



TUGAS AKHIR – RG 141536

PEMETAAN DAERAH RISIKO BANJIR LAHAR
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
MENUNJANG KEGIATAN MITIGASI BENCANA (STUDI
KASUS: GUNUNG SEMERU, KABUPATEN LUMAJANG)

ZAHRA RAHMA LARASATI
NRP 3513 100 086

Dosen Pembimbing
Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
Akbar Kurniawan ST., MT.

Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

MAPPING OF RISK LAVA FLOOD BASED ON
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT
DISASTER MITIGATION ACTIVITIES (STUDY CASE:
MOUNTAIN SEMERU, DISTRICT LUMAJANG)

ZAHRA RAHMA LARASATI
NRP 3513 100 086

Supervisor
Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
Akbar Kurniawan ST., MT.

Geomatics Engineering Department
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMETAAN DAERAH RISIKO BANJIR LAHAR BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MENUNJANG
KEGIATAN MITIGASI BENCANA (STUDI KASUS:
GUNUNG SEMERU, KABUPATEN LUMAJANG)

Nama Mahasiswa : Zahra Rahma Larasati
NRP : 3513 100 086
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Pembimbing : 1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
2. Akbar Kurniawan ST., MT.

ABSTRAK

Banjir lahar merupakan sekumpulan lahar yang dikeluarkan oleh gunung berapi dan sampai ke permukaan yang lebih rendah dengan bantuan atau dorongan dari air hujan. Dampak dari banjir lahar memiliki risiko yang tinggi karena material yang di bawanya dapat mengakibatkan kerusakan dan berpotensi menimbulkan kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Pemetaan daerah risiko bencana banjir lahar dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat bermanfaat untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana. Peta risiko di hasilkan dari *overlay* peta bahaya banjir lahar, peta kerawanan banjir lahar, peta kerentanan banjir lahar, dan peta kapasitas yang memiliki masing-masing parameter yang kemudian dilakukan perhitungan metode skoring dan di klasifikasikan berdasarkan nilai skornya.

Dari hasil pengolahan, peta risiko banjir lahar dapat di klasifikasikan menjadai 3 kelas, yaitu risiko tinggi, risiko sedang, dan risiko rendah. Risiko tinggi pada bulan November banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pasirian terutama di wilayah sekitar sungai dan sedikit di wilayah sungai Kecamatan Pronojiwo, dengan luas total daerah risiko adalah 28,983 km² atau dengan

presentase 4,24% dari luas total wilayah penelitian, dan daerah yang memiliki risiko tinggi pada bulan Januari banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pasirian terutama di wilayah sekitar sungai dengan luas total daerah risiko adalah 9,570 km² atau dengan presentase 1,40% dari luas wilayah total penelitian.

Kata kunci : Sistem Informasi Geografis, Banjir Lahar, Gunung Semeru, Mitigasi Bencana, Peta Risiko.

MAPPING OF RISK LAVA FLOOD BASED ON
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT
DISASTER MITIGATION ACTIVITIES (STUDY CASE:
MOUNTAIN SEMERU, DISTRICT LUMAJANG)

Name : Zahra Rahma Larasati
NRP : 3513 100 086
Departement : Geomatics Engineering, FTSP – ITS
Supervisor : 1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
2. Akbar Kurniawan ST., MT.

ABSTRACT

Lava flood is a collection of lava released by the volcano and flows to a lower surface with the help of rain. Lava floods has a high risk because the material brought in can lead to damage and potentially cause death, injury, illness, life threatened, loss of security, displacement, damage / loss of property, and disruption of community activities. Mapping of risk disaster areas using Geographic Information System (GIS) can be useful to support disaster mitigation activities. The lava floods risk map is generated overlay from the lava flood hazard map, lava flood vulnerability map, and capacity map, each map has parameters then calculated with scoring method and classified by its value.

From the results of processing the lava flood risk map can be classified into 3 classes, which is high risk, medium risk, and low risk. The high risk in November mostly happened in Pasirian Sub-district, especially in the area around the river and slightly in the river area of Pronojiwo Sub- district, with the total area of risk is 28.983 km² or 4.24% of the total area of research, and areas with high risk in January mostly happened in Pasirian Sub-district especially in the area around the river with total area of risk is 9,570 km² or 1.40% of the total area of research.

**Keyword: Geographic Information System, Lava Floods,
Mount Semeru, Disaster Mitigation, Risk Map.**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN DAERAH RISIKO BANJIR LAHAR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MENUNJANG KEGIATAN MITIGASI BENCANA (STUDI KASUS: GUNUNG SEMERU, KABUPATEN LUMAJANG)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZAHRA RAHMA LARASATI
NRP. 3513 100 086

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
NIP. 19590819 198502 1 001



2. Akbar Kurniawan, ST, MT
NIP. 19860518 201212 1 001

Surabaya, 21 Juli 2017



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk tugas akhir yang berjudul **“Pemetaan Daerah Risiko Banjir Lahar Berbasis Sistem Informasi Geografis Untuk Menunjang Kegiatan Mitigasi Bencana (Studi Kasus: Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang)”** dengan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian untuk tugas akhir penulis ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Suparwoto Waluyo Sejati, S.AP dan Ibu Haryani, yang telah memberikan doa dan restu kelancaran pada penelitian ini.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis. Terima kasih atas kesempatan, bimbingan, serta dukungan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Akbar Kurniawan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing dan dosen wali penulis. Terima kasih atas kesempatan, bimbingan, serta dukungan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Instansi Pemerintah BMKG karang Ploso, BPBD Lumajang dan BANKESBAPOL Lumajang. Terima kasih atas Bantuan untuk memperoleh data dalam menunjang Tugas Akhir penulis.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Teknik Geomatika ITS, yang telah memberikan semangat, harapan, dukungan, ilmu dan bimbingannya.
7. Tim Tugas Akhir Lumajang yang telah membantu dan menemani selama proses pengambilan data dilakukan.

8. Teman-teman G15 yang selama ini menjadi keluarga selama empat tahun ini. Terima kasih atas dukungan dan doa teman-teman.
9. Pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk penyempurnaan penelitian ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, khususnya untuk mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 21 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
LEMBAR PENGESAHAN	
.....	E
rror! Bookmark not defined.	
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Banjir Lahar.....	5
2.2 Penyebab Banjir Lahar	6
2.3 Dampak Banjir Lahar	7
2.4 Pemetaan Kerawana dan Bahaya Banjir Lahar	8
2.5 Pemetaan Kerentanan	9
2.6 Pemetaan Kapasitas	10
2.7 Pemetaan Risiko	10
2.8 Mitigasi Bencana	12
2.9 Curah Hujan.....	13
2.10 <i>DEM</i> Satelit <i>TerraSAR-X</i>	14
2.11 Kemiringan Lereng.....	16
2.12 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	18

2.13	Tutupan Lahan	19
2.14	Aspek Geologi.....	19
2.15	Sistem Informasi Geografis (SIG).....	21
2.16	Digitasi	23
2.17	Skoring.....	23
2.18	Analisa Spasial	25
2.19	Penelitian Terdahulu	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Lokasi Penelitian.....	29
3.2	Data dan Peralatan.....	30
3.2.1	Data.....	30
3.2.2	Peralatan.....	30
3.3	Metodologi Tahap Penelitian	31
3.4	Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		47
4.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	47
4.2	Peta Bahaya Banjir Lahar dan Prediksi Jalur Aliran Lahar	48
4.2.1	Peta Bahaya Banjir Lahar.....	48
4.2.2	Prediksi Jalur Aliran Banjir Lahar	56
4.3	Peta Kerawanan Banjir Lahar.....	60
4.3.1	Parameter Kelerengan	60
4.3.2	Parameter Geologi.....	63
4.3.3	Parameter Daerah Aliran Sungai (DAS)	67
4.3.4	Parameter Tutupan Lahan	69
4.3.5	Parameter Curah Hujan	73
4.3.6	Analisa Peta Kerawanan Banjir Lahar	77
4.4	Peta Kapasitas	88
4.5	Peta Kerentanan Banjir Lahar	93
4.6	Peta Risiko	97
4.7	Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi Sebagai Kegiatan Mitigasi Bencana	105
4.8	Prediksi Tingkat Risiko Banjir lahar	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		111
5.1	Kesimpulan	111

5.2 Saran.....	113
LAMPIRAN.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	117
BIODATA PENULIS.....	123

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Banjir Lahar	6
Gambar 2.2 Peta Curah Hujan Jawa Timur Tahun 2016.....	14
Gambar 2.3 Data <i>DEM TerraSAR-X</i>	15
Gambar 2.4 Prinsip <i>Union</i>	25
Gambar 2.5 Prinsip <i>Clip</i>	26
Gambar 2.6 Prinsip <i>Buffer</i>	26
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	31
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Peta Risiko Secara Umum	354
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Peta Kerawanan Banjir Lahar, Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi .	35
Gambar 3.5 Contoh Formasi Batuan Pada Peta Geologi	36
Gambar 3.6 Diagram Alir Pembuatan Peta Bahaya Banjir Lahar dan Perediksi Jalur Aliran Banjir Lahar.....	420
Gambar 3.7 Diagram Alir Pembuatan Peta Kapasitas.....	442
Gambar 3.8 Diagram Alir Pembuatan Peta Kerentanan.....	44
Gambar 4.1 Batas Wilayah Penelitian.....	48
Gambar 4.2 Hasil Pengolahan Peta Bahaya Banjir Lahar	56
Gambar 4.3 Hasil Prediksi Jalur Aliran Lahar	57
Gambar 4.4 Penampalan Peta ketinggian dan Prediksi jalur Aliran Lahar	58
Gambar 4.5 Analisa Peta Bahaya Banjir Lahar dan Prediksi Jalur Aliran Lahar	58
Gambar 4.6 Analisa Peta Ketinggian dan Prediksi Jalur Aliran Lahar	59
Gambar 4.7 Data <i>DEM TerraSAR-X</i> Kabupaten Lumajang	60
Gambar 4.8 Klasifikasi Peta Kelerengan.....	62

Gambar 4.9 Sebaran Formasi Batuan	65
Gambar 4.10 Peta Klasifikasi Kekerasan Batuan	67
Gambar 4.11 Peta <i>Buffer</i> Sungai.....	68
Gambar 4.12 Klasifikasi <i>Buffer</i> Sungai	69
Gambar 4.13 Peta Jenis Tutupan Lahan dan Keterangannya.....	70
Gambar 4.14 Peta Klasifikasi Tutupan Lahan	72
Gambar 4.15 Peta Curah Hujan Jawa Timur Bulan November 2016	74
Gambar 4.16 Peta Curah Hujan Jawa Timur Bulan Januari 2016	75
Gambar 4.17 Peta Klasifikasi Curah Hujan Bulan November 2016	76
Gambar 4.18 Peta Klasifikasi Curah Hujan Bulan Januari 2016	77
Gambar 4.19 Peta Kerawanan Bulan November 2016	79
Gambar 4.20 Perbedaan dan Persamaan antara Peta Kerawanan Bulan November 2016 dan Peta Bahaya Banjir Lahar.	82
Gambar 4.21 Peta Kerawanan Bulan Januari 2016.....	83
Gambar 4.22 Perbedaan dan Persamaan antara Peta Kerawanan Bulan Januari 2016 dan Peta Bahaya Banjir Lahar.	86
Gambar 4.23 Perbedaan antara Peta Kerawanan Bulan November dan Bulan Januari 2016.	87
Gambar 4.24 Peta Kapasitas	93
Gambar 4.25 Peta Kerentanan	97
Gambar 4.26 Peta Risiko Bulan November 2016	100
Gambar 4.27 Peta Risiko Bulan Januari 2016	103
Gambar 4.28 Peta Zona Aman Banjir Lahar dan Jalur Evakuasi	107

Gambar 4.29 Prediksi Tingkat Risiko Banjir Lahar Tahun 2016.....	109
Gambar 4.30 Urutan Tingkat Risiko Banjir Lahar Tahun 2016.....	110

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Table 2.1	Contoh Parameter Kemiringan Lahan.....	17
Table 2.2	Klasifikasi Kekerasan Berdasarkan Skala Mohs.....	20
Table 4.1	Data Rekap Kejadian Bencana Banjir Lahar.....	49
Table 4.2	Intensitas Kejadian Per-Kecamatan.....	53
Table 4.3	Skoring Intensitas Kejadian	54
Table 4.4	Klasifikasi <i>Buffer</i> Sungai	55
Table 4.5	Klasifikasi Skor Kemiringan Lereng.....	61
Table 4.6	Luas Daerah Berdasarkan Klasifikasi Kelerengan...	63
Table 4.7	Klasifikasi Formasi Batuan	64
Table 4.8	Klasifikasi Kekerasan Batuan	66
Table 4.9	Luas Kekerasan Batuan.....	66
Table 4.10	Klasifikasi <i>Buffer</i> Sungai	68
Table 4.11	Luasan Tutupan Lahan Berdasarkan Kelas RBI	70
Table 4.12	Klasifikasi Tutupan Lahan	72
Table 4.13	Luasan Skor Tutupan Lahan.....	73
Table 4.14	Klasifikasi Curah Hujan	76
Table 4.15	Klasifikasi Skor Kerawanan Banjir Lahar.....	78
Table 4.16	Luas Skor Kerawanan Banjir Lahar November	79
Table 4.17	Luas dan Presentase Tingkat kerawanan Bulan November Tiap Kecamatan.....	80
Table 4.18	Luas Skor Kerawanan Januari.....	84
Table 4.19	Luas dan Presentasi Tingkat Kerawanan Bulan Januari Tiap Kecamatan	85
Table 4.20	Perbandingan Luas Kerawanan November dan Januari	88
Table 4.21	Rincian Jumlah Kapasitas Setiap Kecamatan	91
Table 4.22	Klasifikasi Jumlah Kapasitas.....	92
Table 4.23	Skoring Tiap Parameter Kerentanan	975

Table 4.24	Skor Klasifikasi Kerentanan	96
Table 4.25	Klasifikasi Skor Risiko	99
Table 4.26	Luas Skor Risiko November	100
Table 4.27	Luas dan Presentasi Tingkat Risiko Bulan November Tiap Kecamatan	101
Table 4.28	Luas Skor Risiko Januari	103
Table 4.29	Luas dan Presentasi Tingkat Risiko Bulan Januari Tiap Kecamatan	1044
Table 4.30	Luas dominan dan Intensitas Curah Hujan per Bulan.....	108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Bahaya Banjir Lahar	115
Lampiran 2	Peta Kerawanan Banjir Lahar Bulan November 2016.....	115
Lampiran 3	Peta Kerawanan Banjir Lahar Bulan Januari 2016.....	115
Lampiran 4	Peta Prediksi Jalur Aliran Lahar	115
Lampiran 5	Peta Kapasitas	115
Lampiran 6	Peta Zona Aman Dan Jalur Evakuasi Banjir Lahar.....	115
Lampiran 7	Peta Kerentanan Banjir Lahar.....	115
Lampiran 8	Peta Risiko Banjir Lahar Bulan November 2016.....	115
Lampiran 9	Peta Risiko Banjir Lahar Bulan Januari 2016.....	116

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam merupakan hal yang tidak bisa di hindari oleh negara manapun. Bencana alam adalah bencana yang di akibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang di sebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. (UU No. 24 tahun 2007 Pasal 40 Ayat 2 Tentang Penanggulangan Bencana). Di indonesia bencana alam yang sering terjadi adalah yang di sebabkan oleh aktivitas gunung meletus, hal ini terjadi karena letak geografis Indonesia yang berada di atas tiga pertemuan lempeng tektonik yang menyebabkan banyak munculnya gunung berapi di Indonesia.

