tidak mengikuti kaidah kelestarian lingkungan, seperti gundulnya hutan akibat deforestasi, dan konversi hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman di lahan berkemiringan lereng yang terjal.

Tanah longsor merupakan suatu aktivitas dari proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Kondisi topografi yang berbukit dan bergunung, tingginya tingkat kepadatan penduduk di wilayah perbukitan serta pemanfaatan lahan dan ruang yang kurang baik menimbulkan tekanan terhadap ekosistem. Untuk menghindari jatuhnya korban yang lebih besar dan banyak akibat bahaya tanah longsor, diperlukan upaya-upaya yang mengarah kepada tindakan meminimalisir akibat yang akan ditimbulkan. Untuk dapat memantau dan mengamati fenomena tanah longsor di suatu kawasan diperlukan adanya suatu identifikasi dan pemetaan daerah rawan tanah longsor yang mampu memberikan gambaran kondisi kawasan yang ada berdasarkan faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor.

Provinsi Jawa Timur termasuk salah satu daerah yang sangat potensial terjadinya bencana tanah longsor. Hal ini disebabkan topografi sebagian besar wilayahnya yang

berbukit dan bergunung. Disamping itu, juga disebabkan tingginya tingkat kepadatan penduduk di wilayah perbukitan sehingga menimbulkan tekanan terhadap ekosistem.

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Timur menyebutkan, dari 38 kabupaten/kota, sebanyak 20 daerah masuk katagori rawan terjadi tanah longsor, kategori tinggi, sedang, maupun ringan. 20 daerah tersebut yakni Pacitan, Kabupaten Blitar, Trenggalek, Ponorogo, Batu, Lumajang, Jombang, Kabupaten Malang, Kabupaten Probolinggo, Jember, Bojonegoro, Kabupaten Madiun, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Pasuruan, Nganjuk, Situbondo, Bondowoso, Tulungagung, Magetan, dan Kediri.

Berdasarkan kejadian yang sudah terjadi, yang masuk kategori tinggi terjadi tanah longsor adalah Pacitan, Kabupaten Blitar, Trenggalek, Ponorogo, Batu, Lumajang, Jombang, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Probolinggo.

Kabupaten Probolinggo merupakan salah daerah yang berpotensi terjadinya tanah longsor. Berdasarkan data BPBD Kabupaten Probolinggo pada tanggal 15 Desember 2014 telah terjadi peristiwa tanah longsor di Dusun Jurang Perahu, Desa Wonokerto, Kecamatan Sukapura pada tebing setinggi 100 meter akibat diguyur hujan deras. Akibatnya jalur ke wisata Gunung Bromo dari arah Probolinggo tertutup tanah bercampur bebatuan.

Pembuatan peta potensi bahaya tanah longsor dengan menggunakan data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu memberikan solusi dan kemudahan dalam analisis spasial secara berulang, kontinu, cepat dan akurat. Bahaya tanah longsor dapat diidentifikasi secara cepat melalui Sistem Informasi Geografis dengan menggunakan metode tumpang susun atau overlay terhadap parameter-parameter tanah longsor seperti: curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, ketinggian, dan tutupan lahan. Dari kelima parameter tersebut akan dilakukan proses analisa dengan

menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk menentukan tingkat kerawanan longsor. Melalui Sistem Informasi Geografis diharapkan akan mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat bahaya tanah longsor serta dapat menganalisis dan memperoleh informasi baru dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang menjadi sasaran tanah longsor. Untuk itu, diharapkan dengan menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dapat digunakan untuk menentukan potensi daerah rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan di atas di dapat perumusan masalah sebagai berikut :

- 1 Bagaimana membuat peta daerah rawan bencana tanah longsor untuk kawasan Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur dengan menggunakan data Citra Satelit Landsat 8 dan SIG?
- 2 Bagaimana melakukan analisa terhadap parameter penyebab tanah longsor dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah penelitian yang akan dilakukan adalah wilayah Kabupaten Probolinggo yang mencakup Kecamatan Sukapura, Kecamatan Sumber, Kecamatan Kuripan dan Kecamatan Lumbang, Provinsi Jawa Timur.
2. Parameter yang digunakan untuk menentukan daerah rawan tanah longsor adalah jenis tanah, curah hujan, kemiringan lereng, ketinggian, dan tutupan lahan.
3. Peta tutupan lahan diperoleh dari pengolahan data Citra Satelit Landsat 8 bulan Juni tahun 2015.

4. Peta curah hujan dan jenis tanah berupa peta *shaprefile* wilayah Kabupaten Probolinggo.
5. Peta ketinggian dan kemiringan lereng dari data kontur dalam format *shapefile* wilayah Kabupaten Probolinggo.
6. Metode yang digunakan untuk analisa spasial adalah metode *Fuzzy Logic*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi berupa peta daerah rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.
2. Melakukan analisa terhadap daerah rawan bencana tanah longsor yang terdapat di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah mampu memberikan informasi terkait daerah rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur dengan menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kabupaten Probolinggo

Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Timur. Secara geografis Kabupaten Probolinggo terletak pada posisi 7° 40'-8° 10' LS dan 112° 50'-113° 30' BT. Kabupaten Probolinggo berbatasan dengan :

Sebelah Utara : Selat Madura
Sebelah Timur : Kabupaten Situbondo
Sebelah Selatan : Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Jember
Sebelah Barat : Kabupaten Pasuruan

Luas wilayah Kabupaten Probolinggo adalah 1696,16 km². Kabupaten Probolinggo terletak pada ketinggian 0-2500 m di atas permukaan laut. Dilihat dari topografinya Kabupaten Probolinggo terletak di daerah lereng gunung-gunung membujur dari Barat ke Timur, yakni Gunung Semeru, Gunung Argopuro, Gunung Tengger dan Gunung Lamongan (BPS, 2015).

Tabel 2.1 Luas Wilayah Menurut Kecamatan di Kabupaten Probolinggo

No.	Kecamatan	Luas (km ²)
1	Sukapura	102,09
2	Sumber	141,88
3	Kuripan	66,75
4	Bantaran	42,13
5	Leces	36,81
6	Tegalsiwalan	41,74
7	Banyuanyar	45,70
8	Tiris	165,67
9	Krucil	202,53
10	Gading	146,85
11	Pakuniran	113,85

12	Kotaanyar	42,58
13	Paiton	53,28
14	Besuk	35,04
15	Kraksaan	37,80
16	Krejengan	34,43
17	Pajarakan	21,34
18	Maron	51,39
19	Gending	36,61
20	Dringu	31,14
21	Wonomerto	45,67
22	Lumbang	92,71
23	Tongas	77,95
24	Sumberasih	30,25
	Jumlah	1.696,16

(Sumber : Kabupaten Probolinggo dalam angka tahun 2015)

2.2 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut : air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng (Badan Geologi, 2010)

2.2.1 Jenis Tanah Longsor

Ada 6 jenis tanah longsor, yakni: longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan (Badan Geologi, 2010).

1. Longsor Translasi



Gambar 2.1 Longsor Translasi
(Sumber : *Badan Geologi, 2010*)

Longsor translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.

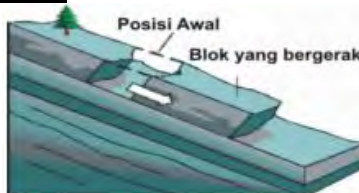
2. Longsor Rotasi



Gambar 2.2 Longsor Rotasi
(Sumber : *Badan Geologi, 2010*)

Longsor rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

3. Pergerakan Blok



Gambar 2.3 Pergerakan Blok
(Sumber : *Badan Geologi, 2010*)

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang Bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut juga longsor translasi blok batu.

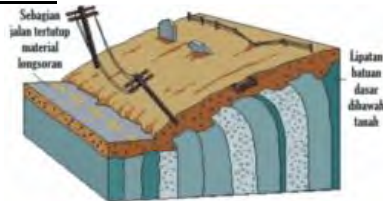
4. Runtuhan Batu



Gambar 2.4 Runtuhan Batu
(Sumber : Badan Geologi, 2010)

Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

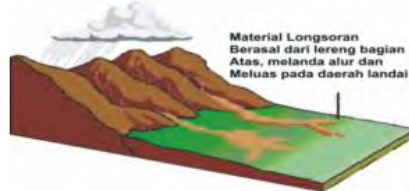
5. Rayapan Tanah



Gambar 2.5 Rayapan Tanah
(Sumber : Badan Geologi, 2010)

Rayapan Tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.

6. Aliran Bahan Rombakan



Gambar 2.6 Aliran Bahan Rombakan
(Sumber : Badan Geologi, 2010)

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai disekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

2.2.2 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan. Adapun beberapa faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor diantaranya adalah hujan, lereng terjal, tanah yang kurang padat dan tebal, batuan yang kurang kuat, jenis tata lahan, getaran, susut muka air danau atau bendungan, adanya beban tambahan, pengikisan/erosi, adanya material timbunan pada tebing, bekas longsor lama, adanya bidang diskontinuitas (bidang tidak sinambung), penggundulan hutan, dan daerah pembuangan sampah (Badan Geologi, 2010).

2.3 Parameter Penyebab Tanah Longsor

Berdasarkan penyebab terjadinya tanah longsor berikut parameter-parameter yang dapat digunakan dalam menentukan daerah rawan tanah longsor.

2.3.1 Curah Hujan

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi iklim. Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup

Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. Unsur hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air hujan setinggi satu milimeter atau tertampung air hujan sebanyak satu liter (BMKG, 2016). Intensitas curah hujan merupakan ukuran jumlah hujan per satuan waktu tertentu selama hujan berlangsung.

Curah hujan merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor. Semakin tingginya intensitas curah hujan suatu wilayah akan menyebabkan lapisan tanah akan merekah dan kemudian dapat menyebabkan tanah menjadi labil.

2.3.2 Jenis Tanah

Menurut Ensiklopedia Indonesia tanah merupakan campuran bagian-bagian batuan dengan material serta bahan organik yang merupakan sisa kehidupan yang timbul pada permukaan bumi akibat erosi dan pelapukan karena proses waktu.

Adapun jenis-jenis tanah yang ada di Indonesia adalah sebagai berikut : Organosol (Tanah Gambut/Tanah Organik), alluvial, regosol, litosol, latosol, grumosol, podsolik merah kuning, podsol, andosol, mediteran merah kuning, hodmurf kelabu (gleisol), dan tanah sawah (Sugiharyanto, 2009).

2.3.3 Ketinggian

Ketinggian suatu wilayah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap tanah longsor. Daerah yang memiliki ketinggian yang tinggi diatas permukaan laut akan

berpengaruh terhadap massa tanah dan batuan yang bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Sehingga dampak yang akan ditimbulkan juga semakin tinggi.

2.3.4 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan perbandingan presentasi antara jarak vertikal (ketinggian lahan) dengan jarak horisontal (panjang jarak datar) (Suherlan, 2001).

Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Dua titik yang berjarak horisontal seratus meter mempunyai selisih tinggi sepuluh meter membentuk lereng 10%. Kecuraman lereng seratus persen sama dengan kecuraman lereng 45°. Selain memperbesar jumlah aliran permukaan, makin curam lereng makin memperbesar kecepatan aliran permukaan. Selain dari itu semakin curam lereng juga akan memperbesar jumlah butiran tanah yang terangkut ke bawah (Sugiharyanto, 2009).

Penentuan nilai kemiringan lereng (*slope*) mulai dari nol sampai tak hingga. Dalam menentukan angka persen dari kemiringan lereng yaitu beda tinggi dari suatu tempat dibagi jarak di lapangan (jarak horisontal) dikalikan 100%.

$$\text{Slope (\%)} = \frac{\text{beda tinggi}}{\text{jarak di lapangan}} \times 100\%$$

Kemiringan lereng sangat berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor. Semakin besar nilai kemiringan lereng suatu tempat maka semakin rentan pula akan timbulnya tanah longsor.

2.3.5 Tutupan lahan

Lahan didefinisikan sebagai suatu kesatuan lingkungan fisik yang terdiri dari tanah, tata air, iklim, vegetasi dan segala aktivitas manusia yang mempengaruhi pengembangannya. Berdasarkan definisi tersebut lahan di bagi berdasarkan tipologi penggunaannya secara umum seperti lahan pertanian, lahan permukiman, lahan industri dan lain-lain.

Menurut Townshend dan Justice pada tahun 1982, penutupan lahan adalah perwujudan secara fisik (visual) dari vegetasi, benda alam, dan unsur-unsur budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap obyek tersebut.

Istilah penutupan lahan berkaitan dengan jenis penampakan yang ada di permukaan bumi sedangkan istilah penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu.

Informasi penutupan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh, sedangkan informasi tentang kegiatan manusia pada lahan (penggunaan lahan) tidak selalu dapat ditafsir secara langsung dari penutupan lahannya.

Perubahan suatu penutupan lahan merupakan keadaan suatu lahan yang karena manusia mengalami kondisi yang berubah pada waktu yang berbeda (Lillesand & Kiefer, 2000).

2.4 Penginderaan Jauh

Lillesand et al (2000), mengatakan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek daerah atau fenomena yang dikaji merupakan ilmu dan seni untuk menganalisis permukaan bumi dari jarak yang jauh dimana perekaman dilakukan di udara dengan menggunakan alat sensor dan wahana. Sedangkan dalam pengertian yang lebih luas, penginderaan jauh (*remote sensing*) didefinisikan sebagai pengukuran atau pemerolehan informasi dari beberapa sifat objek atau fenomena dengan menggunakan alat perekam yang secara fisik tidak terjadi kontak langsung atau bersinggungan dengan objek atau fenomena yang dikaji (Church Va, 1983 dalam Sukojo 2012).

Penginderaan jauh didefinisikan sebagai proses perolehan informasi tentang suatu obyek tanpa adanya kontak fisik secara langsung dengan obyek tersebut (Rees, 2001 dalam Elachi, 2006). Informasi diperoleh dengan cara deteksi dan pengukuran berbagai perubahan yang terdapat pada lahan dimana obyek berada. Proses tersebut dilakukan dengan cara perabaan atau perekaman energi yang dipantulkan atau dipancarkan, memproses, menganalisa dan menerapkan informasi tersebut. Informasi secara potensial tertangkap pada suatu ketinggian melalui energi yang terbangun dari permukaan bumi, yang secara detil didapatkan dari variasi-variasi spasial, spektral dan temporal lahan tersebut (Landgrebe, 2003). Lindgren mengemukakan bahwa penginderaan jauh merupakan variasi teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan dan dipancarkan dari permukaan bumi.

2.5 Citra Landsat 8

Saat ini banyak sekali satelit mengorbit di luar angkasa dengan fungsinya yang beragam misalnya satelit militer, satelit komunikasi, satelit penginderaan jauh antar planet, dan satelit penginderaan jauh sumber daya bumi. Citra satelit adalah citra yang dihasilkan dari pemotretan menggunakan wahana satelit. Oleh karena itu, perkembangan teknik penginderaan jauh sistem satelit lebih maju daripada sistem *airborne* (foto udara) (Kusumowidagdo dkk, 2007). Landsat 8 merupakan salah satu jenis satelit penginderaan jauh yang khusus mengindera ke bumi untuk maksud-maksud pengelolaan sumber daya bumi.

Seperti diketahui satelit Landsat-7 tidak dapat lagi berfungsi dengan baik secara ekstrim semenjak bulan Mei 2003, karena terjadi suatu kerusakan pada *Scan Line Corrector*-nya, sehingga kehilangan data sebesar 24 persen sepanjang sisi-sisi luar dari masing-masing citra. Dengan

kondisi *Scan Line Corrector* Landsat-7 yang mengalami kerusakan tersebut, makin disadari pentingnya pengembangan LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*). Pada bulan April 2008, NASA memilih *General Dynamics Advanced Information Systems, Inc.* untuk membangun satelit LDCM. Setelah meluncur di orbitnya, satelit tersebut akan dinamakan sebagai Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) adalah misi kerjasama antara NASA dan USGS (*U.S. Geological Survey*) dengan pembagian tanggung jawab masing-masing. NASA bertanggung jawab akan penyediaan satelit LDCM (Landsat-8), instrumen-instrumen, pesawat peluncur, dan elemen-elemen pendukung operasi misi. NASA juga akan mengelola fase awal peluncuran sampai dengan kondisi satelit beroperasi di orbitnya pada ruas antariksa (dari peluncuran sampai penerimaan). USGS bertanggung jawab akan penyediaan pusat operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada Stasiun Bumi (termasuk pengarsipan dan jaringan-jaringan data), demikian juga tim operasi-operasi penerbangan. USGS juga akan membiayai tim ilmuwan Landsat. (General Dynamics, 2008 dalam Sitanggang, 2010)

Tabel 2.2 Parameter-parameter Orbit Satelit LDCM
(Landsat-8)

Jenis Orbit	Mendekati lingkaran sinkron-matahari
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98,2 °
Periode	99 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu melintasi khatulistiwa (<i>Local Time on Descending Node – LTDN</i>) nominal	Jam 10:00 s.d 10:15 pagi

(Sumber: Sitanggang, 2010)

Satelit Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi hampir sama dengan Landsat 7.

Ada beberapa spesifikasi baru yang terpasang pada band Landsat 8 ini khususnya pada band 1, 9, 10, dan 11. Band 1 (*ultra blue*) dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada band yang sama pada Landsat 7, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. Band ini unggul dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda. Deteksi terhadap awan cirrus juga lebih baik dengan dipasangnya kanal 9 pada sensor OLI, sedangkan band thermal (kanal 10 dan 11) sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m. (www.landsat.usgs.gov, 2015)

Dibandingkan versi-versi sebelumnya, Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi band-band yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana telah diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 warna dasar, yaitu Red, Green dan Blue (RGB). Dengan makin banyaknya band sebagai penyusun RGB komposit, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi. (www.landsat.usgs.gov, 2015).

Tabel 2.3 Spesifikasi Kanal-kanal spektral sensor pencitra LDCM (Landsat-8)

Landsat 8	Band	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)
	Band 1 -	0.43 - 0.45	30

Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Coastal aerosol		
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

(Sumber: www.landsat.usgs.gov, 2015)

Sebelumnya tingkat keabuan (Digital Number-DN) pada citra Landsat berkisar antara 0-256. Dengan hadirnya

Landsat 8, nilai DN memiliki interval yang lebih panjang, yaitu 0-4096. Kelebihan ini merupakan akibat dari peningkatan sensitifitas Landsat dari yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit, sekarang telah ditingkatkan menjadi 12 bit. Tentu saja peningkatan ini akan lebih membedakan tampilan obyek-obyek di permukaan bumi sehingga mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi. Tampilan citra pun menjadi lebih halus, baik pada band multispektral maupun pankromatik. (www.landsat.usgs.gov, 2015)

Terkait resolusi spasial, Landsat 8 memiliki kanal-kanal dengan resolusi tingkat menengah, setara dengan kanal-kanal pada Landsat 5 dan 7. Umumnya kanal pada OLI memiliki resolusi 30 m, kecuali untuk pankromatik 15 m. Dengan demikian produk-produk citra yang dihasilkan oleh Landsat 5 dan 7 pada beberapa dekade masih relevan bagi studi data *time series* terhadap Landsat 8. (www.landsat.usgs.gov, 2015)

2.6 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi Terbimbing yang didasarkan pada pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) yang terdiri atas tiga tahap :

1. Tahap *training sample*.

Analisis menyusun kunci interpretasi dan mengembangkan secara numerik spektral untuk setiap kenampakan dengan memeriksa batas daerah (*training areas*). Pembuatan batas training area dilakukan dengan membuat poligon pada citra terhadap penutup lahan yang seragam. Jumlah lokasi training area yang harus diambil pada *land cover* paling sedikit sejumlah $n + 1$ (n = jumlah saluran spektral).

2. Tahap klasifikasi.

Setiap pixel pada serangkaian data citra dibandingkan setiap kategori pada kunci interpretasi numerik, yaitu

menentukan nilai piksel yang tak dikenal dan paling mirip dengan kategori yang sama. Perbandingan tiap piksel citra dengan kategori pada kunci interpretasi dikerjakan secara numerik dengan menggunakan berbagai strategi klasifikasi.

Klasifikasi dengan metode kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) merupakan model *supervised classification* dengan mengevaluasi nilai kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral pada saat mengklasifikasikan piksel yang tidak dikenal. Pengkelasan menggunakan bentuk training sampel yang bersifat sebaran normal (distribusi normal), yaitu semua sebaran pola tanggapan *spektral land cover* dianggap sebagai vektor rata-rata atau kovarian matrik. Setiap piksel kemudian diberi nama sehingga diperoleh matrik multidimensi untuk menentukan jenis kategori penutup lahan yang diinterpretasi.

3. Tahap keluaran

Hasil matrik didelineasi sehingga terbentuk peta penutup lahan, dan dibuat tabel matrik luas berbagai jenis tutupan lahan pada citra.

Penggunaan metode *supervised classification* ini dapat mempersingkat waktu. Sedangkan persyaratan yang harus dipenuhi adalah ketepatan dalam interpretasi citra, artinya interpreter harus dapat melakukan generalisasi dalam mendefinisikan setiap objek. Tujuan dari peerapan metode ini harus menampilkan karakteristik generalisasi yang konsisten, logis dan untuk menjelaskan akurasi prosedur dalam sebuah hitungan tertulis proses interpretasi (Campbell, 1987).

2.7 Algoritma Kemiripan Maksimum (*Maximum Likelihood Algorithm*)

Pada algoritma ini, piksel dikelaskan sebagai obyek tertentu tidak karena jarak melainkan oleh bentuk, ukuran dan orientasi sampel pada feature space (Danoedoro, 1996).

2.8 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information System (GIS)* adalah suatu sistem informasi berbasis komputer, yang digunakan untuk memproses data spasial yang bergeoreferensi (berupa detail, fakta, kondisi, dsb) yang disimpan dalam suatu basis data dan berhubungan dengan persoalan serta keadaan dunia nyata (*real world*). Manfaat SIG secara umum memberikan informasi yang mendekati kondisi dunia nyata, memprediksi suatu hasil dan perencanaan strategis.

Dengan demikian, SIG diharapkan mampu memberikan kemudahan seperti :

- 1 Penanganan data geospasial menjadi lebih baik dalam format baku.
- 2 Revisi dan pemutakhiran data menjadi lebih mudah.
- 3 Data geospasial dan informasi menjadi lebih mudah dicari, dianalisis dan direpresentasikan.
- 4 Menjadi produk yang mempunyai nilai tambah.
- 5 Kemampuan menukar data geospasial.
- 6 Penghematan waktu dan biaya.
- 7 Keputusan yang diambil menjadi lebih baik.

2.8.1 Komponen SIG

Sistem Informasi Geografis memiliki komponen utama dalam proses pekerjaannya yang nantinya akan menjadi satu kesatuan unit pokok penting untuk pembuatan SIG, adapun komponen SIG yaitu:

1. Hardware

SIG membutuhkan hardware atau perangkat komputer yang memiliki spesifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan

sistem informasi lainnya untuk menjalankan *software-software* SIG, seperti kapasitas *Memory* (RAM), *Hard-disk*, *Processor* serta *VGA Card*. Hal tersebut disebabkan karena data-data yang digunakan dalam SIG baik data vektor maupun data raster penyimpanannya membutuhkan ruang yang besar dan dalam proses analisisnya membutuhkan memory yang besar dan prosesor yang cepat.

2. Software

Sebuah *software* SIG haruslah menyediakan fungsi dan *tool* yang mampu melakukan penyimpanan data, analisis dan menampilkan informasi geografis, Dengan demikian elemen yang harus terdapat dalam komponen *software* SIG adalah:

1. *Tool* untuk melakukan input dan transformasi data geografis.
2. Sistem manajemen basis data.
3. *Tool* yang mendukung *query* geografis, analisis dan visualisasi.
4. *Graphical User Interface (GUI)* untuk memudahkan akses pada *tool* geografi.

Berikut komponen perangkat lunak yang harus diperhatikan dalam pembuatan sistem informasi geografis:

1. OS (*operating system*)
2. Bahasa pemrograman
3. *Networking software*
4. Standar grafis
5. *Software* aplikasi SIG seperti *ArcView*, *ArcGIS*, *MapInfo*, dan sebagainya.

3. Data

Hal yang merupakan komponen penting dalam SIG adalah data. Secara fundamental SIG bekerja dengan dua tipe model data geografis yaitu model data vektor dan model data raster. Kedua data tersebut mempunyai karakteristik masing-masing, mulai dari bentuk, gambar dan kegunaannya sehingga kedua data ini terlihat jelas adanya perbedaan, berikut adalah data yang ada di dalam sistem informasi geografis :

a. Model Data Vektor

Model data vektor merupakan model data yang paling banyak digunakan, model ini berbasiskan pada titik (*point*) dengan nilai koordinat (x,y) untuk membangun obyek spasialnya. Obyek yang dibangun terbagi menjadi tiga bagian lagi yaitu berupa titik (*point*), garis (*line*), dan area (*polygon*).

Titik merupakan representasi grafis yang paling sederhana pada suatu obyek. Titik tidak mempunyai dimensi tetapi dapat ditampilkan dalam bentuk simbol baik pada peta maupun dalam layar monitor. Contoh : Lokasi Fasilitas Kesehatan, dll.

Garis merupakan bentuk linear yang menghubungkan dua atau lebih titik dan merepresentasikan obyek dalam satu dimensi. Contoh: Jalan, Sungai, dll.