Salah satu gunung berapi yang masih aktif di Indonesia sampai saat ini adalah Gunung Semeru. Gunung ini merupakan salah satu gunung berapi di dunia yang secara efektif menghasilkan lahar. Salah satu bahaya yang masih sering terjadi oleh aktivitas Gunung Semeru adalah letusan yang menyebabkan terjadinya banjir lahar. Banjir lahar merupakan sekumpulan lahar yang dimuntahkan oleh gunung berapi dan sampai ke permukaan yang lebih rendah dengan bantuan atau dorongan dari air hujan. (Sari, 2016).

Banjir lahar terjadi karena bentuk Gunung Semeru yang strato berlereng curam, jika erupsi Gunung Semeru terjadi dalam jumlah besar dengan intensitas curah hujan yang besar dan panjang maka banjir lahar dapat terjadi dan berdampak besar pada kerusakan lingkungan sekitar gunung dan kerusakan area pemukiman, Banjir lahar yang terjadi berpotensi menghasilkan tenaga yang cukup besar untuk mengangkut material yang berada pada lereng Gunung Semeru seperti pasir, krikil bahkan bongkahan batu yang cukup besar. Hal ini akan sangat berbahaya jika material yang di bawa oleh aliran banjir lahar

tersebut mengenai pemukiman dan perkebunana warga serta menutup akses jalan yang biasanya di lalui warga.

Dampak yang di sebabkan dari bencana ini mengakibatkan adanya risiko bencana yang cukup tinggi. Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu kawasan dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. (Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012).

Mengingat dampak yang luar biasa tersebut, maka dari itu pentingnya dilakukan perencanaan mitigasi bencana banjir lahar yang harus dilakukan dengan menggunakan prinsip dan cara yang tepat sehingga kerugian material dan jiwa dapat di minimalisir bahkan dihindari. Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. (UU No. 24 tahun 2007 Pasal 40 Ayat 2 Tentang Penanggulangan Bencana)

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam pengelolaan data spasial, dimana ilmu pengetahuan ini dapat diaplikasikan dalam proses penyajian kenampakan kondisi bencana yang terjadi dalam bentuk peta berbasis Sistem Informasi Geografis yang dapat dijadikan arahan dalam melakukan analisa untuk mengetahui penentuan zona risiko bencana pada peta dalam mendukung mitigasi bencana. Maka penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pemetaan Daerah Risiko Banjir Lahar Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Menunjang Kegiatan Mitigasi Bencana (Studi Kasus: Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang)”

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemanfaatan analisa spasial dalam pembuatan peta risiko untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana?
2. Bagaimana memanfaatkan SIG dalam pembuatan peta risiko banjir lahar lahar di Kabupaten Lumajang dengan metode skoring dan *overlay* yang dapat digunakan untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana?
3. Bagaimana memanfaatkan sistem informasi geografis yang dapat digunakan untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana banjir lahar?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Wilayah kabupaten lumajang yang di jadikan studi kasus hanya terdiri dari 5 kecamatan yaitu: Kecamatan Pasru Jambe, Kecamatan Candipuro, Kecamatan Pasiran, Kecamatan Pronojiwo, dan Kecamatan Tempursari.
2. Sistem menampilkan Peta Bahaya Banjir Lahar, Peta Kapasitas, Peta Kerentanan, Peta Kerawanan dan Peta Risiko, prediksi Jalur Aliran Lahar, Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi.
3. Analisa risiko dilakukan menurut data curah hujan tertinggi dan terendah di kabupaten lumajang pada tahun 2016.
4. Analisa daerah risiko banjir lahar dilakukan berdasarkan parameter penyebabnya yaitu tutupan lahan, curah hujan, geologi, jarak sungai (*buffer* sungai), kemiringan lereng, data kependudukan, *hystory* bencana, dan data sarana prasarana Kabupaten Lumajang kemudian dilakukan metode skoring dan *overlay*.
5. Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi di buat berdasarkan Peta Kerawanan pada curah hujan tertinggi.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Menyajikan informasi berbasis spasial mengenai Peta Bahaya Banjir Lahar, Peta Kapasitas, Peta Kerentanan, Peta Kerawanan dan Peta Risiko, Prediksi Jalur Aliran Lahar, Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi.
2. Mengelola parameter tingkat risiko banjir lahar menggunakan perangkat lunak SIG untuk pembuatan peta kerawanan, peta kerentanan penduduk, peta bahaya banjir lahar, dan peta kapasitas dengan pemanfaatan analisa spasial dan skoring.
3. Membuat dan menganalisa daerah risiko banjir lahar Kabupaten Lumajang untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana banjir lahar di kawasan Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian kali ini diharapkan mampu memberikan manfaat antara lain:

1. Memeberikan referensi/acuan/pedoman bagi pemerintah kabupaten terhadap rencana penanggulangan bencana banjir lahar di kawasan Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana.
2. Membantu mengurangi kerugian material maupun jiwa yang dapat ditimbulkan dari bencana banjir lahar di kawasan Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Banjir Lahar

Lahar merupakan aliran lumpur yang mengandung material rombakan dan bongkah-bongkah menyudut berasal dari gunungapi. Endapan lahar mampu mencapai ketebalan beberapa meter sampai puluhan meter. Fragmen-fragmen penyusun terletak diantara matriks yang membulat sampai menyudut. Bongkah lava yang tertransportasi dapat mencapai beberapa meter kubik. Lahar dapat dibedakan menjadi lahar hujan (dingin) dan lahar letusan (panas). Lahar hujan tidak secara khusus berhubungan dengan aktivitas gunungapi. Ia dipicu oleh hadirnya hujan di atas normal pada lereng yang tertutup oleh material lepas. (Amri, 2016).

Banjir lahar adalah terbawanya material-material piroklastik oleh hujan yang turun sehingga menjadi lumpur. Lahar merupakan hasil dari kombinasi proses vulkanik dan iklim (Lavigne, 1999 dalam dalam Sholawatul dkk, 2012). Lavigne menjelaskan dalam jurnalnya, bahwa lahar dipicu oleh air yang mengalir dari aliran piroklastik primer dan adanya pengaruh dari hujan. Proses banjir lahar sangat dipengaruhi oleh air yang turun dengan intensitas kecil maupun besar.



Gambar 2.1 Banjir Lahar
(Sumber: www.kemendagri.go.id)

Thornbury (1969) dalam bukunya menyebutkan bahwa banjir lahar adalah lahar hujan. Lahar hujan merupakan aliran air yang bercampur dengan material vulkanik lepas-lepas berasal dari bagian atas gunungapi mengalir dengan kecepatan tinggi sehingga dapat membawa material dapat terseret.

Lahar biasanya akan berada di sekitar gunung berapi yang tengah mengalami erupsi. Lahar yang berada di sekitar gunung berapi tersebut akan terbawa turun melalui lereng gunung ketika hujan turun dengan deras. Lahar yang dibawa turun oleh air hujan ini dapat mempunyai suhu yang dingin ataupun masih panas. Akibatnya, air hujan yang membawa serta material-material vulkanik dari lahar ini akan menerjang lahan yang berada di bawahnya ataupun pemukiman penduduk. Hal ini akan berakibat banyaknya kerusakan ataupun dampak-dampak lain yang akan dihasilkan oleh banjir lahar dingin ini.

2.2 Penyebab Banjir Lahar

Penyebab pertama yang dan sekaligus menjadi dasar dari terjadinya banjir lahar adalah karena gunung berapi mengalami erupsi. Gunung berapi yang mengalami erupsi ini akan

mengeluarkan material- material yang berasal dari dalam bumi. Material yang dikeluarkan oleh gunung berapi ini disebut dengan lava. Ketika lava tersebut sudah berada di luar gunung selama beberapa saat, maka material ini tadi disebut dengan lahar. Lahar ini bisa mempunyai suhu yang masih panas maupun yang sudah mendingin. Kemudian lahar- lahar ini akan berada di sekitar puncak gunung dan menumpuk disana. Lahar sendiri berwujud material- material dari dalam bumi, seperti pasir, kerikil, dan juga bebatuan.

Faktor kedua yang menyebabkan terjadinya banjir lahar, selain adanya lahar itu sendiri adalah terjadinya hujan yang turun dengan lebatnya. Ketika hujan turun dengan deras, maka air hujan yang sangat deras tersebut bisa menghanyutkan lahar- lahar yang bertumpukan di sekitar puncak gunung tersebut. Air hujan tersebut kemudian mendorong lahar- lahar tersebut sekaligus menghanyutkannya menuju ke lereng gunung dan kemudian semakin dan semakin ke bawah menjadi tempat yang landai. Sehingga banjir lahar tidak akan bisa terjadi tanpa adanya gunung berapi yang masih aktif dan mengalami erupsi. Maka dari itulah salah satu yang menyebabkan terjadinya banjir lahar adalah turunnya hujan yang sangat lebat ataupun deras dan juga erupsi dari gunung berapilah yang menyebabkan adanya lahar itu sendiri. (Sari, 2016).

2.3 Dampak Banjir Lahar

Bencana banjir lahar membawa dampak terhadap kondisi sosial, ekonomi dan lingkungan. (Kurnia, 2012). Dampak terhadap kondisi ekonomi salah satunya adalah kerusakan infrastruktur yang berakibat pada terganggunya aktivitas ekonomi. Akibat tersebut diantaranya adalah hilangnya mata pencaharian yang menyebabkan tidak adanya penghasilan atau pendapatan serta kerugian materi yang disebabkan oleh hilangnya harta benda. Dampak terhadap kondisi sosial mencakup kematian, luka-luka, sakit dan hilangnya tempat tinggal. Dampak pada

kondisi lingkungan meliputi kerusakan lembah sungai, lahan persawahan dan permukiman, serta ekosistem di sekitar sungai.

Bencana banjir lahar membawa dampak positif dan dampak negatif bagi penduduk sekitar, termasuk dampak terhadap kondisi sosial ekonomi. Dampak positif tersebut diantaranya penduduk dapat memanfaatkan material pasir dan batuan berlimpah yang dibawa oleh arus banjir. Dampak negatifnya adalah rusaknya lahan pertanian, perdagangan dan jasa, permukiman serta sarana dan prasarana seperti tempat ibadah, saluran irigasi, jembatan dan jalan poros desa. Akibat dari kerusakan sarana dan prasarana, penduduk tidak dapat beraktivitas normal dan terpaksa mengungsi ke tempat-tempat pengungsian yang berada di beberapa wilayah.

2.4 Pemetaan Kerawana dan Bahaya Banjir Lahar

Pemetaan kerawanan dan bahaya banjir lahar memiliki arti yang hampir mirip, namun parameter yang di pakai untuk pemetaan keduanya adalah berbeda. Peta kerawanan adalah suatu wilayah yang memiliki kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, dan teknologi yang untuk jangka waktu tertentu tidak dapat atau tidak mampu mencegah, meredam, mencapai kesiapan, sehingga mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu. (Tondobala, 2011). Sedangkan Peta bahaya banjir lahar merupakan wilayah dimana peristiwa alam tertentu terjadi dengan frekuensi dan intensitas tertentu (Perka BNPB No. 2 Tahun 2012).

Peraturan Daerah Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2008 menuliskan pada perhitungan risiko adanya faktor bahaya atau di sebut juga *Hazard Threat*, yaitu frekuensi (kemungkinan) bencana tertentu cenderung terjadi dengan intensitas tertentu pada lokasi tertentu.

Frekuensi kecendrungan dapat di peroleh dari pengolahan tiap-tiap parameter pengolahan peta kerawanan yaitu: kemiringan lereng, geologi, tutupan lahan, curah hujan, daerah aliran sungai,

sedangkan untuk intensitas bahaya dapat di peroleh dari peta bahaya banjir lahar yang berisi parameter Intensitas kejadian banjir lahar di wilayah penelitian.

2.5 Pemetaan Kerentanan

Kerentanan merupakan tingkat kemudahan terkena suatu kejadian yang mengancam dari suatu fenomena secara potensial pada suatu wilayah dalam periode waktu tertentu (Munawar, 2008 dalam Latifu, 2012).

Menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 4 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana, kerentanan (*vulnerability*) adalah keadaan atau sifat/perilaku manusia atau masyarakat yang menyebabkan ketidakmampuan menghadapi bahaya atau ancaman. Kerentanan ini dapat berupa kerentanan fisik, ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Kerentanan terdiri dari parameter kepadatan penduduk dan kelompok rentan. Kelompok rentan terdiri dari rasio jenis kelamin, rasio kelompok umur rentan, rasio penduduk miskin, dan rasio penduduk cacat. Secara spasial, masing-masing nilai parameter didistribusikan di wilayah pemukiman per desa/kelurahan/kecamatan berdasarkan acuan data atau metode yang telah berkembang. Masing-masing parameter dianalisis dengan menggunakan metode skoring sesuai Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.

Kelompok umur rentan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana pasal 1 ayat 15 Kelompok umur rentan adalah anak usia di bawah lima tahun dan orang lanjut usia. Menurut Depkes RI 2009 menggolongkan Kategori Umur ke dalam sembilan golongan, dimana usia orang lanjut usia berada pada tingkat akhir yaitu pada usia ≥ 65 tahun.

2.6 Pemetaan Kapasitas

Kapasitas adalah kemampuan daerah dan masyarakat untuk melakukan tindakan pengurangan tingkat ancaman dan tingkat kerugian akibat bencana. (Perka BNPB No. 2 Tahun 2012).

Kapasitas (*Capacity*) adalah potensi sumber daya yang dimiliki komunitas masyarakat untuk mengantisipasi atau mengurangi dampak risiko bencana. Peta kapasitas adalah gambaran atau representasi kapasitas suatu wilayah dalam mengurangi risiko bencana. Kapasitas dapat dimodelkan sebagai jumlah total dari komponen kapasitas yang ada. Indikator penyusun komponen kapasitas adalah kesiapsiagaan, infrastruktur sosial dan fisik, serta komponen kesehatan.

Kesiap siagaan adalah sistem peringatan dini pada wilayah tersebut, pada wilayah studi kasus sistem peringatan dini masih belum ada/berjalan di semua kecamatan yang menjadi wilayah studi kasus, sehingga komponen ini tidak dimasukkan ke dalam perhitungan kapasitas. Komponen sosial komponen sosial merupakan wujud sikap, pengetahuan dan kesadaran masyarakat terhadap bencana.

Bencana hal ini bisa di ukur dari fasilitas pendidikan yang tersedia di wilayah tersebut. Komponen fisik merupakan sumber daya yang dimiliki masyarakat dalam wujud fisik kebendaan yang mampu digunakan untuk mengurangi dan melindungi masyarakat dari akibat bencana seperti fasilitas umum yang terdapat pada wilayah tersebut. Sedangkan komponen kesehatan dapat di ukur dari sarana kesehatan yang ada di wilayah tersebut.

2.7 Pemetaan Risiko

Pengkajian risiko bencana merupakan sebuah pendekatan untuk memperlihatkan potensi dampak negatif yang mungkin timbul akibat suatu potensi bencana yang melanda. Potensi dampak negatif yang timbul dihitung berdasarkan tingkat kerentanan dan kapasitas kawasan tersebut. Potensi dampak negatif ini dilihat dari potensi jumlah jiwa yang terpapar,

kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan. (peraturan Kepala BNPB no 2 Tahun 2012).

Rumus dasar umum untuk analisis risiko yang diusulkan dalam 'Pedoman Perencanaan Mitigasi Risiko Bencana' yang telah disusun oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia (Peraturan Daerah Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2008) adalah sebagai berikut:

$$R \approx H * \frac{V}{C}$$

(2.1)

dimana:

R : *Disaster Risk*: Risiko Bencana.

H : *Hazard Threat*: Frekuensi (kemungkinan) bencana tertentu cenderung terjadi dengan intensitas tertentu pada lokasi tertentu.

V : *Vulnerability*: Kerugian yang diharapkan (dampak) di daerah tertentu dalam sebuah kasus bencana tertentu terjadi dengan intensitas tertentu. Perhitungan variabel ini biasanya didefinisikan sebagai pajanan (penduduk, aset, dll) dikalikan sensitivitas untuk intensitas spesifik bencana.

C : *Adaptive Capacity*: Kapasitas yang tersedia di daerah itu untuk pulih dari bencana tertentu.

Upaya pengkajian risiko bencana pada dasarnya adalah menentukan besaran 3 komponen risiko tersebut dan menyajikannya dalam bentuk spasial maupun non spasial agar mudah dimengerti. Pengkajian risiko bencana digunakan sebagai landasan penyelenggaraan penanggulangan bencana disuatu kawasan. Penyelenggaraan ini dimaksudkan untuk mengurangi risiko bencana. Upaya pengurangan risiko bencana berupa berdasarkan Peraturan Kepala BNPB No 2 tahun 2012 adalah sebagai berikut:

1. Memperkecil ancaman kawasan;
2. Mengurangi kerentanan kawasan yang terancam;
3. Meningkatkan kapasitas kawasan yang terancam.

Pengkajian risiko bencana untuk menghasilkan kebijakan penanggulangan bencana disusun berdasarkan komponen ancaman, kerentanan dan kapasitas. *Overlay* (penggabungan) dari peta ancaman, peta kerentanan dan peta kapasitas. Peta-peta tersebut diperoleh dari berbagai indeks yang dihitung dari data-data dan metode perhitungan tersendiri. Penting untuk dicatat bahwa peta risiko bencana dibuat untuk setiap jenis ancaman bencana yang ada pada suatu kawasan. Metode perhitungan dan data yang dibutuhkan untuk menghitung berbagai indeks akan berbeda untuk setiap jenis ancaman.

Peta Risiko yang di hasilkan pada penelitian ini terdiri dari dua peta dimana yang pertama menunjukkan risiko pada tingkat intensitas curah hujan tertinggi yaitu pada bulan November 2016, dan yang kedua menunjukkan risiko pada intensitas curah hujan terendah yaitu pada bulan Januari 2016. Hal ini di sebabkan karena peta kerawanan yang di hasilkan pun memiliki dua versi karena berasal dari dua peta curah hujan yang berbeda yaitu yang menunjukkan intensitas curah hujan tertinggi pada bulan November 2016 dan intensitas curah hujan terendah pada bulan Januari 2016.

2.8 Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (*UU No.24 Tahun 2007*). Mitigasi bencana merupakan suatu aktivitas yang berperan sebagai tindakan pengurangan dampak bencana, atau usaha-usaha yang dilakukan untuk mengurangi korban ketika bencana terjadi, baik korban jiwa maupun harta. Dalam melakukan tindakan mitigasi bencana,

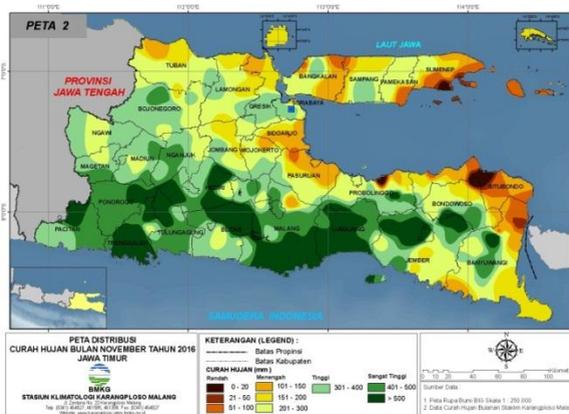
langkah awal yang kita harus lakukan ialah melakukan kajian risiko bencana terhadap daerah tersebut.

Mitigasi bencana mencakup perencanaan dan pelaksanaan tindakan-tindakan untuk mengurangi risiko-risiko dampak dari suatu bencana yang dilakukan sebelum bencana itu terjadi, termasuk kesiapan dan tindakan-tindakan pengurangan risiko jangka panjang, tindakan – tindakan yang harus dilakukan untuk mengurangi risiko terhadap bencana. (Pristanto, 2010).

2.9 Curah Hujan

Curah hujan dapat di definisikan sebagai jumlah air yang jatuh di permukaan tanah dan di ukur sebagai tinggi air dalam satuan (mm) sebelum mengalami aliran permukaan, evaporasi (penguapan) dan peresapan atau perembesan ke dalam tanah (Hidayati, 1993 dalam Sukmawati, 2006). Curah hujan umumnya menunjukkan jumlah presipitasi air yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Curah hujan diukur dalam jumlah harian, bulanan, dan tahunan. Data curah hujan global merupakan data curah hujan yang memiliki resolusi temporal dan cakupan wilayah yang luas. Curah hujan 1 (satu) mm, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 (satu) mm atau tertampung air sebanyak 1 (satu) liter atau 1000 ml.

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan namun, mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan yang luas, satu penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan suatu wilayah, dalam hal ini diperlukan data rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar untuk menghasilkan peta curah hujan di suatu wilayah.



Gambar 2.2 Peta Curah Hujan Jawa Timur Tahun 2016
(Sumber: BMKG Karang Ploso)

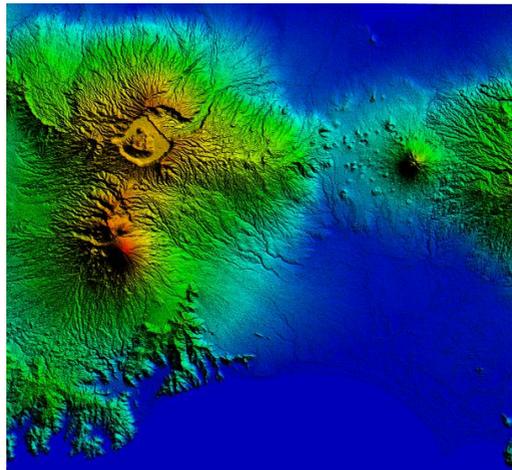
Sifat hujan yang berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi adalah jumlah, intensitas, dan lamanya hujan. Dari hal-hal tersebut yang paling erat hubungannya dengan energi kinetik adalah intensitas. Kekuatan dan daya rusak hujan terhadap tanah ditentukan oleh besar kecilnya curah hujan. Bila jumlah dan intensitas hujan tinggi maka aliran permukaan dan erosi yang akan terjadi lebih besar dan demikian juga sebaliknya (Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Utomo2004).

Parameter curah hujan yang digunakan diambil pada bulan November dan bulan Januari dimana bulan November memiliki Intensitas paling tinggi dibandingkan pada bulan lainnya di tahun 2016, sedangkan pada bulan Januari di ambil karena memiliki nilai intensitas paling rendah diantara bulan lainnya pada tahun 2016. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan tingkat risiko terhadap bulan dengan intensitas curah hujan tinggi dengan bulan dengan intensitas curah hujan rendah.

2.10 DEM Satelit TerraSAR-X

Model Permukaan Digital (*Digital Elevation Model* atau juga biasa disebut sebagai *Digital Terrain Model*) adalah salah

satu metode pendekatan yang dipakai untuk memodelkan relief permukaan bumi dalam bentuk tiga dimensi. (Sari, 2011). DEM khususnya digunakan untuk menggambarkan relief medan. Gambaran model relief rupabumi tiga dimensi (3 dimensi yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata (real world) divisualisaikan dengan bantuan teknologi grafis dan teknologi virtual reality (Mogal 1993, dalam Rahman, 2011).



Gambar 2.3 Data DEM TerraSAR-X
(Sumber: Dokumen Pribadi)

DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, *processing*, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital yang mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan, distribusi spasial diwakili oleh nilai sistem koordinat horizontal X Y dan karakteristik medan diwakili oleh ketinggian medan dalam sistem koordinat Z (Doyle, 1991 dalam Rahman, 2011).

Sedangkan TerraSAR-X merupakan salah satu satelit radar resolusi tinggi yang menggunakan gelombang-X dengan panjang gelombang yang cukup panjang, dengan kemampuan ini satelit

TerraSAR-X dapat mengambil citra permukaan bumi meskipun terhalangi oleh awan. Satelit ini dikembangkan oleh *InfoTerra* (observasi bumi milik Jerman), merupakan joint venture yang dilakukan di bawah kemitraan *public-private partnership (PPP)* antara *German Aerospace Center (DLR)* dan *Airbus Defense and Space (Airbus Defence and Space Guide, 2014)*. Data *DEM* yang di hasilkan oleh satelit *Terrasar-X* memiliki resolusi hingga mencapai (Pratama Irfan Hidayat dkk, 2016).

Citra yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ketelitian 6 m dan absolut 16 meter. Citra *TerrasarX* di distribusikan sudah dalam format *GeoTiff*. Hanya saja, untuk proses orto baru dibuat berdasarkan *DEM* dari *SRTM 1"*. Pembuatan *DEM* dari *TerrasarX* hanya dapat dilakukan dengan data *multipass* yang akan berselang beberapa hari dan memungkinkan *temporal-decorrelation* – hal yang pasti akan terjadi pada semua satelit. (Amhar, 2008).

2.11 Kemiringan Lereng

Lereng merupakan permukaan bumi yang memiliki kemiringan seragam (Badan Informasi Geospasial, 2012 dalam Mahmudi, 2015). Kelerengan merupakan suatu ukuran tingkat kemiringan permukaan tanah. Kelerengan atau kemiringan lahan merupakan perbandingan presentasi antara jarak vertikal (ketinggian lahan) dengan jarak horizontal (panjang jarak datar) (Suherlan, 2001). Kelerengan ditunjukkan dengan besarnya sudut kemiringan dalam persen (%) atau derajat (°). Tingkat kelerengan sangat berpengaruh terhadap kondisi tanah di bawah permukaannya. Pada tingkat kelerengan yang tinggi, maka jumlah aliran permukaan, dan energi angkut air juga membesar. Hal ini disebabkan oleh gaya berat yang semakin besar, sejalan dengan semakin miringnya permukaan tanah dari bidang horizontal (Mahmudi, 2015)

Rumus kemiringan lereng:

$$S = (\Delta h / D) \times 100 \% \quad (2.2)$$

(sumber: Van Djuidam, 1988. *Aerial Photo-Interpretation Terrain Analysis and Geomorphology Mapping*)

Keterangan:

S = Kemiringan lereng (%)

Δh = Perbedaan ketinggian (m)

D = Jarak titik tertinggi dengan terendah (m)

Kemiringan merupakan parameter yang berpengaruh secara tidak langsung terhadap besar kecilnya banjir lahar. Kemiringan lahan semakin tinggi maka aliran lahar yang diteruskan semakin tinggi. Aliran yang berada pada kemiringan yang tinggi akan diteruskan ketempat yang lebih rendah semakin cepat jika dibandingkan dengan lahan yang kemiringannya rendah (landai), sehingga kemungkinan terjadi Bahaya atau banjir lahar pada daerah yang derajat kemiringan tinggi semakin kecil. Dengan kata lain semakin curam lahan maka tingkat risiko terjadinya banjir lahar akan semakin kecil, sedangkan kebalikannya semakin landai lahan maka risiko terjadinya banjir lahar akan semakin besar. Daerah yang datar lebih rawan terhadap lahar hujan dari pada daerah yang miring-curam, hal ini terjadi karena pada lereng yang kemiringannya kecil akan terjadi tumpukan material. (Shinta, 2015).

Table 2.1 Contoh parameter kemiringan lahan

Kemiringan Lereng	Keterangan	Harkat
>20%	Terjal	1
14-20%	Agak Terjal	2
8-13%	Agak landai	3

3-7%	Landai	4
0-2%	Datar atau hampir datar	5

Sumber: Shinta, Dewi. 2015. Mitigasi Bencana Lahar Hujan Gunungapi Merapi Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di Sub DAS Kali Putih Kabupaten Magelang. Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2.12 Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah atau kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur-unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau. (Latifu, 2012).

Menurut Undang-undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Sungai adalah jalur aliran air di atas permukaan bumi yang di samping mengalirkan air juga mengangkut sedimen yang terkandung dalam air sungai tersebut. Jadi sedimen terbawa hanyut oleh aliran air, yang dapat dibedakan sebagai muatan dasar (*bed load*) dan muatan melayang (*suspended load*). (Sosrodarsono dan Takeda 1993, dalam Hidayat 2013).

Pada pemetaan daerah risiko banjir lahar, DAS dan sungai memegang peranana yang sangat penting, hal ini di karenakan aliran banjir lahar akan mengalis mengikuti sungai, jika volume air dan sedimen yang hanyut dalam sungai melebihi kapasitas dari sungai tersebut, maka Daerah Aliran Sungai menjadi tempat yang paling rawan terkena risiko banjir lahar.