Polygon merupakan representasi obyek dalam dua dimensi. Contoh: Danau, Persil Tanah, dll

b. Model Data Raster

Model data ini terdiri dari sekumpulan grid/sel seperti peta hasil scanning maupun gambar/*image*. Masing-masing grid/sel atau piksel memiliki nilai tertentu yang bergantung pada bagaimana *image* tersebut digambarkan. Sebagai contoh, pada sebuah image hasil penginderaan jarak jauh dari sebuah satelit, masing-masing piksel akan direpresentasikan sebagai panjang gelombang cahaya yang dipantulkan dari posisi permukaan bumi dan diterima oleh satelit dalam satuan luas tertentu yang disebut piksel

Pada *image* hasil *scanning*, masing-masing piksel merepresentasikan keterangan nilai yang berasosiasi dengan *point-point* tertentu pada image hasil *scanning* data raster, dalam SIG setiap data Geografis memiliki data tabular yang berisi informasi spasial. Data tabular tersebut dapat direlasikan oleh SIG dengan sumber data lain seperti basis data yang berada diluar *tools* SIG.

Karakteristik utama data raster adalah bahwa dalam setiap sel/piksel mempunyai nilai. Nilai sel/piksel merepresentasikan fenomena atau gambaran dari suatu kategori. Nilai sel/piksel dapat memiliki nilai positif atau negatif, *integer*, dan *floating point* untuk dapat merepresentasikan nilai kontinu. Data raster disimpan dalam suatu urutan nilai sel/piksel. Sebagai contoh, 80, 74, 45, 45, 34, dan seterusnya.

Luas suatu area direpresentasikan dalam setiap sel/piksel dengan lebar dan panjang yang sama. Sebagai contoh, sebuah data raster yang merepresentasikan ketinggian permukaan (biasa disebut dengan DEM) dengan luasan sebesar 100 Km², apabila terdapat 100 sel/piksel dalam raster, maka dalam setiap sel/piksel mempunyai ukuran 1 Km² (1 km x 1 km).

Terdapat beberapa keuntungan dalam menggunakan model raster, diantaranya adalah :

- a. Memiliki struktur data yang sederhana, berbentuk sel matriks dengan nilainya yang dapat merepresentasikan suatu koordinat dan kadangkala memiliki link dengan tabel atribut.
- b. Format yang sangat cocok untuk dapat melakukan analisis statistik dan spasial.
- c. Mempunyai kemampuan dalam merepresentasikan data-data yang bersifat continuous seperti dalam memodelkan permukaan bumi.
- d. Memiliki kemampuan untuk menyimpan titik (*point*), garis (*line*), area (*polygon*), dan permukaan (*surface*)
- e. Memiliki kemampuan dalam melakukan proses tumpang-tindih (*overlay*) secara lebih cepat pada data yang kompleks.

4. Manusia

Teknologi SIG tidaklah menjadi bermanfaat tanpa manusia yang mengelola sistem dan membangun perencanaan yang dapat diaplikasikan sesuai kondisi dunia nyata. Sama

seperti pada Sistem Informasi yang lain pemakai SIG pun memiliki tingkatan tertentu, dari tingkat spesialis teknis yang mendesain dan memelihara sistem sampai pada pengguna yang menggunakan SIG untuk menolong pekerjaan mereka sehari-hari.

5. Metode

SIG yang baik memiliki keserasian antara rencana desain yang baik dan aturan dunia nyata, dimana metode, model dan implementasi akan berbeda-beda untuk setiap permasalahan. Diman komponen yang satu dan yang lainnya saling berkaitan, metode digunakan dalam penggunaan sistem informasi geografis. Baik dengan cara penggunaan maupun melakukan operasi dari serangkaian komponen tersebut.

2.9 Metode Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. *Fuzzy logic* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar *fuzzy logic* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan *fuzzy logic* tersebut.

2.9.1 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu x dalam himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$, memiliki dua kemungkinan, yaitu :

- a. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
- b. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

2.9.2 Fungsi Keanggotaan

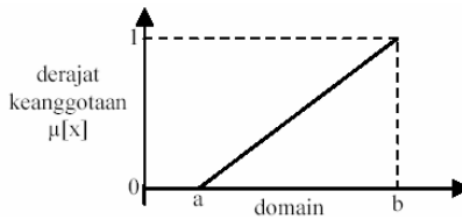
Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik *input* data ke

dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear.

Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



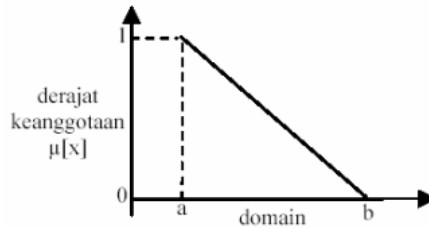
Gambar 2.7 Representasi Linear Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak

menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih rendah.



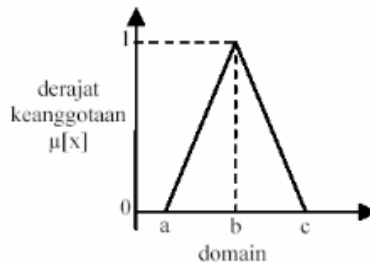
Gambar 2.8 Representasi Linear Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada Gambar.



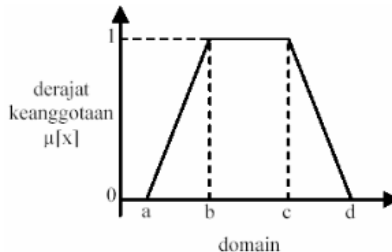
Gambar 2.9 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

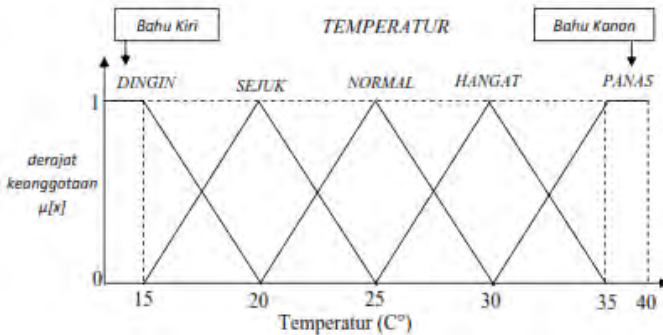
Kurva Trapesium pada dasarnya seperti berbentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.10 Representasi Kurva Trapesium

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: “Dingin” bergerak ke “Sejuk” bergerak ke “Hangat” dan bergerak ke “Panas”). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi “Panas”, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi “Panas”. Himpunan *fuzzy* ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, sebaliknya bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar menunjukkan variabel “Temperatur” dengan daerah bahunya.

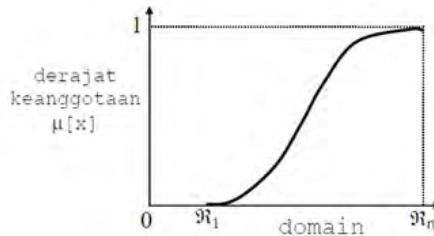


Gambar 2.11 Daerah “Bahu” pada Variabel “Temperatur”

e. Representasi Kurva-S

Kurva “Pertumbuhan” dan “Penyusutan” merupakan kurva-S atau *sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara linear.

Kurva-S untuk “Pertumbuhan” akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi.

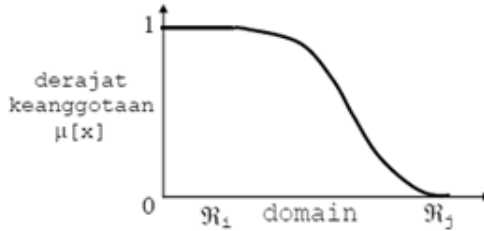


Gambar 2.12 Himpunan *Fuzzy* dengan Kurva-S : “Pertumbuhan”

Fungsi Keanggotaan :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha) / (\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((\gamma - x) / (\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases}$$

Kurva-S untuk “Penyusutan” akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti terlihat pada Gambar.

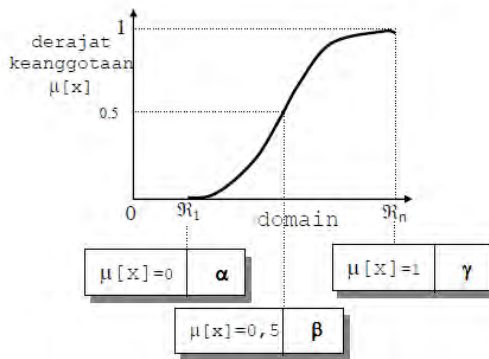


Gambar 2.13 Himpunan Fuzzy dengan Kurva-S : “Penyusutan”

Fungsi Keanggotaan :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 1 - 2((x - \alpha) / (\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 2((\gamma - x) / (\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases}$$

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar menunjukkan karakteristik kurva-S dalam bentuk skema.



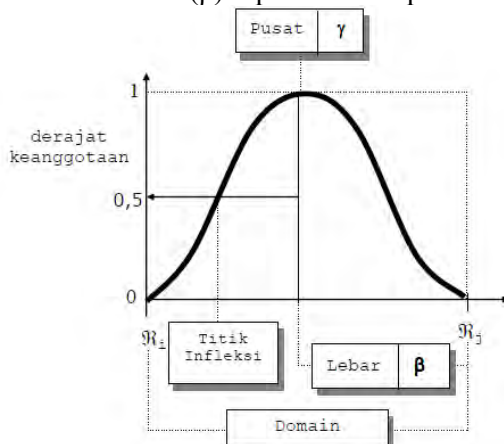
Gambar 2.14 Karakteristik Fungsi Kurva-S

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk merepresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva bentuk lonceng. Kurva bentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu : Himpunan *fuzzy* π , BETA, dan GAUSS. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

- Kurva π

Kurva π berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar.



Gambar 2.15 Karakteristik Fungsi Kurva π

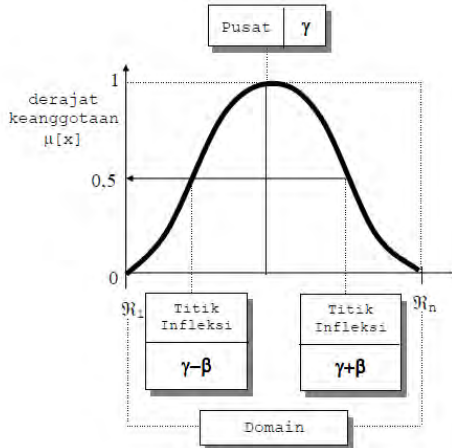
Fungsi Keanggotaan :

$$\Pi(x, \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; \gamma - \beta, \gamma - \beta/2, \gamma) & x \leq \gamma \\ 1 - S(x; \gamma, \gamma + \beta/2, \gamma + \beta) & x > \gamma \end{cases}$$

- Kurva BETA

Seperi halnya kurva π , kurva BETA juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan parameter, yaitu nilai pada

domain yang menunjukkan pusat kurva (γ), dan setengah lebar kurva (β) seperti terlihat pada Gambar.



Gambar 2.16 Karakteristik Fungsional Kurva BETA

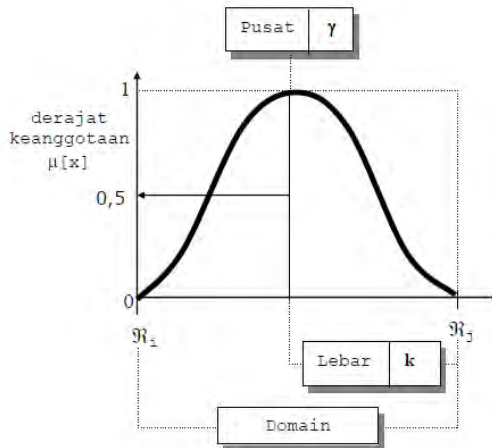
Fungsi Keanggotaan :

$$B(x, \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^2}$$

Salah satu perbedaan mencolok kurva BETA dari kurva π adalah, fungsi keanggotaannya akan mendekati nol hanya jika nilai (β) sangat besar.

- Kurva GAUSS

Jika kurva π dan kurva BETA menggunakan dua parameter yaitu (γ) dan (β), kurva GAUSS juga menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yaitu menunjukkan lebar kurva (Gambar).



Gambar 2.17 Karakteristik Fungsional Kurva GAUSS

Fungsi Keanggotaan :

$$G(x;k,\gamma)=e^{-k(\gamma-x)^2}$$

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait penentuan potensi daerah rawan bencana longsor adalah sebagai berikut:

1. Ulhaq (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Zona Ancaman Bahaya Longsor Lahan (*Landslide*) Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri”. Dalam penelitian tersebut memiliki tujuan untuk memetakan sebaran zona ancaman risiko longsorlahan beserta agihannya serta mengidentifikasi upaya pengurangan risiko longsor lahan oleh masyarakat. Metode yang digunakan dengan cara melakukan survey yang meliputi pencatatan di lapangan dan data sekunder yang kemudian akan dianalisis menggunakan SIG.