2.13 Tutupan Lahan

Penutup Tanah (*Land Cover*) adalah tambahan dan atau bangunan yang secara nyata menutupi permukaan tanah (Peraturan Kepala BPN Nomor 1 Tahun 1997). Sedangkan Townshend dan Justice (1981) memiliki pendapat mengenai penutupan lahan, yaitu perwujudan secara fisik (visual) dari vegetasi, benda alam, dan unsur-unsur budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap obyek tersebut. Penutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakannya di permukaan bumi, seperti bangunan, danau, vegetasi (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Penutupan lahan bisa dianggap sebagai kondisi saat ini. Namun, penutupan lahan itu sendiri akan dipengaruhi oleh status penggunaan. Contohnya, suatu lahan berhutan jika berada dalam penggunaan lahan pertambangan akan tidak tepat dianalisis menggunakan penutupan lahan jika rentang studi cukup lebar karena aktifitas pertambangan akan mengubah penutupan lahan berhutan tersebut dalam kisaran waktu analisis. (Fajarini, 2014).

Kelas penutupan lahan di bagi menjadu dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Daerah bervegetasi meliputi daerah pertanian (sawah, ladang, kebun dll) dan bukan pertanian (hutan, semak, alang-alang, rawa dll), sedangkan daerah tak bervegetasi meliputi lahan terbuka, pemukiman, jalan, danau, sungai, pelabuhan, bangunan dll.

2.14 Aspek Geologi

Banjir lahar adalah banjir yang membawa materi vulkanik berupa batuan dan pasir yang berasal dari erupsi gunung berapi, sehingga faktor geologi merupakan faktor yang penting untuk di perhitungkan dalam pemetaan risiko banjir lahar. Perpindahan batuan saat terjadinya banjir lahar di klasifikasikan ke dalam nilai kekerasan batuan tersebut berdasarkan komposisi mineral yang terkandung.

Kekerasan adalah sifat resistensi dari suatu mineral terhadap kemudahan mengalami abrasi (*abrasive*) atau mudah

tergores (*scratching*). Kekerasan suatu mineral bersifat relatif, artinya apabila dua mineral saling digoreskan satu dengan lainnya, maka mineral yang tergores adalah mineral yang relatif lebih lunak dibandingkan dengan mineral lawannya. Skala kekerasan mineral mulai dari yang terluak (skala 1) hingga yang terkeras (skala 10) diajukan oleh Mohs dan dikenal sebagai Skala Kekerasan Mohs.

Table 2.2 Klasifikasi Kekerasan Berdasarkan Skala Mohs

Kekerasan (<i>Hardness</i>)	Mineral
1	Talc
2	Gypsum
3	Calcite
4	Flourite
5	Apatite
6	Orthoclase
7	Quartz
8	Topaz
9	Corundum
10	Diamon

Sumber : Noor, Djauhari. 2009. Pengantar Geologi. Bogor. Universitas Pakuan

Didalam peta geologi tergambarkan formasi/endapan batuan dari suatu wilayah, dari masing-masing formasi batuan tersebut dapat diketahui batuan dominan penyusun formasi tersebut serta kandungan mineral yang terkandung di dalam batuan tersebut.

Litologi yang menyusun kompleks vulkanik Gunung Semeru yang terdiri dari aliran lava, endapan piroklastik (jatuhan dan aliran) dan kerucut skoria sebagai endapan primer. Endapan vulkanik kompleks Gunung Semeru umumnya berkompposisi

basaltik sampai andesitik. Endapan vulkanik sekunder seperti guguran puing (longsoran vulkanik) dan lahar juga ditemukan pada beberapa bagian di kompleks vulkanik Gunung Semeru.

2.15 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan suatu sistem yang mengorganisir perangkat keras (*Hardware*), perangkat lunak (*Software*), dan data, serta dapat mendaya-gunakan sistem penyimpanan, pengolahan, maupun analisis data secara simultan, sehingga dapat diperoleh informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan. Juga merupakan manajemen data spasial dan non-spasial yang berbasis komputer dengan tiga karakteristik dasar, yaitu: (i) mempunyai fenomena aktual (variabel data non-lokasi) yang berhubungan dengan topik permasalahan di lokasi bersangkutan; (ii) merupakan suatu kejadian di suatu lokasi; dan (iii) mempunyai dimensi waktu. (Purwadhi, 1994 dalam Husein, 2006).

Didalam SIG, terdapat 2 jenis data, yaitu: data geografis (spasial dimensi) dan data atribut (non spasial dimensi). SIG merupakan penggabungan data spasial dan data atribut yang ditampilkan secara bersama-sama, sehingga memberikan kemudahan dalam melakukan analisa. Data spasial merupakan data yang paling penting dalam SIG. Data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format yaitu:

a. Data vektor

Pada sistem vektor (*vektor based system*), semua unsur-unsur geografi disajikan dalam 3 konsep topologi yaitu : titik (*point*), garis (*line*) dan area (*polygon*). Unsur-unsur geografi tersebut disimpan dalam bentuk pasangan koordinat, sehingga letak titik, garis, dan area dapat digambar sedemikian akurat. Bentuk kenampakan (*feature*) titik, garis, dan area dihubungkan dengan data atribut dengan menggunakan suatu pengenal (*identity/user-ID*). Bentuk dasar representasi data spasial didalam model data vektor, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x,y).

b. Data raster

Pada sistem raster, fenomena geografi disimpan dalam bentuk pixel (*grid/raster/cell*) yang sesuai dengan kenampakan. Setiap pixel mempunyai referensi pada kolom baris yang berisi satu nilai yang mewakili satu fenomena geografi. Pada sistem ini titik dinyatakan dalam bentuk grid atau sel tunggal, garis dinyatakan dengan beberapa sel yang mempunyai arah dan poligon dinyatakan dalam beberapa sel. Contoh data raster adalah citra satelit. (Prahasta, 2005).

Sistem Informasi Geografis merupakan sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem (Aronoff, 1989):

a. Data *Input*

Data *input* bertugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Subsistem ini juga bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format-format data asli ke dalam format yang dapat digunakan SIG. Data ber-georeferensi umumnya berupa peta, peta digital dan foto udara.

b. Data *Management*

Data *management* bertugas mengkoordinasikan baik data spasial maupun atribut ke dalam sebuah basisdata dengan sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, di-update, dan di-edit. Metode yang digunakan pada pengimplementasian dalam sistem ini berpengaruh pada efektifitas operasional data.

c. Manipulasi dan Analisis

Manipulasi dan Analisis digunakan untuk menentukan informasi- informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu, subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan pengguna.

d. *Data Output*

Data Output digunakan untuk menampilkan atau menghasilkan hasil keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun bentuk *hardcopy* seperti table, grafik, peta dan lain-lain. *Data output* yang dihasilkan oleh SIG memiliki kualitas yang lebih akurat, dan lebih mudah digunakan.

2.16 Digitasi

Digitasi adalah proses pengubahan data grafis analog menjadi data grafis digital, dalam struktur vektor. Pada struktur vektor ini data disimpan dalam bentuk titik (*point*), garis (*lines*) atau segmen, data poligon (*area*) secara matematis-geometris (Lo, 1986). Contoh tipe data titik adalah kota, lapangan terbang, pasar. Tipe data garis diantaranya adalah sungai, jalan, kontur topografik. Tipe data poligon/area antara lain ditunjukkan oleh bentuk-bentuk penggunaan lahan, klasifikasi tanah, daerah aliran sungai. Tipe-tipe data geografis tersebut dapat saling berinteraksi atau berinteraksi dengan data lain. Misal, data penggunaan lahan dapat berinteraksi dengan data jenis tanah. Pada beberapa perangkat lunak SIG berbasis *windows*, seperti *Map Info* dan *ArcView*, digitasi dapat dilakukan pada tampilan peta screen monitor komputer, yang merupakan *display* data hasil penyajian. Digitasi dalam hal ini lebih dikenal dengan istilah *stretching*.

2.17 Skoring

Metode skoring merupakan metode yang paling sering digunakan dalam analisis atribut. Skoring merupakan pemberian nilai terhadap suatu polygon peta untuk memberikan tingkat kedekatan, keterkaitan atau beratnya dampak tertentu pada suatu fenomena secara spasial. (Pratomo, 2008).

Skoring dapat dilakukan secara objektif dengan perhitungan statistik atau secara subyektif dengan menetapkannya berdasarkan pertimbangan tertentu. Penentuan skor secara subyektif harus dilandasi pemahaman tentang proses tersebut.

Suatu metode pemberian skor atau nilai dilakukan kepada masing - masing value parameter untuk menentukan tingkat kemampuannya. Metode penentuan kelas dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode analisis secara kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif yang dimaksud adalah dalam menentukan skoring/pengharkatan pada setiap paramater banjir lahar di daerah penelitian. Hasil skoring yang dilakukan untuk mendapatkan interval kelas kerawanan, kerentanan, kapasitas, bahaya dan risiko selanjutnya di klasifikasikan menjadi tiga kelas yaitu tinggi, sedang, dan rendah dengan menggunakan metode kualitatif.

Hasil dari skoring dan pembobotan kemudian diklasifikasikan menjadi rentang kelas sesuai yang diinginkan (metode kualitatif). didapatkan dari total perhitungan skor masing masing parameter penyebab bahaya banjir. Dengan menggunakan rumus :

$$K_i = \frac{X_t - X_r}{k} \quad (2.3)$$

(Sumber : Pratomo, 2008)

Keterangan:

Ki = Kelas Interval

Xt = Nilai tertinggi

Xr = Nilai terendah

k = Jumlah kelas yang diinginkan

Nilai interval ditentukan dengan pendekatan relatif dengan cara melihat nilai maksimum dan nilai minimum tiap satuan pemetaan, kelas interval didapatkan dengan cara mencari selisih antara data tertinggi dengan data terendah dan dibagi dengan jumlah kelas yang diinginkan. (Pratomo, 2008)

2.18 Analisa Spasial

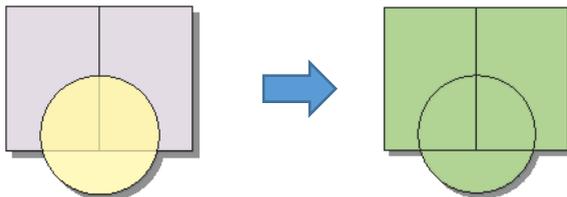
Analisa spasial adalah sekumpulan teknik yang dapat digunakan dalam pengolahan data SIG. Hasil analisis data spasial sangat bergantung pada lokasi objek yang bersangkutan (yang sedang dianalisis). Analisis spasial juga dapat diartikan sebagai teknik teknik yang digunakan untuk meneliti dan mengeksplorasi data dari perspektif keruangan. Semua teknik atau pendekatan perhitungan matematis yang terkait dengan data keruangan (spasial) dilakukan dengan fungsi analisis spasial tersebut. Pada Pelaksanaannya analisa spasial dapat dilakukan dengan jenis-jenis tertentu, Pada ArcGIS analisa spasial dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *Analysis Tools* pada menu *Arc Toolbox* yang terdiri dari beberapa bagian utama yaitu:

- a. *Extract*, yang terdiri dari 4 fungsi yaitu: *clip*, *select*, *split* dan *table select*.
- b. *Overlay*, terdiri dari *erase*, *identity*, *intersection*, *symmetrical difference*, *union* dan *update*.
- c. *Proximity*, terdiri dari *Buffer*, *multiple ring buffer*, *near* dan *point distance*
- d. *Statistic* terdiri dari *frequency* dan *summary statistic*

Analisa spasial yang dilakukan hanya menggunakan fungsi *Analysis Tools* berupa *Union*, *Clip*, dan *Multiple ring Buffer*.

1. *Union*

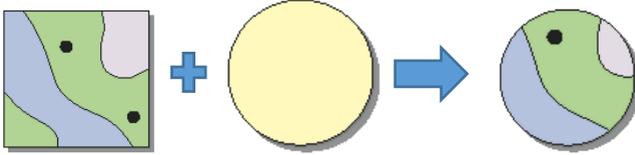
Mengkombinasikan 2 *feature* yang berbeda, hasil keluaran (*output* tidak terpotong). Semua Atribut dari 2 *feature* akan tertulis di hasil outputan.



Gambar 2.4 Prinsip *Union*
(sumber: ArcGIS 10.2)

2. *Clip*

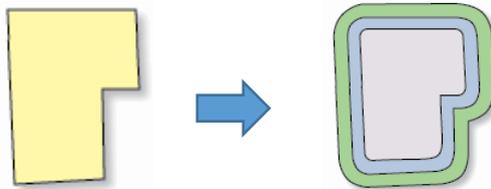
Menggabungkan 2 *feature* yang berbeda, salah satu *feature* berguna untuk memotong *feature* yang satu.



Gambar 2.5 Prinsip *Clip*
(sumber: ArcGIS 10.2)

3. *Buffer*

Merupakan analisis spasial yang menghasilkan unsur-unsur spasial bertipe polygon. Unsur tersebut merupakan area yang berjarak dan ditentukan dari input unsur spasial (Wasis 2012 dalam Shinta, 2015).



Gambar 2.6 Prinsip *Buffer*
(sumber: ArcGIS 10.2)

2.19 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Dewi Shinta, Seorang Mahasiswi S1 Jurusan Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Judul yang diangkat dalam Skripsinya adalah “Mitigasi Bencana Lahar Hujan Gunungapi Merapi Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di Sub DAS Kali Putih Kabupaten Magelang” penelitian ini

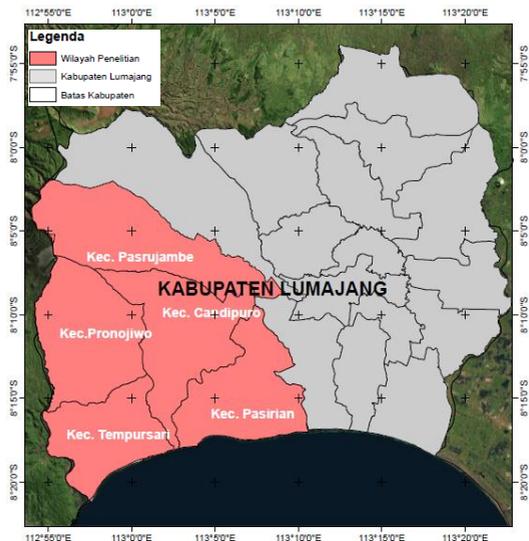
membahas tentang mitigasi bencana banjir lahar yang terjadi di sekitar Gunung Merapi menggunakan teknik penginderaan jauh dan juga Sistem Informasi Geografis. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode interpretasi citra landsat untuk memperoleh informasi bentuklahan pada daerah penelitian sebagai data primer, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait yaitu data BAKOSURTANAL tahun 2004. Data-data tersebut kemudian menjadi parameter penentu dalam pembuatan peta kerawanan. Parameter tersebut terdiri dari: bentuk lahan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, curah hujan dan jarak sungai yang kemudian di-*overlay* yang sebelumnya pada masing parameter telah diberi harkat dan kemudian dilakukan perhitungan matematis untuk memperoleh peta kelas kerawanan lahar hujan. Sehingga hasil akhir dari penelitian ini adalah peta kerawanan, penentuan jalur evakuasi dan juga lokasi evakuasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berlokasi di Kabupaten Lumajang (7⁰ 52' - 8⁰ 23' LS dan 112⁰ 50'-113⁰ 22' BT) tepatnya pada Kecamatan Pasrujambe, Kecamatan Candipuro, Kecamatan Pasirian, Kecamatan Pronojiwo, dan Kecamatan Tempursari. Dengan batas wilayah sebelah utara kecamatan senduro, kabupaten lumajang. Sebelah selatan adalah Samudra Hindia. sebelah barat adalah Gunung Semeru dan Kabupaten Malang, dan sebelah timur adalah Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Data *Digital elevation Model* (DEM) Kabupaten Lumajang yang berasal dari satelit *Terrasar-X* tahun 2015.
2. Peta Curah Hujan Kabupaten Lumajang perbulan Tahun 2016 yang berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Karang Ploso, Malang.
3. Peta Geologi lembar Lumajang dan lembar Turen tahun 1992 berasal dari Badan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Yogyakarta.
4. Data Tabular kependudukan Kabupaten Lumajang tahun 2016 yang berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lumajang.
5. Data Sarana dan Prasarana Kabupaten Lumajang yang berasal dari peta RBI Kabupaten Lumajang tahun 1999
6. Data Sejarah Bencana Gunung Semeru yang berasal dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Lumajang dan juga rekap kejadian pada berita.
7. Peta RBI Kabupaten Lumajang yang bisa di dapatkan dari Bakosurtanal tahun 1999
8. Data batas administrasi kecamatan dan batas administrasi desa tahun 2017
9. Data Daerah Aliran Sungai (DAS) yang bisa di dapatkan dari peta RBI tahun 1999

3.2.2 Peralatan

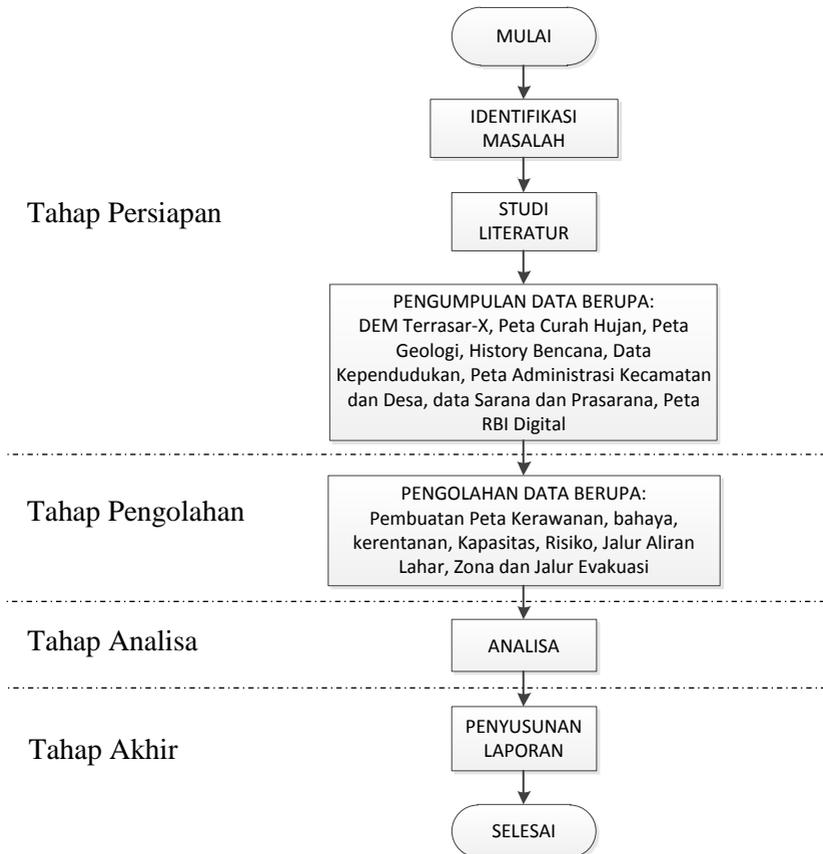
Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

- a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 1. Laptop
 2. *Mouse*
 3. *Printer*

b. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Microsoft Excel 2010
2. Microsoft Word 2010
3. ArcGIS Desktop 10.2

3.3 Metodologi Tahap Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

1. Tahap Persiapan

- Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menganalisis masalah apa yang terjadi pada daerah penelitian, serta penerapan metode yang dilakukan pada wilayah tersebut. Identifikasi masalah dapat juga berupa pemmasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana memanfaatkan SIG dalam pembuatan peta risiko banjir lahar lahar di Kabupaten Lumajang dengan metode skoring dan *overlay* yang dapat digunakan untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana.

- Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan buku-buku referensi dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang pernah dilakukan oleh orang lain yang berkaitan sebagai landasan teori mengenai masalah yang akan diteliti pada tahap pengolahan dari referensi lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, majalah, internet dan lain sebagainya.

- Pengumpulan Data

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan data baik secara primer maupun sekunder yang akan digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data berupa data *Digital Elevation Model (DEM) Terrasar-X* Kabupaten Lumajang, peta curah hujan, peta geologi lembar Lumajang dan lembar Turen, data tabular kependudukan, data sarana dan prasarana, data sejarah bencana gunung semeru, peta RBI Kabupaten Lumajang, data batas administrasi kecamatan dan desa, serta Data Daerah Aliran Sungai (DAS) yang bisa di dapatkan dari peta RBI.

2. Tahap Pengolahan

Merupakan tahap dimana seluruh data-data yang telah dikumpulkan kemudian diolah sesuai tujuan dengan berdasarkan

referensi yang ada, dengan metode *overlay*, skoring dan pengklasifikasian, berupa pengolahan peta geologi menjadi peta kekerasan batuan, pengolahan data *DEM* menjadi peta kelerengan, pengolahan peta RBI menjadi peta *buffer* sungai dan peta tutupan lahan, digitasi peta curah hujan, pengolahan peta kerawanan, pengolahan peta bahaya, pengolahan prediksi jalur aliran lahar, peta kerawanan, peta kapasitas, peta risiko dan penentuan zona serta jalur evakuasi.

3. Tahap Analisa

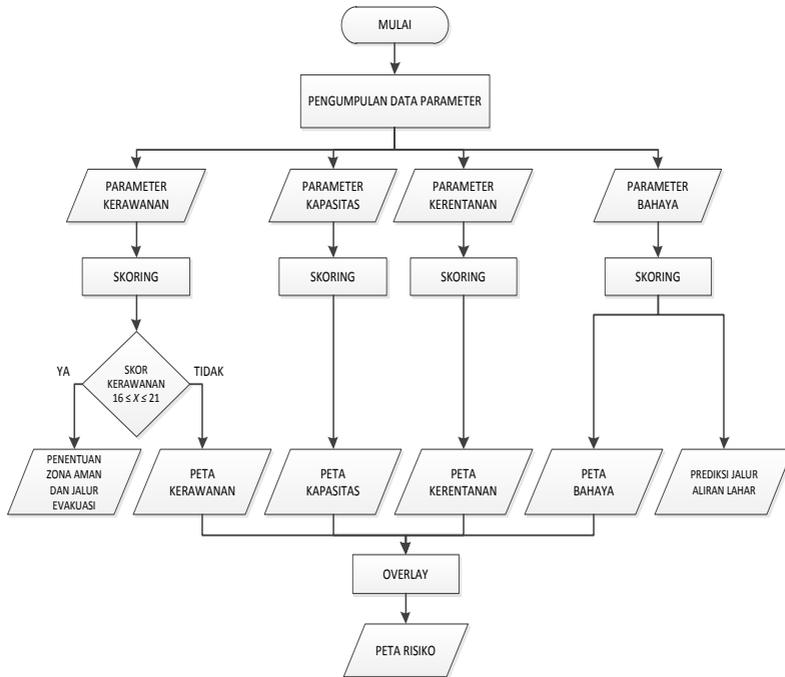
Pada tahap ini dilakukan analisa dari hasil pengolahan masing-masing peta yang dapat dilihat dari nilai skor tiap parameter dan faktor dominan yang sekiranya mempengaruhi adanya risiko di suatu daerah, analisa kerawanan untuk di jadikan zona dan jalur evakuasi serta analisa jalur aliran banjir lahar

4. Tahap Akhir

Penyusunan laporan merupakan tahap terakhir dari penelitian ini sebagai laporan Tugas Akhir yang berisi dari pelaksanaan Tugas Akhir.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar pembuatan peta risiko banjir lahar di dapatkan dari *overlay* peta kerawanan, peta bahaya, peta kerentanan, dan peta kapasitas. Adapun diagram alir pembuatan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Peta Risiko Secara Umum

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahap Pembuatan Peta Risiko:

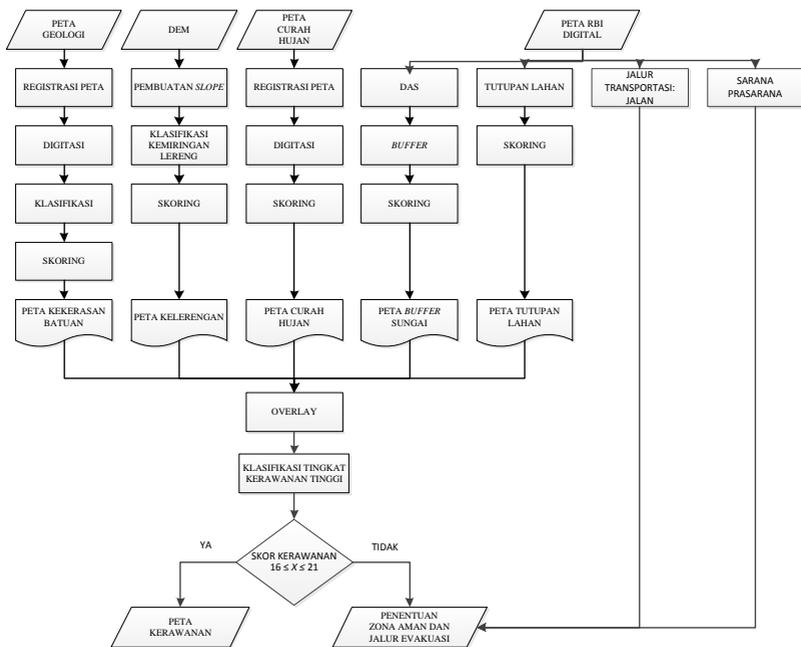
Pengolahan Peta Risiko

Pengolahan Peta Risiko merupakan hasil *overlay* dari peta kerawanan banjir lahar, peta bahaya banjir lahar, peta kapasitas dan peta kerentanan banjir lahar. Masing-masing peta tersebut dibentuk dari beberapa parameter yang kemudian di lakukan skoring. Rumus dasar untuk analisis risiko yang diusulkan dalam buku 'Pedoman Perencanaan Mitigasi Risiko Bencana' yang disusun oleh Badan

Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia (Peraturan Daerah Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2008) adalah menggunakan rumus (2.1).

Adapun penjelasan masing-masing pengolahan peta menyusun peta risiko di bagi ke dalam empat tahap yaitu:

1. Tahapa pembuatan peta Kerawanan serta Penentuan Zona dan Jalur Evakuasi.

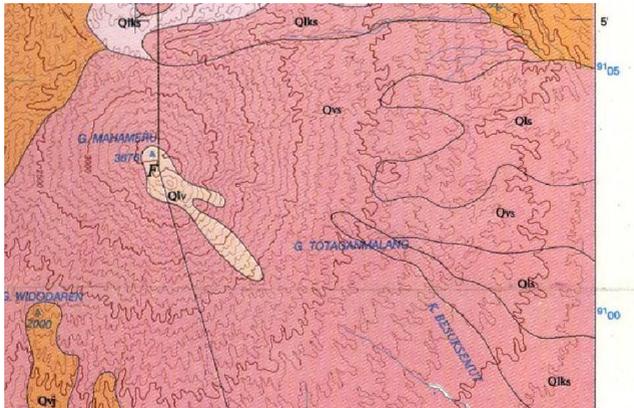


Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Peta Kerawanan Banjir Lahar, Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahap pembuatan peta kerawanan:

a. Pengolahan Peta Kekerasan Batuan

Pengolahan peta kekerasan batuan di dapatkan dari peta geologi lembar Lumajang dan lembar Turen. Peta geologi yang di dapatkan masih dalam bentuk *image*, oleh sebab itu perlu dilakukan proses registrasi peta kembali pada *Software Arcgis* dengan Cara *Georeferencing* dan memasukan empat titik pada setiap sudut pojok peta, tahap selanjutnya adalah dilakukannya proses digitasi, hal ini dilakukan untuk mengubah peta raster menjadi vektor dalam bentuk *Shapefile*, proses digitasi dilakukan berdasarkan Formasi batuan yang terdapat pada peta geologi.



Gambar 3.5 Contoh Formasi Batuan Pada Peta Geologi

Klasifikasi dilakukan untuk mengklasifikasikan data formasi batuan tersebut ke dalam tingkat kekerasan batuan. Adapun hal pertama yang dapat dilakukan untuk menentukan klasifikasi kekerasan batuan adalah menentukan batuan dominan penyusun formasi tersebut, kemudian menentukan mineral dominan penyusun batuan dominan, kemudian mengklasifikasikan kekerasan berdasarkan Skala Mohs pada setiap kandungan mineral.