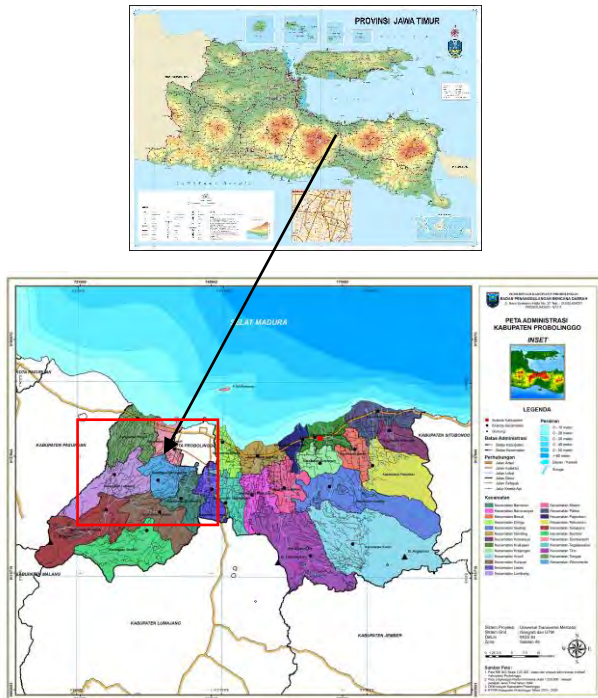
2. Lestari (2008) dalam penelitiannya yang berjudul “Penerapan Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor Di Kabupaten Bogor”. Dalam penelitian tersebut memiliki tujuan untuk memetakan tingkat daerah rawan longsor dan menganalisa daerah rawan longsor tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut dengan cara melakukan pembobotan pada tiap parameter daerah rawan longsor atau disebut juga *scoring*.
3. Nugrono (2010) dalam penelitiannya yang berjudul “Pemetaan Daerah Rawan Longsor Dengan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis”. Dalam penelitian tersebut memiliki tujuan untuk melakukan pengolahan dan analisis data dari citra satelit SPOT 4 dan data-data pendukung lainnya yang digunakan untuk menentukan lokasi daerah rawan longsor di Kawasan Hutan Lindung Kabupaten Mojokerto.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Metode tersebut merupakan yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan dari tanah longsor berdasarkan teori himpunan *fuzzy* yang merupakan dasar dari metode ini. Pada teori tersebut peranan derajat keanggotaan (*membership function*) sangatlah penting. Dibandingkan dengan metode skoring konsep penggunaan metode *fuzzy logic* mudah dimengerti karena konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini adalah Kabupaten Probolinggo dengan kondisi geografis $7^{\circ}40'36.16''$ - $8^{\circ}01'38.42''$ LS dan $112^{\circ}55'42.50''$ - $113^{\circ}38'34.38''$ BT. Kabupaten ini berbatasan sebelah utara dengan Selat Madura, sebelah selatan dengan Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Malang, sebelah barat dengan Kabupaten Pasuruan, sebelah timur dengan Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Jember, dan sebelah utara bagian tengah dengan Kota Probolinggo.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber : BPBD, 2014)

Dilihat dari kondisi topografinya Kabupaten Probolinggo terletak di lereng gunung-gunung membujur dari Barat ke Timur, yakni Gunung Semeru, Gunung Argopuro, Gunung Tengger dan Gunung Lamongan. Menurut hasil registrasi penduduk, jumlah penduduk tahun 2013 tercatat 1.191.784 jiwa. Dengan rincian jumlah laki-laki sebanyak 589.556 jiwa dan perempuan 602.228 jiwa. Mayoritas penduduk Kabupaten Probolinggo adalah pemeluk agama Islam 98,38%, diikuti Hindu 1,35%, Protestan 0,16%, Katolik 0,10%, Budha 0,01%, Lainnya 0,01%. (BPS, 2015)

Dalam penelitian ini studi kasus yang digunakan adalah empat kecamatan di Kabupaten Probolinggo. yaitu, Kecamatan Sukapura, Kecamatan Lumbang, Kecamatan Sumber, dan Kecamatan Kuripan.

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Data Citra Landsat 8 pada bulan Juni 2015 dari *earthexplorer.usgs.gov*
2. Peta Curah Hujan wilayah Kabupaten Probolinggo tahun 2014 (Sumber : BPBD Kabupaten Probolinggo).
3. Peta Jenis Tanah wilayah Kabupaten Probolinggo tahun 2014 (Sumber : BPBD Kabupaten Probolinggo).
4. Peta Tutupan Lahan wilayah Kabupaten Probolinggo tahun 2014 (Sumber : BPBD Kabupaten Probolinggo).
5. Data Kontur wilayah Kabupaten Probolinggo tahun 2014 (Sumber : BPBD Kabupaten Probolinggo).
6. Peta Administrasi Kabupaten Probolinggo tahun 2014 (Sumber : BPBD Kabupaten Probolinggo).

3.2.2 Peralatan

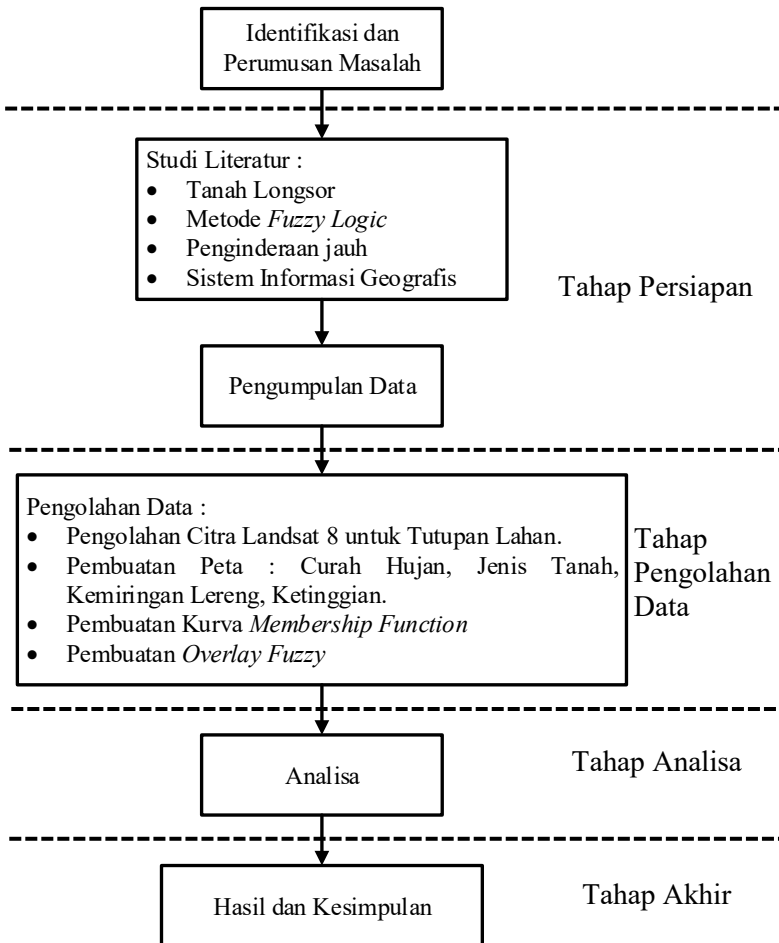
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat keras (*Hardware*)
 - Laptop merk Lenovo B490
2. Perangkat lunak (*Software*)
 - Sistem Operasi *Windows 7 Ultimate 64 bit*
 - *Microsoft Office* 2016 untuk pembuatan laporan.
 - *Microsoft Visio* 2016 untuk pembuatan diagram alir.
 - *Software ArcGIS* 10.3
 - *Er Mapper* 7.1

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahap Penelitian

Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahap Penelitian

1. Tahap Persiapan

- Identifikasi dan Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana untuk mengetahui daerah rawan bencana longsor dengan

beberapa parameter penentu seperti curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng dan tutupan lahan.

- Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan beberapa buku referensi, jurnal, majalah, koran, internet dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang terkait untuk menentukan metode pemecahan masalah yang terkait dengan penelitian.

- Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data berupa data *shapefile* curah hujan, jenis tanah tahun 2014, data kontur tahun 2014, dan peta administrasi Kabupaten Probolinggo yang diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Probolinggo.

2. Tahap Pengolahan Data

Dilakukan pengolahan citra landsat 8 untuk mendapatkan peta tutupan lahan sebagai salah satu parameter tanah longsor. Kemudian dilakukan klasifikasi berupa *cropping* pada tiap parameter sesuai dengan daerah lokasi penelitian yang meliputi klasifikasi curah hujan, klasifikasi jenis tanah, klasifikasi ketinggian, klasifikasi kemiringan lereng, dan klasifikasi terhadap tutupan lahan. Dilakukan pembuatan *layout* pada tiap peta parameter sesuai dengan kaidah kartografi, penentuan nilai variabel fungsi keanggotaan (*membership function*), dan pembuatan *overlay fuzzy*.

3. Tahap Analisa

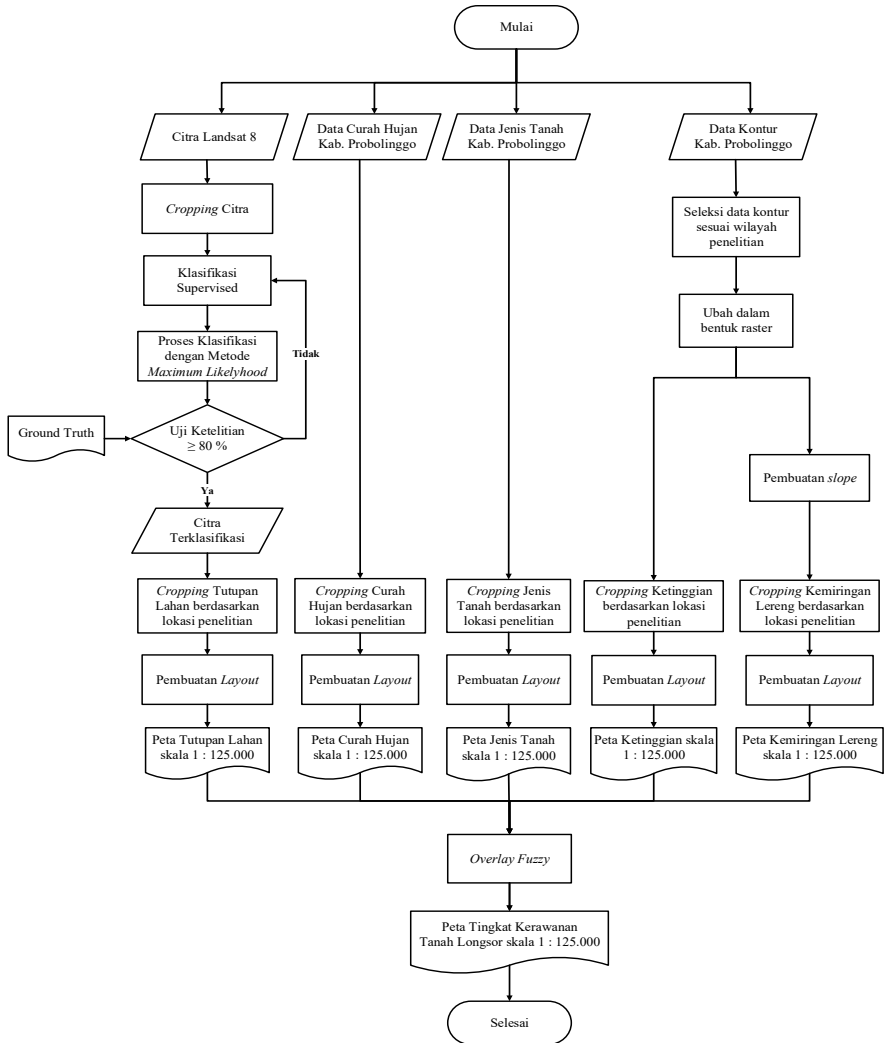
Pada tahapan ini dilakukan analisa pada tiap parameter tanah longsor dan analisa terhadap hasil *overlay fuzzy*.

4. Tahap Akhir

Pada tahapan akhir ini dilakukan penyusunan laporan tugas akhir yang berisikan tahapan pelaksanaan dan pengerjaan dari tugas akhir.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Adapun tahapan pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahapan pengolahan data :

1. Mulai.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan perencanaan dan identifikasi terhadap lokasi penelitian.

2. Pembuatan peta parameter.

Terdapat 5 parameter yang digunakan untuk menentukan daerah rawan longsor data diperoleh dari BPBD Kab. Probolinggo dalam format shp.

- Peta Curah Hujan

Pengolahan data curah hujan dilakukan dengan cara menyeleksi sesuai daerah penelitian. Didapat 3 kelas daerah curah hujan berdasarkan pada lokasi penelitian.