Semakin lunak batuan tersebut maka akan semakin mudah juga terbawa oleh aliran banjir lahar.

b. Pengolahan Peta Kelerengan

Pengolahan peta kelerengan di dapat dari pengolahan data *DEM (Digital elevation Model)* satelit *TerraSAR-X* Kabupaten Lumajang. hal pertama yang dilakukan adalah pemotongan wilayah sesuai wilayah sudi kasus kemudian melakukan pengolahan data *DEM* tersebut menjadi peta kemiringan lereng dengan fungsi *Slope*, sehingga akan terbentuk raster baru dengan tampilan berdasarkan kemiringan lereng. Akan tetapi nilai kemiringan lereng tersebut belum sesuai dengan klas yang di tentukan dalam skoring kelerengan banjir lahar, sehingga perlu dilakukan klasifikasi kelas kelerengan dengan menggunakan fungsi *Reclassify* pada *3D Analyst Tools*. Pada proses klasifikasi ini nilai kelerengan akan dibagi menjadi lima klas berdasarkan kriteria nilai skoring yang telah di tetapkan sebagai acuan pembuatan daerah kerawanan banjir lahar pada penelitian sebelumnya, yaitu:

1. >20% : Terjal
2. 14-20% : Agak terjal
3. 8-13% : Agak landai
4. 3-7% : Landai
5. 0-2% : Datar atau hampir datar

c. Pengolahan Peta Curah Hujan

Data curah hujan yang di gunakan dalam penelitian ini didapatkan dari BMKG berupa peta curah hujan perbulan tahun 2016. Peta curah hujan tersebut telah diklasifikasikan oleh BMKG berdasarkan nilai curah hujan (mm/bulan), namun peta yang di dapat masih dalam bentuk gambar/foto, sehingga perlu dilakukan proses digitasi dan

georeferencing untuk selanjutnya dilakukan skoring berdasarkan nilai klasifikasi yang menjadi acuan.

d. Pengolahan Peta *Buffer* Sungai

Untuk pengolahan peta *buffer* sungai, hal pertama yang perlu di siapkan adalah data sungai utama yang berasal dari peta RBI, setelah itu dilakukan *buffer* dengan kriteria kelas yang terbagi menjadi 3 yaitu jarak 300 meter dari tepi sungai, jarak 400 meter dari tepi sungai dan jarak 500 meter dari tepi sungai. Selanjutnya adalah proses pemberian skor pada setiap masing-masing kelas.

e. Pengolahan Peta Tutupan Lahan

Pengolahan tutupan lahan berasal dari data RBI. Dalam pengolahan ini dilakukan proses klasifikasi tutupan lahan ke dalam lima kelas yaitu:

1. Hutan kering, hutan basah, dan pesisir
2. Lahan kosong, rawa, alang-alang dan tanaman campur
3. Kebun dan ladang
4. Sawah, sungai, dan danau
5. Pemukiman dan bangunan

Pengkelasan dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya, selanjutnya dari masing-masing kelas tersebut akan dilakukan skoring. Nilai kelas yang paling tinggi akan di berikan skor yang paling tinggi juga, hal ini karena kelas tersebut memiliki tingkat risiko yang tinggi dengan kemungkinan korban jiwa akan lebih banyak didapat jika banjir lahar sampai mengenai pemukiman dan bangunan dibandingkan mengenai hutan.

f. *Overlay*

Overlay adalah penggabungan dari peta kekerasan batuan, peta curah hujan, peta kelerengan, peta *buffer* sungai dan peta tutupan lahan yang telah di lakukan skoring pada masing-masing parameter, *overlay* dilakukan menggunakan

fungsi *union* yang digunakan untuk menggabungkan nilai atribut dan melihat irisan dari masing-masing atribut tersebut.

g. Peta Kerawanan Banjir Lahar

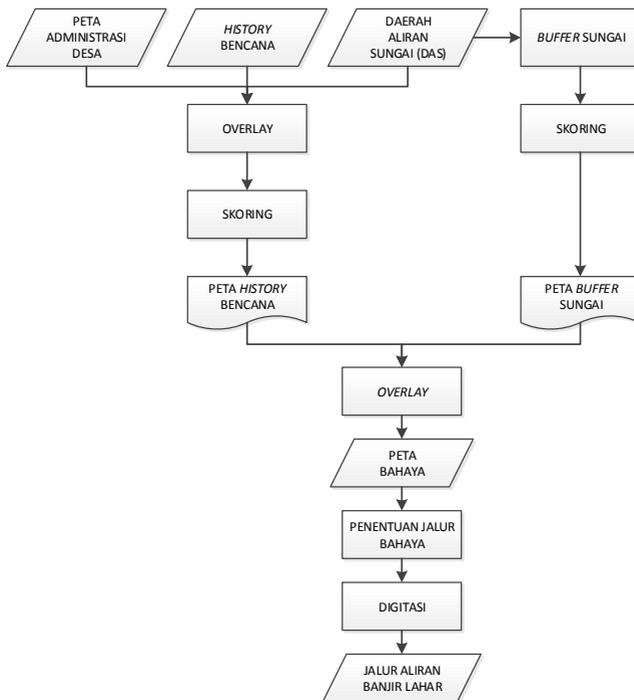
Peta kerawanan banjir lahar di dapatkan dari perhitungan skoring atribut yang telah di *overlay*. Pada tahap ini dilakukan penjumlahan semua nilai skor mulai dari skor kelerengan, kekerasan batuan, *buffer* sungai, tutupan lahan, serta curah hujan. Tidak ada pembobotan dalam perhitungan ini, semua parameter di anggap memiliki bobot yang sama, hal ini dikarenakan belum adanya acuan yang pasti mengenai pembobotan banjir lahar. Dari hasil penjumlahan nilai skor tersebut akan didapatkan nilai skor total yang selanjutnya akan di klasifikasikan ke dalam tiga kelas yaitu kelas kerawanan rendah, kelas kerawanan sedang, dan kelas kerawanan tinggi berdasarkan hasil perhitungan interval kelas menggunakan rumus (2.3) di dapatkan interval 16-21 untuk kelas kerawanan tinggi, sehingga untuk nilai yang >21 dapat di jadikan zona aman dan jalur evakuasi.

h. Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi

Penentuan Zona Aman merupaka pengembangan dari peta kerawanan banjir lahar, zona aman akan didirikan pada wilayah yang memiliki tingkat kerawanan rendah maupun sedang berdasarkan klasifikasi yang telah di lakukan pada pembuatan peta kerawanan banjir lahar, penentuan zona aman di prioritaskan didirikan pada wilayah lahan kosong, waupun fasilitas kantor desa/kantor kecamatan dan memperhitungkan kedekatan antara sarana prasarana lainnya seperti sarana kesehatan. Sedangkan pada penentuan jalur evakuasi ditambahkan aspek jalan arteri maupun lokal sebagai pendukung jalur mana yang akan di lewati. Jalur evakuasi yang akan di pilih adalah jalan yang

termasuk dalam tingkat kerawanan rendah dan sedang, jalur evakuasi hanya akan diberikan pada pemukiman yang termasuk ke dalam tingkat kerwanan tinggi menuju zona aman yang telah ditentukan.

2. Tahap Pembuatan Peta Bahaya Banjir Lahar dan prediksi Jalur Aliran Lahar.



Gambar 3.6 Diagram Alir Pembuatan Peta Bahaya Banjir Lahar dan Perediksi Jalur Aliran Banjir Lahar

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahap pembuatan peta bahaya:

a. Peta *History* Bencana Banjir Lahar

Peta *history* bencana didapatkan dari hasil *overlay* data batas administrasi desa pada wilayah studi kasus, data *history* bencana dan data aliran sungai. Data *history* bencana yang didapatkan memiliki keterangan banyaknya kejadian, spesifikasi kejadian yang tempat kejadian yang dapat terjadi di sungai/kali ataupun melanda desa, maka dari itu data *history* bencana di *overlay*-kan dengan batas administrasi desa dan atau data aliran sungai di wilayah tersebut. Nilai yang di masukan hanyalah intensitas kejadian yang pernah terjadi di sungai/desa tersebut, setelah itu dilakukan skoring berdasarkan jumlah intensitas kejadian untuk menghasilkan peta *history* bencana.

b. Peta *Buffer* Sungai

Sama seperti halnya pembuatan peta *buffer* sungai pada pengolahan peta kerawanan banjir lahar, hal pertama yang perlu di siapkan adalah data sungai utama yang berasal dari peta RBI, setelah itu dilakukan *buffer* dengan kriteria kas yang terbagi menjadi 3 yaitu jarak 300 meter dari tepi sungai, jarak 400 meter dari tepi sungai dan jarak 500 meter dari tepi sungai. Selanjutnya adalah proses pemberian skor pada setiap masing-masing kelas. Peta *buffer* sungai di masukan ke dalam peta bahaya banjir lahar karena wilayah kejadian yang di prediksi memiliki tingkat bahaya tinggi adalah wilayah di sekitar aliran sungai, untuk itu peta *buffer* sungai di tambahkan lagi pada pengolahan peta bahaya.

c. Peta Bahaya Banjir Lahar

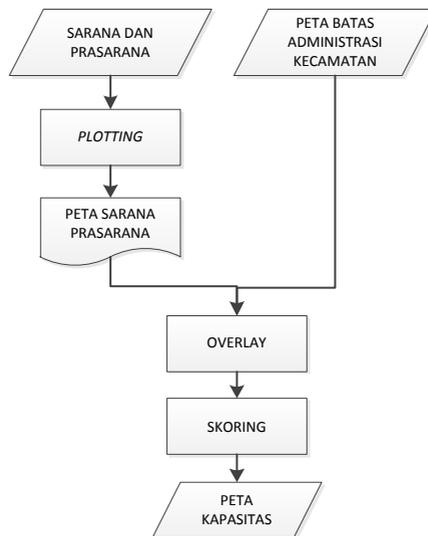
Peta bahaya banjir lahar dihasilkan dari penggabungan Peta *history* bencana banjir lahar dengan peta *buffer*

sungai dengan menjumlahkan skor dari masing-masing parameter. Hasil yang di tampilkan akan di bagi menjadi tiga kelas yaitu kelas bahaya rendah, kelas bahaya sedang dan kelas bahaya tinggi.

d. Jalur Aliran Banjir Lahar

Jalur aliran banjir lahar di dapatkan dari hasil digitasi peta bahaya, hal ini dikarenakan jalur aliran lahar akan sering terjadi pada daerah yang sebelumnya sudah memiliki riwayat kebencanaan banjir lahar baik dari sungai maupun desa yang pernah dilanda kejadian banjir lahar.

3. Tahap Pembuatan Peta Kapasitas.



Gambar 3.7 Diagram Alir Pembuatan Peta Kapasitas

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahap pembuatan peta kapasitas:

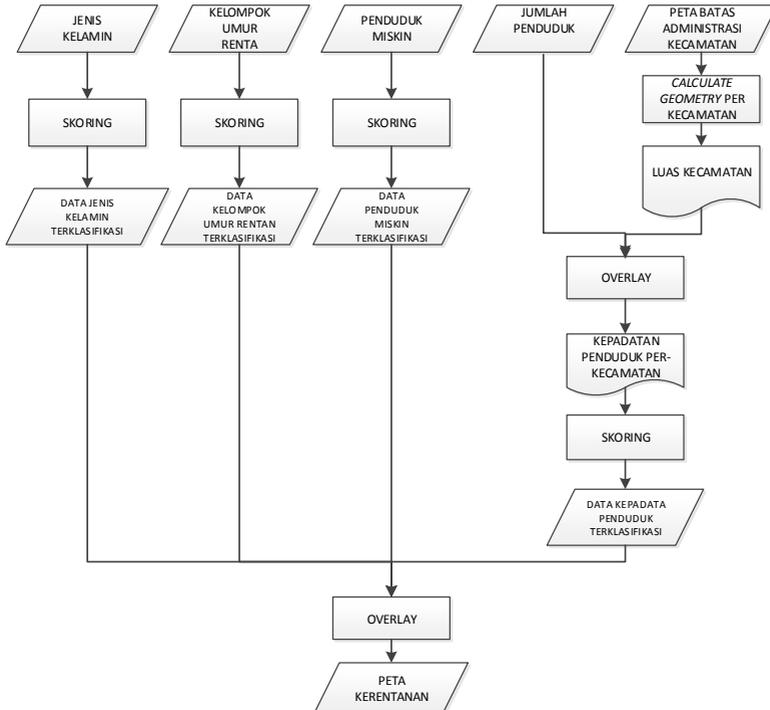
Peta Kapasitas

Kapasitas adalah sumber daya, cara dan kekuatan yang dimiliki masyarakat yang memungkinkan masyarakat untuk mempertahankan dan mempersiapkan diri, mencegah, menanggulangi, meredam serta dengan cepat memulihkan diri dari akibat bencana. Kapasitas merupakan komponen yang dinamis dan paling memungkinkan untuk dikelola untuk mengurangi risiko bencana. Pengolahan peta kapasitas didapat dari data sarana-prasarana/fasilitas umum, pada Tugas Akhir ini sarana-prasarana yang dimasukkan berupa:

- a. Sarana pendidikan
- b. Terminal
- c. Sarana kesehatan
- d. Tempat ibadah
- e. Kantor kecamatan dan antor desa
- f. Kantor polisi
- g. Kantor pos
- h. Pusat perdagangan
- i. Jembatan

Data sarana prasarana dapat di ambil dari peta RBI , nantinya data tersebut akan dilakukan di *overlay* bersamaan dengan peta batas administrasi kecamatan, hasilnya akan terlihat lokasi-lokasi sarana-prasarana yang tersebar dalam lima kecamatan yang dapat di jadikan sarana mengurangi risiko bencana banjir lahar ataupun tempat yang bisa di jadikan lokasi evakuasi jika bencana banjir lahar akan terjadi.

4. Tahap Pembuatan Peta Kerentanan.



Gambar 3.8 Diagram Alir Pembuatan Peta Kerentanan

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir tahap pembuatan peta karentanan:

1. Peta Kerentanan

Pengolahan peta kerentanan berasal dari lima parameter yaitu:

- a. jenis kelamin
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah jumlah laki-laki dan jumlah perempuan pada setiap kecamatan pada wilayah studi kasus yang kemudian dilakukan skoring untuk parameter tersebut.
- b. kelompok umur rentan
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah kerentanan pada usia <5 tahun dan >65 tahun pada setiap kecamatan pada wilayah studi kasus yang kemudian dilakukan skoring untuk parameter tersebut.
- c. jumlah penduduk miskin
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah jumlah penduduk miskin per kecamatan yang datanya sudah di dapatkan dari BPS Kabupaten Lumajang, selanjutnya adalah dilakukan skoring untuk parameter tersebut.
- d. kepadatan penduduk.
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah kepadatan penduduk yang di dapatkan dari perhitungan antara jumlah penduduk dan luas wilayah. Pada parameter ini jumlah penduduk di dapatkan dari BPS Kabupaten Lumajang, sedangkan data luas wilayah di dapatkan dari perhitungan dari batas administrasi perkecamatan dengan menggunakan fungsi *calculate geometry*. Badan Kependudukan dan KB Nasional (BKKBN) menyebutkan kepadatan penduduk adalah perbandingan antara banyaknya penduduk per luas wilayah (km^2) pada tahun tertentu, sehingga rumus perhitungan kepadatan penduduk adalah:

$$\text{Kepadatan penduduk} = \frac{\text{jumlah penduduk}}{\text{luas wilayah (km}^2\text{)}} \quad (3.1)$$

langkah selanjutnya adalah melakukan skoring pada parameter kepadatan penduduk.