- Peta Jenis Tanah

Pengolahan pembuatan peta jenis tanah dilakukan proses klasifikasi berdasarkan daerah studi kasus penelitian. Dan didapatkan 4 kelas jenis tanah.

- Peta Ketinggian

Pada pembuatan peta ketinggian diperoleh dari data kontur yang kemudian diubah dalam bentuk data raster dengan menggunakan *3D Analyst Tools* → *Raster Interpolation* → *Topo To Raster* pada software ArcGIS 10.3.

- Peta Kemiringan Lereng

Pada pembuatan peta kemiringan lereng didapatkan dari data kontur yang kemudian diubah dalam bentuk data raster. Untuk mendapatkan nilai tiap kemiringan lereng digunakan proses *3D Analyst Tools* → *Raster Surface* → *Slope*.

- Peta Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan didapat dari proses pengolahan citra satelit Landsat 8. Kemudian dilakukan seleksi berdasarkan studi kasus penelitian. Selanjutnya dilakukan klasifikasi untuk mendapatkan kelas tiap tutupan lahan.

3. Pembuatan Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*)
Pada pembuatan *membership function* dilakukan pada software ArcGIS untuk mendapatkan nilai
4. *Overlay Fuzzy*
Proses pengolahan *overlay fuzzy* adalah proses penggabungan 5 parameter tanah longsor dari peta curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng, tutupan lahan yang telah dilakukan pembobotan berdasarkan fungsi keanggotaan (*membership function*) masing – masing pada Matlab. Proses *overlay fuzzy* dilakukan dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.3.
5. Hasil
Hasil berupa peta daerah rawan bencana tanah longsor yang kemudian akan dilakukan analisa terhadap tingkat kerawanan pada tiap lokasi penelitian.
6. Selesai

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Pengolahan Data

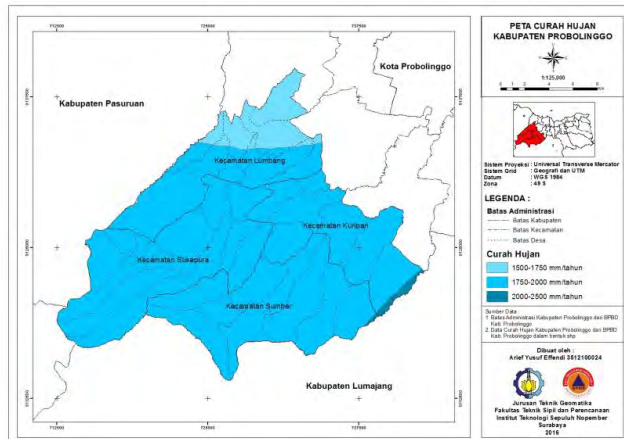
4.1.1 Peta Parameter Penyebab Tanah Longsor

Dalam proses pembuatan peta parameter penyebab tanah longsor diperlukan beberapa data pendukung dalam penentuan tingkat kerawanan tanah longsor. Parameter yang digunakan sebagai penentuan daerah rawan bencana tanah longsor diantaranya curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng dan tutupan lahan. Data tersebut didapat dari instansi Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Probolinggo.

1. Curah Hujan

Data curah hujan yang didapat dalam bentuk format shp mencakup seluruh kecamatan di Kabupaten Probolinggo.

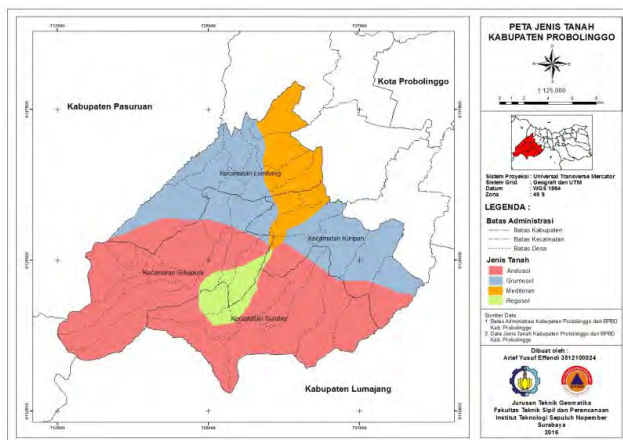
Dalam proses pembuatan peta parameter curah hujan dilakukan klasifikasi berdasarkan studi kasus penelitian. Dari studi kasus tersebut didapatkan 3 tingkat kelas curah hujan. Kelas rendah 1500-1750 mm/tahun, kelas sedang 1750-2000 mm/tahun, dan kelas tinggi 2000-2500 mm/tahun. Setelah didapatkan nilai dari tiap kelas tersebut selanjutnya dilakukan pembuatan *layout* peta sebagai hasil akhir.



Gambar 4.1 Peta Curah Hujan

2. Jenis Tanah

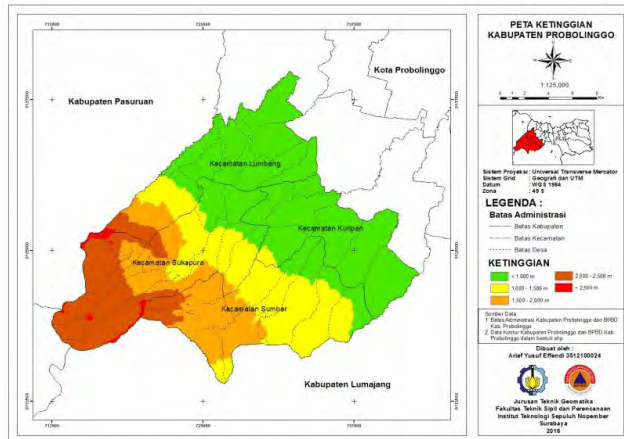
Data jenis tanah didapat dalam format vektor (shp). Data tersebut mencakup seluruh kecamatan di Kabupaten Probolinggo. Terdapat 6 kelas jenis tanah yang ada di Kabupaten Probolinggo diantaranya Latosol, Aluvial, Andosol, Grumosol, Regosol, dan Mediteran. Untuk klasifikasi jenis tanah yang mencakup studi kasus dari daerah penelitian ini terdapat 4 kelas jenis tanah yaitu Andosol, Grumosol, Regosol, dan Mediteran.



Gambar 4.2 Peta Jenis Tanah

3. Ketinggian

Untuk pembuatan peta ketinggian, data yang digunakan berupa data kontur. Yang selanjutnya akan diproses kedalam ArcGIS menjadi data ketinggian dalam bentuk raster. Selanjutnya dalam proses klasifikasi didapatkan 5 kelas ketinggian. Diantaranya, sangat rendah <1000 m, rendah 1000-1500 m, sedang 1500-2000 m, tinggi 2000-2500 m, dan sangat tinggi >2500 m.



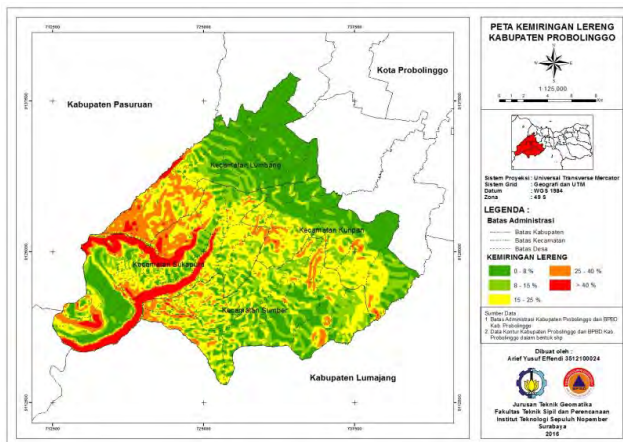
Gambar 4.3 Peta Ketinggian Wilayah

4. Kemiringan Lereng

Dalam proses pembuatan peta kemiringan lereng prosesnya hampir sama dengan pembuatan peta ketinggian. Yang membedakan adalah pada proses klasifikasi dibuat dengan menentukan nilai *slope* (kemiringan) dalam bentuk persen.

$$\text{Slope (\%)} = \frac{\text{beda tinggi}}{\text{jarak di lapangan}} \times 100\%$$

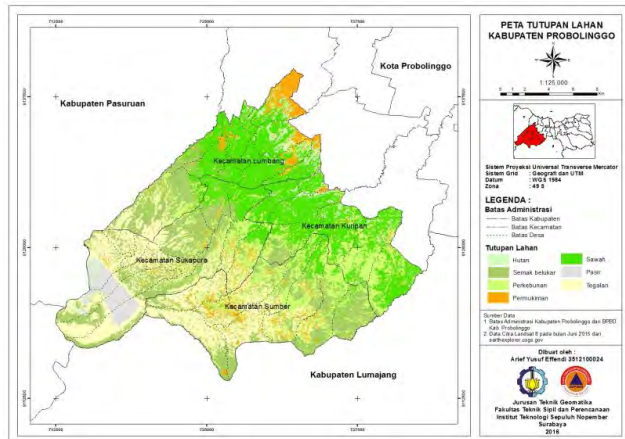
Sehingga didapat 5 jenis kelas kemiringan lereng. Diantaranya, datar 0-8%, landai 8-15%, agak curam 15-25%, curam 25-40% dan sangat curam >40% (SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80).



Gambar 4.4 Peta Kemiringan Lereng

5. Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan didapatkan dari pengolahan data citra satelit landsat 8 yang diambil pada bulan Juni 2015 pada website *earthexplorer.usgs.gov*. Pada tahapan pengolahannya citra yang didapat dilakukan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) untuk mendapatkan kelas tutupan lahan. Pada proses klasifikasi ini menggunakan metode *maximum likelihood*. Dari hasil klasifikasi tersebut didapat 7 kelas tutupan lahan. Diantaranya pasir, hutan, perkebunan, semak belukar, sawah, pemukiman dan tegalan.



Gambar 4.5 Peta Tutupan Lahan

Berdasarkan tingkat kepekaan terhadap erosi dapat digolongkan menjadi 4 kelas kategori. Kurang peka : pasir dan hutan, agak peka : perkebunan dan semak belukar, peka : sawah dan pemukiman serta kategori sangat peka : tegalan (Karnawati, 2003).

4.1.2 Fuzzy Membership

Dalam menentukan tingkat kerawanan tanah longsor menggunakan metode *fuzzy logic* akan diolah sebagai himpunan *fuzzy* yang memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 sampai 1.

Dalam mengolah menggunakan sistem *fuzzy logic* terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti berikut :

- a. Variabel *fuzzy*, merupakan variabel yang memiliki sifat ketidakpastian *fuzzy*, terbagi 2 jenis yaitu variabel *input fuzzy* dan variabel output *fuzzy* (konsekuen)
- b. Himpunan *fuzzy*, merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam variabel *fuzzy*. Berikut himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini. Dalam hal ini

himpunan *fuzzy* merupakan parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan daerah rawan tanah longsor.

Tabel 4.1 Parameter Curah Hujan

No	Kelas	Curah Hujan	Nilai Linguistik
1	Rendah	1500-1750mm/tahun	$1500 \leq x \leq 1750$
2	Sedang	1750-2000mm/tahun	$1750 < x \leq 2000$
3	Tinggi	2000-2500mm/tahun	$2000 < x \leq 2500$

Tabel 4.2 Parameter Jenis Tanah

No	Kepekaan terhadap erosi	Jenis Tanah	Nilai Linguistik
1	Kurang Peka	Mediteran	$45 < y \leq 60$
2	Peka	Andosol, Grumosol	$60 < y \leq 75$
3	Sangat Peka	Regosol	$x > 75$

Tabel 4.3 Parameter Ketinggian

No	Kelas	Ketinggian	Nilai linguistik
1	Sangat Rendah	< 1000m	$z < 1000$
2	Rendah	1000-1500m	$1000 < z \leq 1500$
3	Sedang	1500-2000m	$1500 < z \leq 2000$
4	Tinggi	2000-2500m	$2000 < z \leq 2500$
5	Sangat Tinggi	>2500m	$z > 2500$

Tabel 4.4 Parameter Kemiringan Lereng

No	Kelas	Tingkat Kemiringan Lereng	Nilai Linguistik
1	Datar	0-8%	$m \leq 8$
2	Landai	8-15%	$8 < m \leq 15$
3	Agak Curam	15-25%	$15 < m \leq 25$
4	Curam	25-40%	$25 < m \leq 40$
5	Sangat Curam	>40%	$m > 40$

Tabel 4.5 Parameter Tutupan Lahan

No	Kepekaan terhadap erosi	Tutupan Lahan	Nilai Linguistik
1	Kurang Peka	Pasir, Hutan	$n < 10$
2	Agak Peka	Perkebunan, Semak Belukar	$10 < n \leq 30$
3	Peka	Sawah, Pemukiman	$30 < n \leq 50$
4	Sangat Peka	Tegalan	$n > 50$

- c. Nilai linguistik, adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Dalam menentukan rentang nilai linguistik dilakukan berdasarkan hasil perolehan data di lapangan. Contoh nilai linguistik dalam penelitian ini adalah :
- Curah hujan : $1500 \leq x \leq 1750$
 - Ketinggian : $1000 \leq z \leq 1500$
 - Kemiringan lereng : $8 \leq m \leq 15$
- d. Domain himpunan *fuzzy*, adalah keseluruhan nilai yang boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* dan masih berada dalam rentang nilai linguistik.
- Curah Hujan RENDAH : 1500-1750mm/tahun
 - Curah Hujan TINGGI : 2000-2500mm/tahun
- e. Fungsi keanggotaan (*membership function*), adalah kurva yang memetakan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaannya (μ) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.
- Setiap himpunan *fuzzy* dilakukan proses *fuzzy membership* untuk mendapatkan nilai yang diinginkan. Pada penelitian ini proses *fuzzy membership* dilakukan pada ArcToolbox yang terdapat pada ArcGIS. Berikut adalah tahapannya *Spatial Analyst Tools* → *Overlay* → *Fuzzy Membership*. Dalam jendela *Fuzzy Membership*

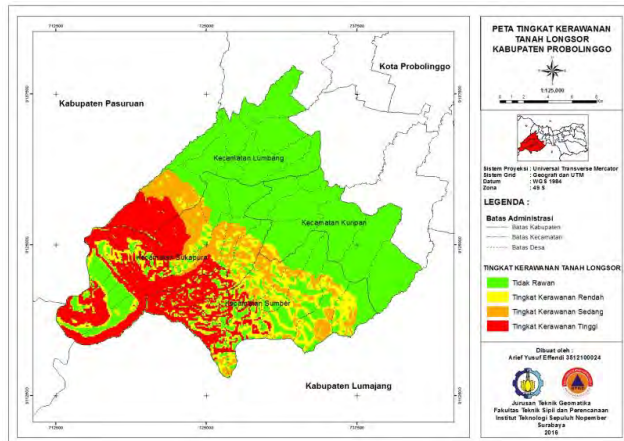
pada *Membership type* pilih Linear. Kemudian masukkan nilai minimum dan maksimum dari tiap parameter. Hasil akhir yang didapat setelah melakukan *fuzzy membership* didapatkan peta tiap parameter dalam format raster.

4.1.3 Overlay Fuzzy

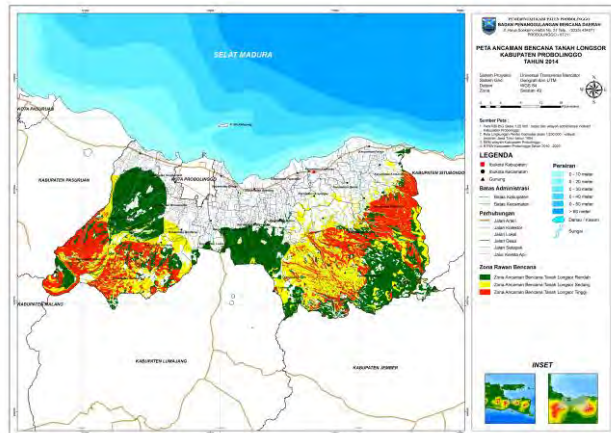
Pada tahapan ini setelah dilakukan proses *fuzzy membership* langkah selanjutnya adalah dilakukan proses *overlay*. Dalam tahapan *overlay* ini dilakukan pada ArcToolbox yang terdapat pada ArcGIS dengan tahapan sebagai berikut pilih *Spatial Analyst Tools* → *Overlay* → *Overlay Fuzzy*. Dari kelima parameter yang telah dilakukan proses *fuzzy membership* berdasarkan nilai linguistik dari tiap parameter akan dilakukan proses tumpang tindih (*overlay*). Aturan fuzzy, berfungsi sebagai penghubung antara variabel *input fuzzy* dengan variabel *output fuzzy* (konsekuen). Hubungan kedua jenis variabel ini dibentuk dalam sebuah relasi yang menggunakan operator *fuzzy*, *and* atau *or*. Dalam jendela *Overlay Fuzzy* pada *Overlay type* pilih 'AND' dimana dalam hal ini sebagai operator *fuzzy* yang saling menghubungkan antar tiap parameter. Dari proses *overlay fuzzy* yang telah dilakukan nantinya akan didapatkan hasil peta tingkat kerawanan tanah longsor.

4.1.4 Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor

Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor didapat dari proses *overlay* atau pertampalan dari 5 parameter penyebab tanah longsor. Metode yang digunakan adalah Metode *Fuzzy Logic*. Berikut hasil yang didapat setelah dilakukan proses *overlay* dari masing-masing parameter :



Gambar 4.6 Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Berdasarkan hasil Peta Tingkat Kerawanan tanah Longsor yang telah didapat jika dibandingkan dengan Peta Ancaman Bencana Tanah Longsor Kabupaten Probolinggo Tahun 2014 terdapat kemiripan dengan hasil pengolahan dengan metode yang digunakan. Diantaranya terlihat dari daerah yang memiliki potensi tanah longsor tinggi yang terdapat di Kecamatan Sukapura.



Gambar 4.7 Peta Ancaman Bencana Tanah Longsor Kabupaten Probolinggo Tahun 2014

4.2 Analisa Hasil Pengolahan

4.2.1 Analisa Parameter Tanah Longsor

Dari hasil klasifikasi yang telah dilakukan sebelumnya akan didapat nilai luas dari tiap kelas pada masing-masing parameter. Berikut adalah hasil perhitungan luas pada tiap-tiap parameter yang telah dilakukan pada ArcGIS.

1. Curah Hujan

Ancaman longsor biasanya terjadi ketika meningkatnya intensitas curah hujan pada suatu wilayah. Semakin tinggi intensitas curah hujan suatu wilayah kemungkinan terjadinya longsor akan semakin besar. Karena air hujan yang masuk kedalam tanah yang merekah akan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga akan menimbulkan gerakan lateral. Berikut intensitas/kelas curah hujan yang terdapat pada studi kasus penelitian.

Tabel 4.6 Luas Parameter Curah Hujan

Kelas	Curah Hujan	Luas (ha)	%
Rendah	1500-1750 mm/tahun	3008,40	7,83
Sedang	1750-2000 mm/tahun	35139,19	91,45
Tinggi	2000-2500 mm/tahun	275,50	0,72
Total	Total	38423,09	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.8 Diagram Luas Parameter Curah Hujan
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi pada intensitas sedang antara 1750-2000 mm/tahun dengan luas sebesar 35139.19 ha. Berdasarkan pada gambar 4.7 persentase luas curah hujan dari tertinggi sampai terendah untuk kelas/intensitas sedang sebesar 91,45%, kelas/intensitas rendah sebesar 7,83%, dan kelas/intensitas tinggi sebesar 0,72%. Hal ini menunjukkan bahwa daerah kecamatan sukapura, kecamatan limbang, kecamatan kuripan, kecamatan sumber memiliki kemungkinan berpotensi akan timbulnya tanah longsor.

2. Jenis Tanah

Dari hasil klasifikasi berdasarkan studi kasus penelitian didapatkan 4 kelas jenis tanah diantaranya jenis tanah andosol, grumosol, mediteran, regosol.

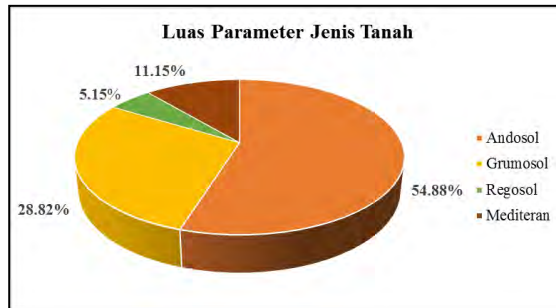
- a. Andosol : Tanah jenis ini berasal dari bahan induk abu vulkanik. Penyebaran didaerah beriklim sedang dengan curah hujan diatas 2.500 mm/tahun tanpa bulan kering. Umumnya dijumpai didaerah lereng atas kerucut vulkanik pada ketinggian diatas 800 meter. Warna tanah jenis ini umumnya cokelat, abu-abu hingga hitam.

- b. Grumosol : Tanah grumosol berasal dari batu kapur, batuan lempung, tersebar didaerah iklim subhumid atau subarid dan curah hujan kurang 2.500 mm/tahun.
- c. Mediteran : Tanah jenis ini berasal dari batuan kapur keras (limestone). Penyebaran didaerah beriklim subhumid, topografi karst dan lereng vulkanik dengan ketinggian dibawah 400 m. Warna tanah cokelat hingga merah. Khusus tanah mediteran merah kuning didaerah topografi karst disebut “Terra Rossa”
- d. Regosol : Tanah ini merupakan endapan abu vulkanik baru yang memiliki butir kasar. Penyebaran terutama pada daerah lereng gunung api. Tanah ini banyak terdapat didaerah Sumatra bagian timur dan barat, Jawa, Bali dan Nusa Tenggara.

Tabel 4.7 Luas Parameter Jenis Tanah

Jenis Tanah	Luas (ha)	%
Andosol	21087,20	54,88
Grumosol	11073,86	28,82
Regosol	1978,28	5,15
Mediteran	4283,76	11,15
Total	38423,09	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.9 Diagram Luas Parameter Jenis Tanah

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa parameter jenis tanah tertinggi adalah jenis tanah andosol dengan luas sebesar 21087.20 ha. Berdasarkan pada gambar 4.8 persentase luas jenis tanah dari tertinggi sampai terendah untuk jenis tanah andosol sebesar 54,88%, grumosol sebesar 28,82%, mediteran sebesar 11,15% dan regosol sebesar 5,15%.

Berdasarkan tingkat kepekaan terhadap erosi (SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80) dari keempat kelas jenis tanah tersebut dapat digolongkan menjadi 3 kelas. Kelas yang kurang peka terhadap erosi yaitu Mediteran, kelas yang peka terhadap erosi Andosol dan Grumosol. Serta untuk kelas yang sangat peka terhadap erosi adalah Regosol. Hal ini menunjukkan bahwa jenis tanah yang dimiliki dari empat kecamatan yang terdapat pada studi kasus penelitian memiliki tingkat kepekaan terhadap kemungkinan terjadinya tanah longsor.

Tabel 4.8 Tingkat Kepekaan Jenis Tanah Terhadap Erosi

Kepekaan terhadap erosi	Jenis Tanah
Kurang Peka	Mediterran
Peka	Andosol, Grumosol
Sangat Peka	Regosol

Sumber : SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80

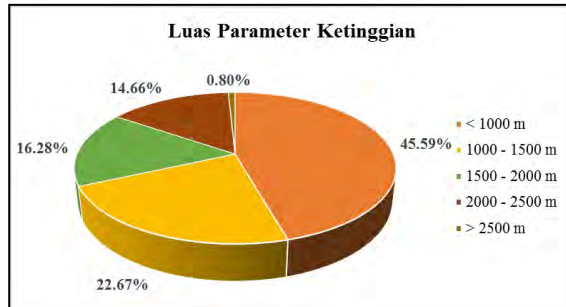
3. Ketinggian

Ketinggian suatu wilayah juga merupakan salah satu faktor yang dapat menjadi potensi kemungkinan terjadinya tanah longsor. Karena semakin tinggi ketinggian suatu wilayah akan menyebabkan massa tanah dan batuan yang mengalami proses gangguan keseimbangan akan memiliki dampak yang besar ketika terjadinya tanah longsor. Massa tanah dan batuan yang dibawa semakin banyak. Berdasarkan hasil klasifikasi terhadap studi kasus penelitian didapat 5 kelas ketinggian sebagai berikut :

Tabel 4.9 Luas Parameter Ketinggian

Kelas	Ketinggian	Luas (ha)	%
Sangat Rendah	< 1000 m	17515,96	45,59
Rendah	1000 - 1500 m	8711,97	22,67
Sedang	1500 - 2000 m	6253,47	16,28
Tinggi	2000 - 2500 m	5632,63	14,66
Sangat Tinggi	> 2500 m	309,06	0,80
Total		38423,09	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.10 Diagram Luas Parameter Ketinggian

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa ketinggian tertinggi adalah <1000 m dengan luas sebesar 17515.96 ha. Berdasarkan pada gambar 4.9 persentase luas ketinggian dari tertinggi sampai terendah untuk ketinggian <1000 sebesar 45,59%, 1000-1500 sebesar 22,67%, 1500-2000 sebesar 16,28%, 2000-2500 sebesar 14,66% dan >2500 sebesar 0,8%.