Setelah semua parameter di tentukan skornya, langkah selanjutnya adalah meng-*overlay*-kan semua parameter sehingga dapat di peroleh peta kerentanan penduduk per-kecamatan.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

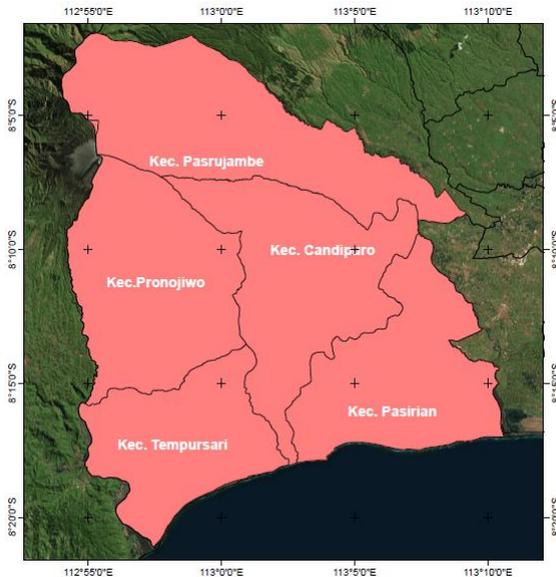
4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Pada Gunung Semeru, banjir lahar merupakan hal yang cukup sering terjadi. Dengan intensitas yang cukup sering maka kejadian bencana ini dapat mengakibatkan adanya risiko tinggi bagi warga dan lingkungan sekitar. Banjir lahar yang terjadi berpotensi menghasilkan tenaga yang cukup besar untuk mengangkut material yang berada pada lereng Gunung Semeru seperti pasir, krikil bahkan bongkahan-bongkahan batu yang cukup besar. Hal ini akan sangat berbahaya jika material yang di bawa oleh aliran banjir lahar tersebut mengenai pemukiman, perkebunan, sawah dll, serta menutup akses jalan yang biasanya di lalui warga.

Dampak yang di sebabkan dari bencana ini sangat banyak, mulai dari menimbulkan korban jiwa, cedera fisik, kerusakan atau kerugian harta benda, infrastruktur, pelayanan-pelayanan yang penting atau sarana prasarana kehidupan sampai ketergangguan psikologis atau kejiwaan. Mengingat dampak yang luar biasa tersebut, maka dari itu pentingnya dilakukan perencanaan mitigasi bencana banjir lahar yang harus dilakukan dengan menggunakan prinsip dan cara yang tepat sehingga kerugian material dan jiwa dapat di minimalisir bahkan dihindari.

Banjir lahar Gunung Semeru seringnya melanda wilayah tenggara Gunung Semeru, hal ini di sebabkan karna morfologi gunung di wilayah tenggara yang berlereng curam. Dalam pengolahan prediksi jalur aliran banjir lahar terdapat tiga jalur sungai utama yang di prediksi merupakan jalur banjir lahar semeru sering terjadi, oleh karena itu batas wilayah yang di ambil dalam penelitian ini hanya membatasi lima kecamatan yang berada di wilayah tenggara Gunung Semeru, yaitu: Kecamatan Candipuro, Kecamatan Pasirian, Kecamatan Pasrujambe, Kecamatan pronojiwo dan Kecamatan Tempursari. Total luasan dari batas wilayah dari penelitian ini adalah $\pm 683 \text{ km}^2$, dengan

rincian Kecamatan Candipuro 143km^2 , Kecamatan Pasirian 126km^2 , Kecamatan Pasrujambe 166km^2 , Kecamatan Pronojiwo 145km^2 dan Kecamatan Tempursari 103km^2 . Terletak pada Zona 49S, proyeksi UTM dan menggunakan Datum WGS 84.



Gambar 4.1 Batas Wilayah Penelitian

4.2 Peta Bahaya Banjir Lahar dan Prediksi Jalur Aliran Lahar

4.2.1 Peta Bahaya Banjir Lahar

Peta bahaya banjir lahar adalah sebaran kejadian banjir lahar yang terjadi di wilayah penelitian berdasarkan data rekap kejadian. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Lumajang, data kejadian bencana banjir lahar yang berhasil di rekap dimulai pada tahun 1895 sampai tahun 2009. Sedangkan untuk kelanjutan datanya dapat di

peroleh dari rekap berita yang telah terjadi. Berikut adalah data hasil rekap kejadian bencana.

Table 4.1 Data Rekap Kejadian Bencana Banjir Lahar.

No.	Kecamatan	Tanggal	Keterangan	Daerah	Korban
1	Candipuro	22 Mei-10 Juli dan 1 Okt 1895	Letusan G.semernu/lelehan lava,lahar	Wlayah tenggara gunung semeru	Nihil
2	Candipuro	Mei-Juni 1896	Berupa lelehan lava, lahar	Wlayah tenggara gunung semeru	Nihil
3	Pronojiwo	21 Sep 1941-Feb 1942	Letusan sampai di lereng sebelah timur pada ketinggian antara 1400 dan 1775 meter. Titik letusan sebanyak 6 tempat. Lelehan lava masuk ke B. Semut dan menimbuni Pos Pengairan Letusan sampai di Lereng sebelah timur pada ketinggian 1400 dan 1775 M titik letusan sebanyak 6 tempat. Aliran lava, lahar sepanjang 6,5 kilometer	Besuk semut Desa oro oro ombo kecamatan Pronojiwo	Nihil
4	Pasrujambe	Juli dan 23 November-Desember 1950	Letusan sampai di lereng sebelah timur pada ketinggian antara 1400 dan 1775 meter. Titik letusan sebanyak 6 tempat. Lelehan lava masuk ke B. Semut dan menimbuni Pos Pengairan Bantengan. Aliran lahar sepanjang 6,5 kilometer	Besuk sat Desa Pasrujambe Kecamatan Pasrujambe	Nihil
5	Pronojiwo	Juli dan 23 November-Desember 1950	Letusan sampai di lereng sebelah timur pada ketinggian antara 1400 dan 1775 meter. Titik letusan sebanyak 6 tempat. Lelehan lava masuk ke B. Semut dan	besuk semut Desa Oro oro ombo kecamatan Pronojiwo	Nihil

			menimbuni Pos Pengairan Bantengan. Aliran lahar sepanjang 6,5 kilometer		
6	Pronojiwo	November 1951	Lava, lahar mengalir ke Besuk Sat dan guguran lava masuk ke Besuk Semut	Besuk semut Desa oro oro ombo kecamatan Pronojiwo	Nihil
7	Tempursari	1967	Letusan terjadi pada bulan September dan pembentukan kubah lava titik letusan 1963 pinggir kawah selatan (hulu Kali Glidik, Besuk Bang dan Besuk Kobokan) mencapai ketinggian 3730m (54m di atas puncak Mahameru). Lahar terjadi di lembah kali Glidik, Besuk Kobokan dan Kali Rejali	Lahar terjadi di lembah kali Glidik	Nihil
8	Pronojiwo	1967	Letusan terjadi pada bulan September dan pembentukan kubah lava titik letusan 1963 pinggir kawah selatan (hulu Kali Glidik, Besuk Bang dan Besuk Kobokan) mencapai ketinggian 3730m (54m di atas puncak Mahameru). Lahar terjadi di lembah kali Glidik, Besuk Kobokan dan Kali Rejali	Lahar terjadi di lembah Besuk Kobokan	Nihil
9	Pasirian	1967	Letusan terjadi pada bulan September dan pembentukan kubah lava titik letusan 1963 pinggir kawah selatan (hulu Kali Glidik, Besuk Bang dan Besuk Kobokan) mencapai ketinggian 3730m (54m di atas puncak Mahameru). Lahar	Lahar terjadi di lembah Kali Rejali	Nihil

			terjadi di lembah kali Glidik, Besuk Kobokan dan Kali Rejali		
10	Candipuro	1968	Pertumbuhan kubah lava dan banjir lahar	Desa Sumber Wungkil	3 orang
11	Tempursari	1972	Pertumbuhan kubah lava terus berlangsung mencapai ketinggian 3744,5 m ,awan panas guguran terjadi, diakhir tahun ,letusan terjadi setiap 5 sampai 45 menit dengan tinggi asap Maksimum 500 m , diatas binbir kawah, pasir dan debu terlonta5 sejauh + 1 km	Kali Glidik Kec.Tempursari sampai batas hutan	Nihil
12	Pasrujambe	1973	letusan mencapai lk 1000 m disertai aliran lava, lahar	Besuk sat Desa Pasrujambe Kecamatan Pasrujambe ke besuk koboan , mencapai jarak 2 km dari puncak	Nihil
13	Pronojiwo	01-Des-77	Terjadi guguran lava dan lahar menghasilkan awan panas guguran berjarak 10 km di Besuk Kembar dengan volume endapan 6,4 juta m3	Besuk kembar,besuk koboan, sawah dan tegal seluas 110 Harusak di Desa Sumberurip, Hutan Finus 450 Ha dan 1 jembatan rusak terbakar dan 2 rumah penduduk hanyut.	Nihil
14	Pronojiwo	3 Pebruari 1994	Terjadi letusan dan suara dentuman disertai hujan abu dan guguran lava membentuk awan panas guguran. Aliran awan panas guguran ini masuk ke Besuk Kobokan	besuk koboan, besuk kembar dan besuk bang	korban meninggal 7 orang, hayut 2 orang pada tanggal 13

			mencapai 11,5km, ke Besuk Kembar 7,5km dan ke Besuk Bang lk 3,5 km Volume awan panas tersebut diperkirakan mencapai 6,8 juta M3 .aliran lava dan lahar mencapai jarak lk 200 - 750 m dari puncak		Pebruari 1994
15	Pronojiwo	Desember 2002	terjadi beberapa kali letusan di kawah utama diikuti awan panas guguran sejauh 12 kilometer dan melewati aliran lahar Besuk Rowo Baung	Besuk Rowo Baung	Nihil
16	Pronojiwo	30 Januari 2009	Air Bercampur lumpur Genangi Rumah warga hingga 60 cm di karenakan tanggul jebol	Desa Jugosari, kecamatan pronojiwo	Nihil
17	Pronojiwo	Oktober 2010	Aliran Banjir lahar menenggelamkan sekitar 17 hektar sawah	Dusun Rowo Baung, Desa Pronojiwo, Kecamatan Pronojiwo	Nihil
18	Pasirian	3 April 2011	Banjir lahar dingin Gunung Semeru kembali menerjang sungai Rejali di Lumajang, Jawa Timur, akibatnya jalur alternatif penghubung dua kecamatan terputus	Sungai rejali Kecamatan Pasirian	Nihil
19	Pronojiwo	14 Desember 2011	Banjir lahar menyebabkan tanggul jebol sepanjang 3-5 meter	Dusun rowobaung, Kecamatan Pronojiwo	Nihil
20	Pasirian	14 Desember 2011	Banjir lahar menyebabkan tanggul jebol sepanjang 3-5 meter	Sungai Rejali kecamatan Pasirian	Nihil
21	Pasirian	26 Januari 2013	Banjir lahar dingin Semeru kembali menerjang Sungai Rejali, luapan air menyebabkan dua kecamatan di permukiman warga	Sungai rejali Kecamatan Pasirian	Nihil

			terisolasi.		
22	Pasirian	12 April 2013	Banjir Lahar sebabkan Truk Penambang pasir terjebak	Sungai rejali Kecamatan Pasirian	Nihil
23	Pasirian	18 Januari 2015	Banjir Lahar sebabkan Truk Penambang pasir terjebak	Hulu sungai rejali Kecamatan Pasirian	Nihil
24	Pasirian	01 Maret 2015	Banjir Lahar sebabkan Truk Penambang pasir terjebak	Sungai rejali, Desa bangu, Kecamatan Pasirian	Nihil
25	Candipuro	24 Februari 2016	Aliran Banjir Lahar	Sungai Kaliputih, Desa Gesang, Kec. Candipuro	Nihil
26	Pasirian	13 november 2016	Tanggul jebol karena aliran banjir lahar dan merusak tanaman warga	Sungai rejali, Desa bangu, Kecamatan Pasirian	Nihil

Sumber : BPBD Kabupaten Lumajang

Berdasarkan hasil rekap kejadian bencana yang berasal dari BPBD dan juga berita, dapat di tarik kesimpulan bahwa kecamatan yang paling sering mengalami kejadian bencana adalah Kecamatan Pronojiwo. Hal ini dimungkinkan kerana letak Kecamatan Pronojiwo berada dekat dengan Gunung Semeru yaitu di bagian tenggara Gunung Semeru dimana dibagian tersebut memiliki morfologi lereng yang curam.

Table 4.2 Intensitas Kejadian Per-Kecamatan

No	Kecamatan	Intensitas Kejadian
1	Tempursari	2
2	Pronojiwo	10
3	Pasrujambe	2
4	Pasirian	8
5	Candipuro	4

Dalam pembuatan peta bahaya banjir lahar selain dari intensitas kejadian di perlukan juga data *buffer* sungai. *Buffer* sungai di perhitungkan karena kejadian bencana banjir lahar akan terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS). Pada prinsipnya lahar akan mengalir di sepanjang DAS, jika debit air hujan yang mengalir pada saat itu deras dengan membawa material vulkanik dari erupsi Gunung Semeru, aliran lahar dapat saja meluber di daerah di tepi/pinggir/sekitar sungai dan mengakibatkan banjir di daerah tersebut. Untuk itu dalam pembuatan Peta Bahaya Banjir Lahar di perhitungkan juga aspek *buffer* sungai.

Adapun hasil klasifikasi *buffer* sungai di golongankan ke dalam 3 kelas, yaitu

- a. Jarak 300 meter dari tepi sungai
- b. Jarak 400 meter dari tepi sungai
- c. Jarak 500 meter dari tepi sungai.

Selanjutnya dilakukan skoring pada masing-masing parameter, baik parameter intensitas kejadian maupun parameter *buffer* sungai untuk menghasilkan peta bahaya banjir lahar Gunung Semeru.