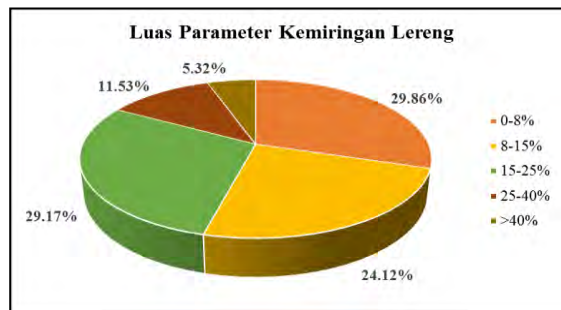
4. Kemiringan Lereng

Longsor akan meningkat seiring dengan bertambahnya kemiringan lereng dari suatu wilayah. Kemiringan lereng yang hampir tegak lurus mengakibatkan banyak lereng yang tidak stabil. Karena semakin terjal atau semakin curam suatu lereng akan semakin besar kemungkinan untuk terjadinya tanah longsor.

Tabel 4.10 Luas Parameter Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan	Luas (ha)	%
Datar	0-8%	11474,28	29,86
Landai	8-15%	9268,24	24,12
Agak Curam	15-25%	11207,87	29,17
Curam	25-40%	4430,03	11,53
Sangat Curam	>40%	2042,66	5,32
Total		38423,09	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.11 Diagram Luas Parameter Ketinggian

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa kemiringan lereng tertinggi 0-8% dengan luas sebesar 11474.28 ha. Berdasarkan pada gambar 4.10 persentase luas kemiringan lereng dari tertinggi sampai terendah untuk datar dengan kemiringan 0-8% sebesar 29,86%, agak curam dengan kemiringan 15-25% sebesar 29,17%, landai dengan kemiringan 8-15% sebesar 24,12%, curam dengan kemiringan 25-40% sebesar 11,53%, dan sangat curam dengan kemiringan >40% sebesar 5,32%.

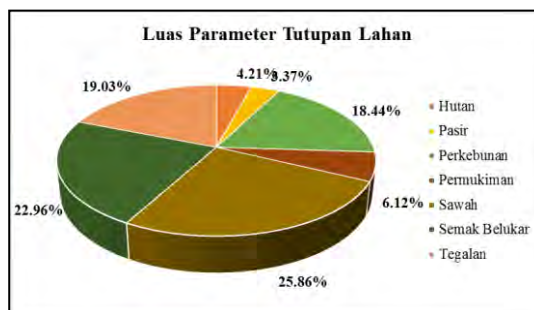
5. Tutupan Lahan

Tutupan Lahan pada suatu wilayah atau daerah akan mempengaruhi tingkat bahaya tanah longsor. Dikarenakan penggunaan suatu lahan yang tidak semestinya. Seperti pemukiman yang memiliki kondisi lahan yang tidak selayaknya dikarenakan berada pada daerah yang memiliki kerentanan longsor tinggi. Selain itu penggunaan lahan yang tidak semestinya akan memiliki dampak akan timbulnya tanah longsor.

Tabel 4.11 Luas Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Luas (ha)	%
Hutan	1616,12	4,21
Pasir	1296,68	3,37
Perkebunan	7086,21	18,44
Permukiman	2351,70	6,12
Sawah	9936,95	25,86
Semak Belukar	8822,34	22,96
Tegalan	7313,09	19,03
Total	38423,09	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.12 Diagram Luas Parameter Tutupan Lahan

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa tutupan lahan tertinggi adalah sawah dengan luas sebesar 9936,95 ha. Berdasarkan pada gambar 4.11 persentase luas tutupan lahan dari tertinggi sampai terendah untuk tutupan lahan sawah sebesar 25,86% , semak belukar sebesar 22,96%, tegalan sebesar 19,03%, perkebunan sebesar 18,44%, permukiman sebesar 6,12%, hutan sebesar 4,21%, dan pasir 3,37%.

4.2.2 Analisa Tingkat Kerawanan Tanah Longsor

Berdasarkan hasil overlay yang telah dilakukan didapat hasil luas dari tingkat kerawanan tanah longsor. Berikut hasil luasan nya :

Tabel 4.12 Luas Tingkat Kerawanan Tanah Longsor

Tingkat Kerawanan Tanah Longsor	Luas (ha)	%
Tidak Rawan	22376,63	58,24
Rendah	8657,29	22,53
Sedang	3159,90	8,22
Tinggi	4229,26	11,01
Total	38423,09	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.13 Diagram Luas Tingkat Kerawanan Tanah Longsor
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.11 menunjukkan bahwa tingkat kerawanan tanah longsor tertinggi adalah dengan luas sebesar 22376.63 ha. Berdasarkan pada gambar 4.12 persentase luas tingkat kerawanan tanah longsor dari tertinggi sampai terendah untuk tingkat tidak rawan sebesar 58,24%, tingkat rawan rendah sebesar 22,53%, tingkat rawan tinggi sebesar 11,01%, dan tingkat rawan sedang 8,22%.

Dari hasil tersebut juga didapatkan analisa berdasarkan tingkat kerawanan pada desa. Berikut hasilnya yang didapat :

Tabel 4.13 Tingkat Kerawanan Tidak Rawan

Tidak Rawan			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Kuripan	Jatisari	1581,38
2	Kuripan	Karangrejo	810,96
3	Kuripan	Kedawung	1313,15
4	Kuripan	Menyono	314,45
5	Kuripan	Resongo	1173,47
6	Kuripan	Wonoasri	1511,02
7	Kuripan	Wringinanom	731,94
8	Lumbang	Boto	632,70
9	Lumbang	Branggah	659,06
10	Lumbang	Lambangkuning	306,10
11	Lumbang	Lumbang	586,90
12	Lumbang	Negororejo	552,53
13	Lumbang	Palangbesi	1012,92
14	Lumbang	Purut	975,03
15	Lumbang	Sapih	406,69

16	Lumbang	Tandonsentul	1100,74
17	Lumbang	Wonogoro	261,66
18	Sukapura	Jetak	9,96
19	Sukapura	Kedasih	294,87
20	Sukapura	Kepung	687,55
21	Sukapura	Ngadas	241,63
22	Sukapura	Ngadirejo	412,72
23	Sukapura	Ngadisari	424,15
24	Sukapura	Pakel	209,04
25	Sukapura	Sapikerep	68,80
26	Sukapura	Sariwani	700,02
27	Sukapura	Sukapura	700,48
28	Sukapura	Wonokerto	57,10
29	Sukapura	Wonotoro	765,71
30	Sumber	Cepoko	661,49
31	Sumber	Gemito	181,80
32	Sumber	Ledokombo	430,88
33	Sumber	Pandansari	375,03
34	Sumber	Rambaan	579,43
35	Sumber	Sumber	1066,40
36	Sumber	Sumberanom	106,58
37	Sumber	Tukul	577,90
38	Sumber	Wonokerso	309,47

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Tingkat Kerawanan Rendah

Rawan Rendah			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Lumbang	Pandansari	378,86
2	Lumbang	Sapih	944,65
3	Sukapura	Jetak	82,30
4	Sukapura	Kedasih	635,68
5	Sukapura	Ledokombo	198,20
6	Sukapura	Ngadas	153,99
7	Sukapura	Ngadirejo	220,95
8	Sukapura	Ngadisari	56,80
9	Sukapura	Pakel	393,83
10	Sukapura	Sapikerep	662,61
11	Sukapura	Sariwani	542,04
12	Sukapura	Sukapura	566,89
13	Sukapura	Wonokerto	229,21
14	Sukapura	Wonotoro	36,62
15	Sumber	Cepoko	835,88
16	Sumber	Gemito	789,91
17	Sumber	Rambaan	511,94
18	Sumber	Sumber	824,17
19	Sumber	Sumberanom	173,52
20	Sumber	Tukul	418,55
21	Sumber	Wonokerso	116,71

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15 Tingkat Kerawanan Sedang

Rawan Sedang			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Lumbang	Sapih	470,13
2	Sukapura	Jetak	34,83
3	Sukapura	Ngadas	496,96
4	Sukapura	Ngadirejo	497,42
5	Sukapura	Ngadisari	193,79
6	Sukapura	Sapikerep	315,76
7	Sukapura	Sariwani	791,51
8	Sukapura	Wonokerto	106,57
9	Sukapura	Wonotoro	193,56
10	Sumber	Ledokombo	36,49
11	Sumber	Pandansari	18,63
12	Sumber	Wonokerso	2,08

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Tingkat Kerawanan Tinggi

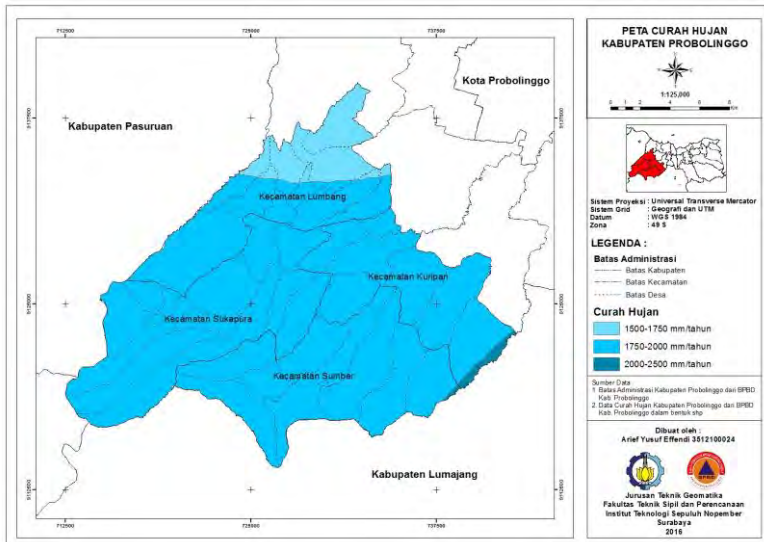
Rawan Tinggi			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Lumbang	Pandansari	267,62
2	Lumbang	Sapih	612,78
3	Sukapura	Jetak	131,11
4	Sukapura	Kedasih	46,72
5	Sukapura	Ledokombo	568,37
6	Sukapura	Ngadas	202,92
7	Sukapura	Ngadirejo	354,22
8	Sukapura	Ngadisari	156,13
9	Sukapura	Pakel	7,15

10	Sukapura	Sapikerep	275,60
11	Sukapura	Sariwani	302,46
12	Sukapura	Wonokerto	95,16
13	Sukapura	Wonotoro	126,13
14	Sumber	Gemito	104,04
15	Sumber	Sumber	25,13
16	Sumber	Sumberanom	319,54
17	Sumber	Wonokerso	633,23

Sumber : Hasil Perhitungan

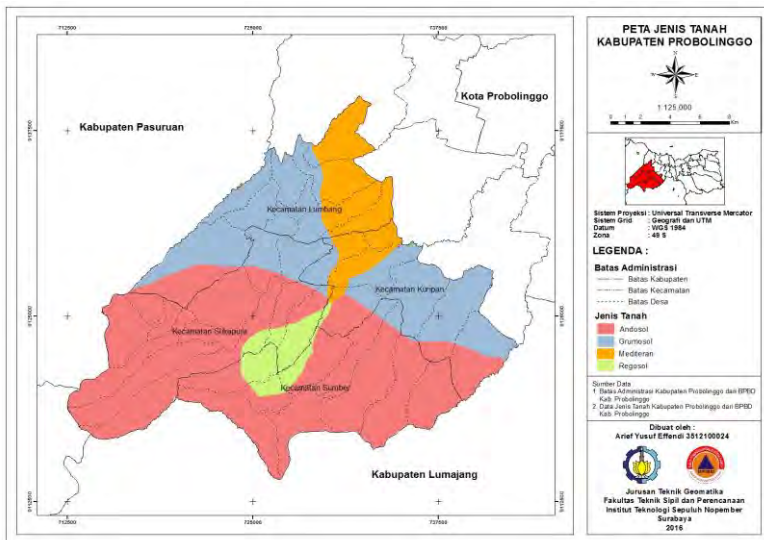
LAMPIRAN

LAMPIRAN A PETA CURAH HUJAN



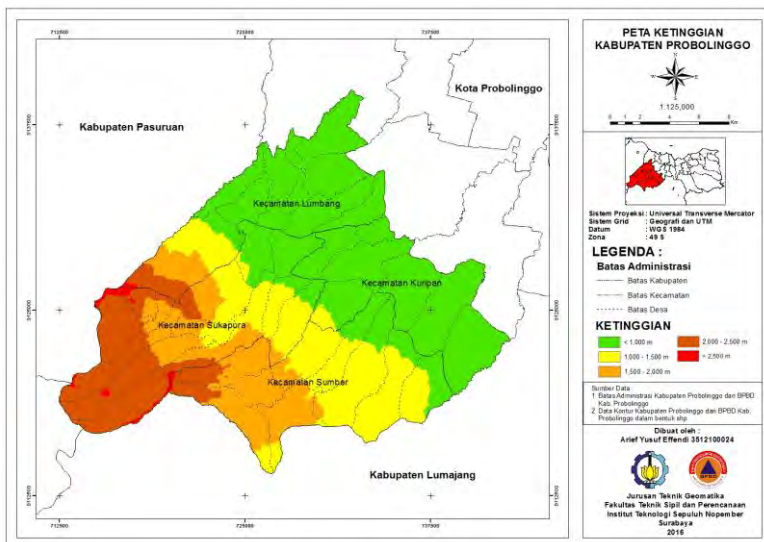
LAMPIRAN B

PETA JENIS TANAH



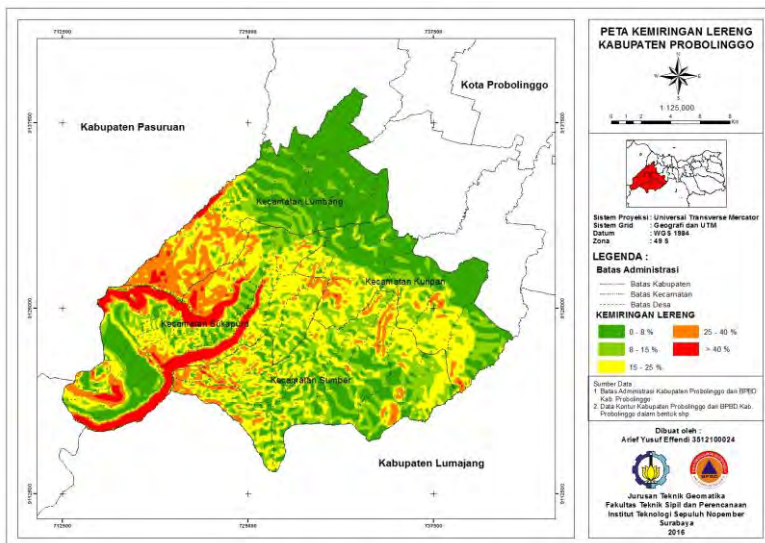
LAMPIRAN C

PETA KETINGGIAN



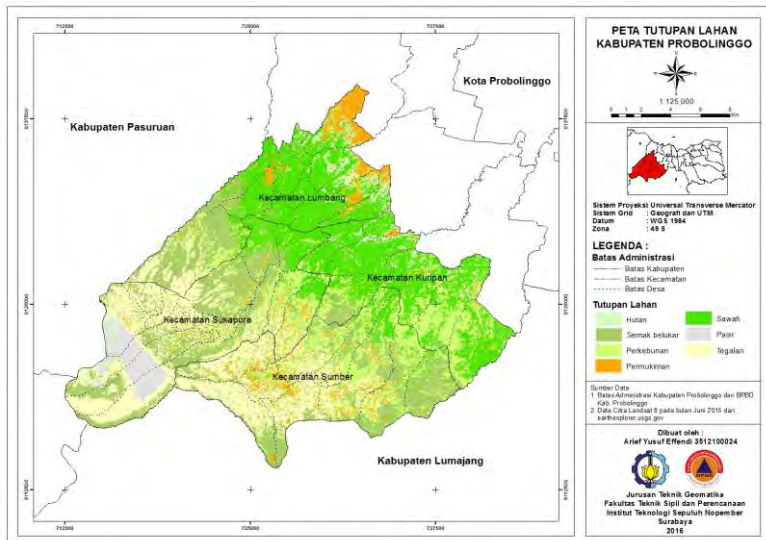
LAMPIRAN D

PETA KEMIRINGAN LERENG



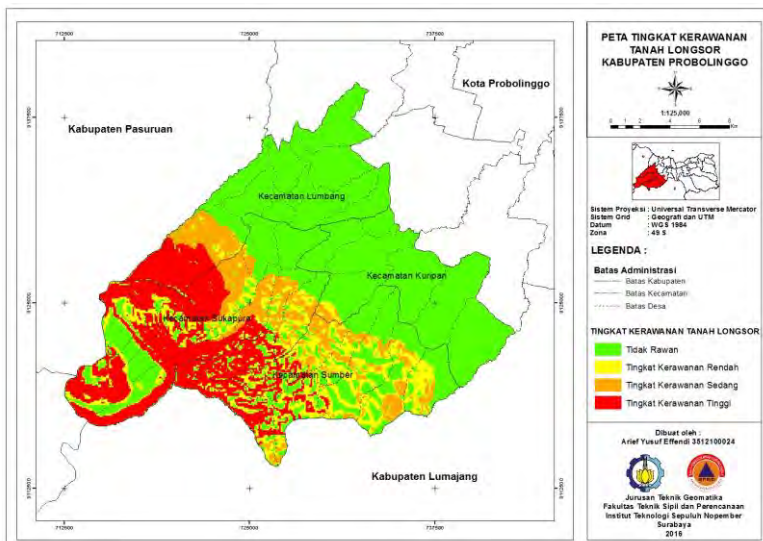
LAMPIRAN E

PETA TUTUPAN LAHAN



LAMPIRAN F

PETA TINGKAT KERAWANAN TANAH LONGSOR



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisa dan uraian dari bab-bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor yang terdiri dari 4 kelas kerawanan, diantaranya Tidak Rawan, Rawan Rendah, Rawan Sedang, Rawan Tinggi.
2. Dari hasil pengolahan data dan hasil overlay terhadap kelima parameter penyebab tanah longsor didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a. Peta tingkat kerawanan tanah longsor didapat dari proses *overlay fuzzy* dari kelima parameter penyebab tanah longsor. Didapat 4 kelas tingkat kerawanan tanah longsor diantaranya kelas tidak rawan, rawan, sedang dan tinggi.
 - b. Didapatkan hasil berdasarkan tingkat desa yang memiliki tingkat kerawanan tanah longsor. Diantaranya untuk tingkat kerawanan tidak rawan didapatkan 7 desa di Kecamatan Kuripan, 10 desa di Kecamatan Lumbang, 12 desa di Kecamatan Sukapura, dan 9 desa di Kecamatan Sumber. Untuk tingkat kerawanan rendah didapatkan hasil 2 desa di Kecamatan Lumbang, 12 desa di Kecamatan Sukapura, dan 7 desa di Kecamatan Sumber. Untuk tingkat kerawanan sedang didapatkan 1 desa di Kecamatan Lumbang, 8 desa di Kecamatan Sukapura, dan 3 desa di Kecamatan Sumber. Untuk tingkat kerawanan tinggi didapatkan hasil 3 desa di Kecamatan Lumbang, 11 desa di Kecamatan Sukapura, dan 4 desa di Kecamatan Sumber.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat ditindak lanjuti dengan penelitian menggunakan parameter lain seperti jenis batuan dan tingkat erosi sehingga dapat diprediksi lokasi-lokasi yang rawan terhadap bencana tanah longsor.
2. Penelitian dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* dapat lebih ditingkatkan dengan metode representasi lain.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menentukan titik-titik rawan tanah longsor berdasarkan parameter tanah longsor.
4. Perlu adanya penelitian sejenis dengan penggunaan data yang lebih akurat, aktual dan lengkap sehingga hasil penelitian bisa lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S dan Carolila, I. 2006. "Implementasi Penginderaan Jauh Untuk Inventarisasi Daerah Rawan Bencana Longsor (Propinsi Lampung)". Jakarta. LAPAN.
- Badan Geologi. 2010. "Gerakan Tanah". Bandung. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- BMKG. 2016. <URL: <http://www.bmkg.go.id>>. Dikunjungi tanggal 20 Juni 2016, jam 10:25.
- BPS. 2015. "Kabupaten Probolinggo Dalam Angka". Kabupaten Probolinggo. Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo.
- Campbell, J. B., 1987. "*Introduction to Remote Sensing. Virginia Polytechnic Institute*". The Guilford Press, New York, United States of America.
- Danoedoro, P. 1996. "Pengolahan Citra Digital (Teori dan Aplikasi Dalam Penginderaan Jauh)". Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Harmon, John E., dan Anderson, Steven J. 2003. "*The Design and Implementation of Geographic Information Systems*". Hoboken, New Jersey : John Wiley dan Sons, Inc
- Jaya INS. 2002. "Aplikasi Sistem Infomasi Geografis untuk Kehutanan: Penuntun Praktis Menggunakan Arc/info dan ArcView". Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Kusumowidagdo, M., dkk. 2007. "Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra". ISBN 987-979-17542 0-0. Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang.
- Landgrebe, D.A., 2003. *Signal Theory Methods In Multispectral Remote Sensing*. John Willey & Sons Inc.. New Jersey.

- Lestari, F.F. 2008. "Penerapan Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor Di Kabupaten Bogor". Bogor. IPB
- Lillesand, T. M. dan Kiefer, R. W., 2000. "*Remote Sensing and Image Interpretation*", 4th ed. New York : Wiley & Sons.
- Mubekti dan Alhasanah, F. 2008. "Mitigasi Daerah Rawan bencana Tanah Longsor Menggunakan Teknik Pemodelan Sistem Informasi Geografis". Jakarta. BPPT.
- Nugraha, R. 2008. "Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Lahan Kritis DAS Ciliwung Hulu Bogor". Bogor. IPB.
- Nugroho, J.A dkk. 2009. "Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Hutan Lindung Kab. Mojokerto)". Surabaya. ITS.
- Portal Pemerintah Kabupaten Probolinggo. <URL: http://www.probolinggo.kab.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1365%3Ajalur-bromo-rawan-longsor&catid=87%3Akemasyarakatan&Itemid=1>. Dikunjungi pada tanggal 28 Desember 2015, jam 15:23.
- Prahasta, Eddy. 2009. "Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)". Penerbit Informatika, Bandung
- Purwadhi, F. dan Hardiyati, S. 2001. "Interpretasi Citra Digital". Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Raharjo, D.P dkk. 2011. "Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Identifikasi Kerentanan Bencana Alam Di

- Kawasan Cagar Alam Geologi Karangsambung”. Jakarta. Peneliti BIKK Karangsambung LIPI.
- Ramli, M dan Baja, S. 2005. “Aplikasi Fuzzy Set Berbasis Sistem Informasi Geografis Dalam Evaluasi Kesesuaian Lahan”. Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Rudiyanto. 2010. “Analisis Potensi Bahaya Tanah Longsor Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Kecamatan Selo, Kabupaten Boyolali”. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sitanggang, G. 2010. 2 Juni. “Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan : Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8)”. Berita Dirgantara Vol. 11 No.2. LAPAN: Peneliti Bidang Bangfatja.
- Sugiharyanto, dkk. 2009. ”Studi Kerentanan Longsor Lahan (*Landslide*) di Perbukitan Menoreh dalam Upaya Mitigasi Bencana Alam”. Laporan Penelitian. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Geografi FISE UNY.
- Suherlan, E. 2001. Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung Menggunakan Informasi Geografi. Skripsi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sutojo, T. dkk. 2011. “Kecerdasan Buatan”. Yogyakarta: Andi, 2011.
- Suyanto. 2008. “Soft Computing Membangun Mesin Ber-IQ Tinggi”. Bandung: Informatika.
- Syah, Mega Wahyu. 2013. “Klasifikasi Kemiringan Lereng Dengan Menggunakan Pengembangan Sistem Informasi Geografis Sebagai Evaluasi Kesesuaian Landasan

Pemukiman Berdasarkan Undang-Undang Tata Ruang dan Metode Fuzzy”. Surabaya. ITS.

Ulhaq, M.JD. 2013. “Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Zona Ancaman Bahaya Longsor Lahan (Landslide) Kecamatan Selogiri Kabupaten Wonogiri”. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

USGS. 2015. <URL: http://landsat.usgs.gov/band_designations_Landsat_satellites.php>. Dikunjungi tanggal 27 Desember 2015, jam 11:32.

Widiastuti, Tiwuk. 2012. “Aplikasi Fuzzy Set Dalam Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Padi Sawah Berbasis Sistem Informasi Geografis”. Kupang. Universitas Nusa Cendana.

Yunarto. 2012. “Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Dengan Metode Tidak Langsung Di Kabupaten Kuningan”. Bandung. Pusat Penelitian Geoteknologi.

BIOGRAFI PENULIS



Arief Yusuf Effendi

Penulis dilahirkan di Probolinggo, 10 Desember 1993 dan merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Ananda 1, SD Negeri Sukabumi 8, dan SMP Negeri 5 Probolinggo, dan SMA Negeri 1 Probolinggo dan lulus pada tahun 2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan diterima di Jurusan Teknik Geomatika melalui jalur SNMPTN pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3512 100 024. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis cukup aktif di berbagai organisasi intra kampus. Pada tahun kedua penulis aktif sebagai staf Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS dan staf Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE ITS). Selanjutnya pada tahun ketiga penulis mendapat amanah untuk menjadi Kabiro Kesejahteraan Mahasiswa Departemen Dalam Negeri BEM FTSP ITS. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa LKMM PRA-TD dan seminar-seminar skala regional maupun nasional. Dalam penyelesaian syarat tugas akhir ini, penulis memilih bidang keahlian Geospasial dengan judul Tugas Akhir “**Analisa Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* (Studi Kasus : Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur)**”. Jika ingin menghubungi penulis dapat menghubungi via email ariefyusuf07@gmail.com