Table 4.3 Skoring Intensitas Kejadian

No	Kecamatan	Intensitas Kejadian	Skor
1	Tempursari	2	1
2	Pronojiwo	10	3
3	Pasrujambe	2	1
4	Pasirian	8	3
5	Candipuro	4	1

Adapun perhitungan skor intensitas kejadian di dapatkan dengan rumus (2.3). sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kelas Interval} = \frac{10 - 2}{3} \approx 3$$

Sehinga dapat di kelompokkan menjadi:

- Nilai 2 sampai 4 memiliki skor 1
- Nilai 5 sampai 7 memiliki skor 2
- Nilai 8 sampai 10 memiliki skor 3

Sedangkan untuk klasifikasi *buffer* di bagi ke dalam 3 kelas, dengan skoring berdasarkan penelitian sebelumnya, yaitu:

Table 4.4 Klasifikasi *Buffer* Sungai

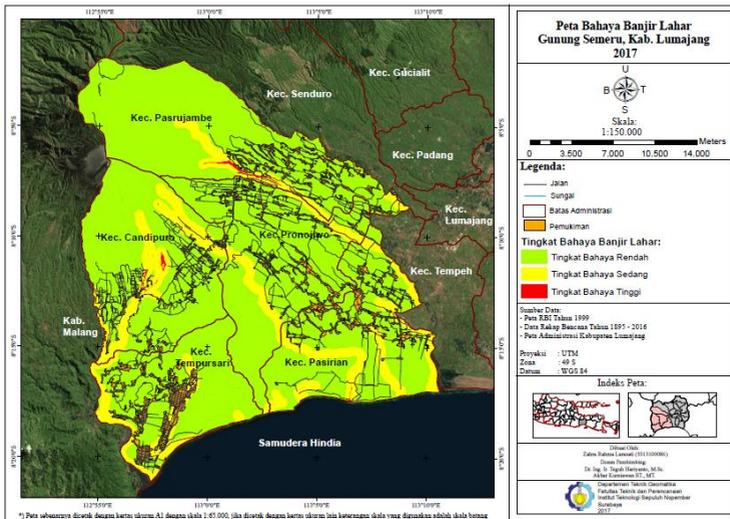
No	Jarak dari Tepi Sungai (meter)	Skor	Kelas
1	300	1	Rendah
2	400	2	Sedang
3	500	3	Tinggi

Sumber : BNPB 2010 dalam Dewi Shinta 2015

Niali skor masing-masing parameter kemudian di *overlay* dengan fungsi *union* untuk menghasilkan peta bahaya banjir lahar. Nilai yang di dapat dari hasil *overlay* adalah nilai 1 sampai 6, kemudian nilai tersebut di klasifikasikan ke dalam tiga tingkat bahaya yaitu tingkat bahaya rendah, tingkat bahaya sedang dan tingkat bahaya tinggi, dengan menggunakan rumus (2.3)

Hubungan *buffer* sungai dan *history* juga dapat dilihat dari irisan tempat kejadian bencana, dimana skor 1 sampai 2

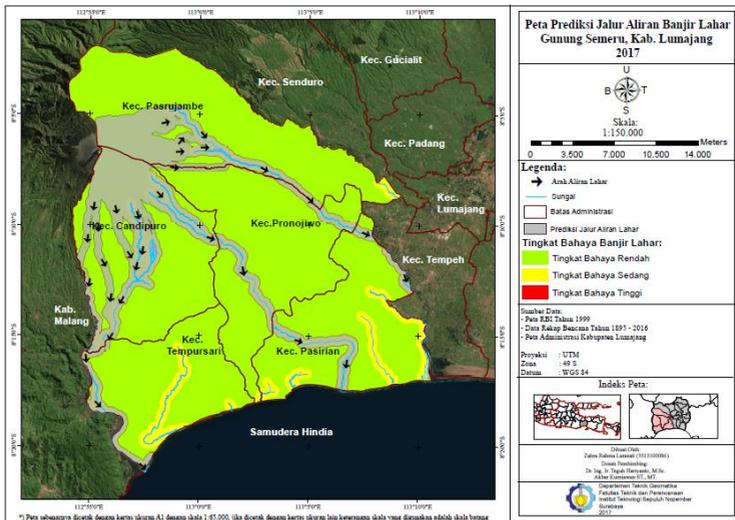
diklasifikasikan ke dalam tingkat bahaya tinggi (berwarna merah pada peta) merupakan intensitas kejadian tinggi dengan skor *buffer* sungai tinggi. Skor 3 sampai 4 diklasifikasikan ke dalam tingkat bahaya sedang (berwarna kuning dalam peta) memiliki intensitas skor kecil dengan *buffer* kelas sedang, dan skor 5 sampai 6 diklasifikasikan ke dalam tingkat bahaya rendah (berwarna hijau dalam peta) memiliki intensitas kejadian nol dan *buffer* sungai nol.



Gambar 4.2 Hasil Pengolahan Peta Bahaya Banjir Lahar

4.2.2 Prediksi Jalur Aliran Banjir Lahar

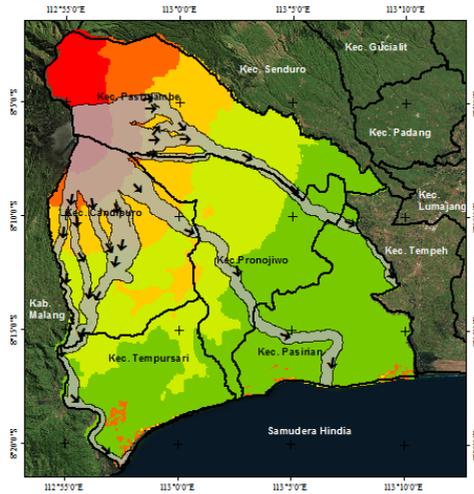
Jalur aliran banjir lahar dapat di peroleh dari analisa peta bahaya, aliran air atau sungai yang melewati wilayah tersebut dan juga peta ketinggian. Umumnya aliran banjir akan meluap dari tempat tinggi ke tempat yang rendah sehingga proses digitasi untuk menentukan jalur aliranpun harus di dasarkan dari peta ketinggian. Berikut adalah hasil perediksi penentuan jalur aliran lahar.



Gambar 4.3 Hasil Prediksi Jalur Aliran Lahar

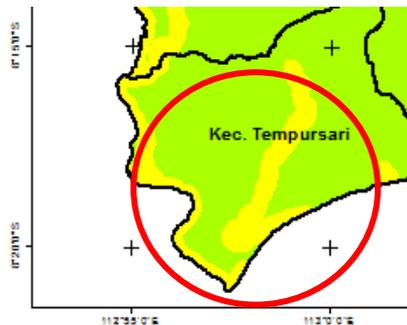
Prediksi tersebut di dapat dari analisa jalur pada peta bahaya banjir lahar, DAS sungai, aliran air dan peta ketinggian. Kubah Gunung Semeru di prediksi akan meluap menuju jalur peta pada pengolahan peta bahaya banjir lahar, hal ini di karenakan kubah sekitar Gunung Semeru yang berlereng curam dan jalur aliran air di sekitar gunung tersebut hingga dapat di prediksi lahar akan menyebar ke segala arah menuju jalur bahaya.

Tidak semua jalur bahaya diambil, hal ini di karenakan adanya pengaruh ketinggian pada wilayah tersebut. Peta ketinggian di dapat dari klasifikasi data *DEM*, sehingga dapat dilihat penampalan peta ketinggian dan jalur Aliran lahar pada gambar di bawah ini.



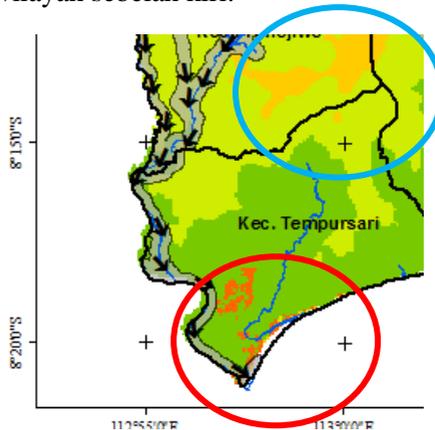
Gambar 4.4 Penampalan Peta ketinggian dan Prediksi jalur Aliran Lahar

Klasifikasi warna di dasarkan dari ketinggian, dimana warna merah memiliki nilai ketinggian yang besar dan semakin hijau memiliki nilai ketinggian yang rendah.



Gambar 4.57 Analisa Peta Bahaya Banjir Lahar dan Prediksi Jalur Aliran Lahar

Pada potongan gambar peta bahaya banjir lahar di atas, wilayah yang di lingkari merah memiliki tingkat bahaya sedang, namun hal tersebut tidak di masukan ke dalam prediksi jalur aliran lahar, hal ini di karenakan wilayah di atasnya memiliki ketinggian yang lebih tinggi (area lingkaran biru pada gambar 4.6) sehingga prediksi aliran lahar akan mengalir ke wilayah sebelah kiri.



Gambar 4.6 Analisa Peta Ketinggian dan Prediksi Jalur Aliran Lahar

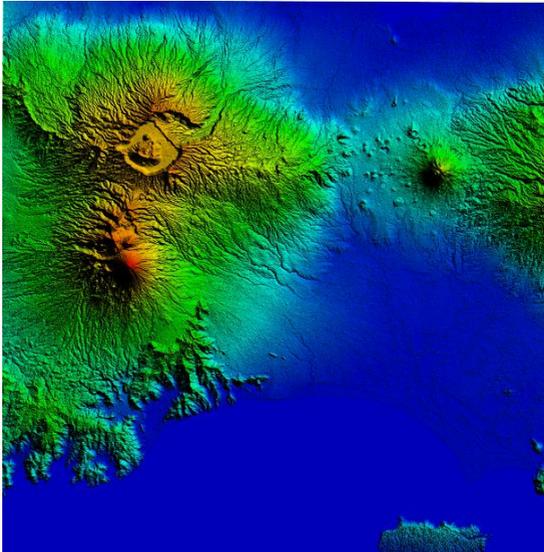
Berdasarkan analisa tersebut dapat di simpulkan bahwa terdapat 3 jalur utama aliran lahar yang melewati 15 sungai utama, beberapa sungai di antaranya: Sungai Glidik, Sungai Manjing, Sungai Besukboan, Sungai Besuksemut, Sungai Besukbang, Sungai Lengkong, Sungai Besukkembar, Sungai Besuktengah, Sungai Besuktompeh, Sungai Dampar, Sungai Rejali, Sungai Liprak, Sungai Mujur, Sungai Pancing dan Sungai Duren.

4.3 Peta Kerawanan Banjir Lahar

Dalam pembuatan peta kerawanan di butuhkan adanya perhitungan dari beberapa parameter yang mempengaruhi. Masing-masing parameter tersebut nantinya akan dilakukan skoring dan di *overlay* untuk menghasilkan peta kerawanan banjir lahar. Peta kerawanan banjir lahar terdiri dari dua peta, yaitu Peta kerawanan pada tingkat curah hujan tertinggi yaitu pada bulan november dan peta kerawanan pada tingkat curah hujan terendah yaitu pada bulan januari. Adapun penjelasin masing-masing parameter kerawanan adalah sebagai berikut.

4.3.1 Parameter Kelerengan

Pengolahan peta kelerengan di dapat dari pengolahan data *DEM (Digital elevation Model)* satelit *TerraSAR-X* Kabupaten Lumajang.



Gambar 4.7 Data *DEM TerraSAR-X* Kabupaten Lumajang

Hal pertama yang dilakukan adalah pemotongan wilayah sesuai wilayah sudi kasus dan membuat kemiringan lerengnya dengan menggunakan fungsi *Raster Surface* → *Slope* pada *ArcToolbox*. Sehingga akan terbentuk raster baru dengan tampilan berdasarkan kemiringan lereng. Akan tetapi kelas kemiringan lereng tersebut belum sesuai hingga perlu dilakukan klasifikasi dengan menggunakan fungsi *Reclassify* pada *3D Analyst Tools*. Pada proses klasifikasi ini dibagi menjadi lima kelas dengan kriteria yang dimasukkan pada tahap ini akan disesuaikan dengan nilai skoring yang telah ditetapkan sebagai acuan.

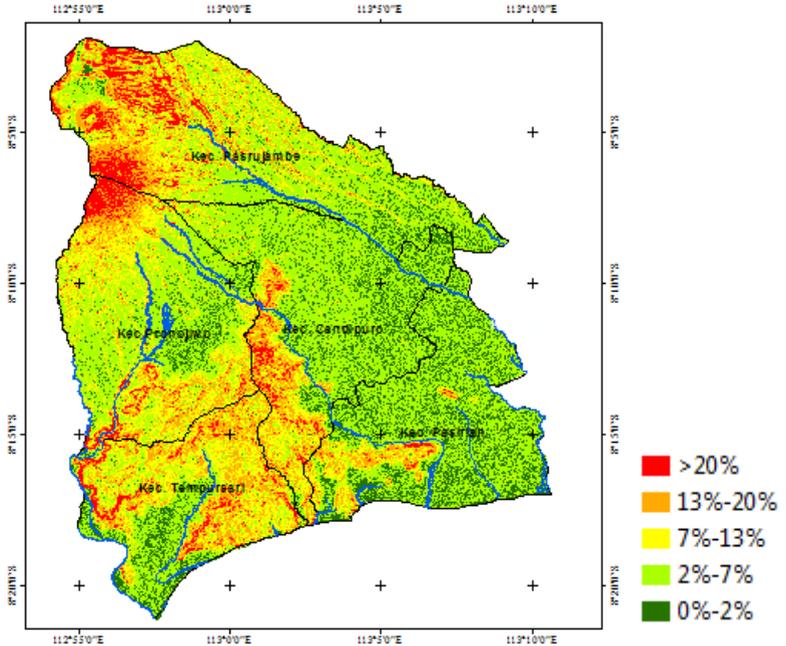
Table 4.5 Klasifikasi Skor Kemiringan Lereng

No	Kemiringan Lereng	Keterangan	Skor
1	0%-2%	Datar atau Hampir Datar	5
2	2%-7%	Landai	4
3	7%-13%	Agak Landai	3
4	13%-20%	Agak Terjal	2
5	>20%	Terjal	1

Sumber: Van Zuidam dan Cancelado 1997 dala Dewi Shinta 2015

Pada prinsipnya banjir akan terjadi pada daerah yang memiliki kelerengan landai, karena aliran air akan sulir mengalir pada wilayah yang landai, sebaliknya justru pada wilayah yang semakin terjal, aliran air akan semakin mudah mengalir dengan lancar dari tempat yang tinggi ke rendah. Maka dari itu kelerengan yang semakin landai akan diberikan skor yang paling tinggi. Daerah yang landai akan semakin rawan terjadi banjir lahar, karna aliran akan sulit mengalir yang nantinya malah akan meluber ke wilayah di sekitarnya. Berdasarkan hasil klasifikasi dan skoring menurut tabel 4.5

maka di dapatkan peta hasil pengolahan kelerengannya seperti dibawah ini:



Gambar 4.8 Klasifikasi Peta Kelerengannya

Semakin terjal warnanya akan menunjukkan semakin merah, sedangkan semakin landai warnanya akan menunjukkan warna hijau. Wilayah di Kecamatan Pasirian dan Candipuro dapat di prediksi memiliki tingkat kerawanan cukup tinggi karena daerah tersebut memiliki tingkat kelandaian (warna hijau) paling besar di bandingkan kecamatan lainnya.

Jika di hitung dengan jumlah luasan daerah wilayah studi kasus berdasarkan klasifikasi kelerengannya adalah sebagai berikut:

Table 4.6 Luas Daerah Berdasarkan Klasifikasi Kelerengan

No	Kemiringan Lereng	Keterangan	Luas (km^2)	Persentase (%)
1	0%-2%	Datar atau Hampir Datar	102,743	15,007
2	2%-7%	Landai	309,216	45,165
3	7%-13%	Agak Landai	141,918	20,729
4	13%-20%	Agak Terjal	92,594	13,524
5	>20%	Terjal	38,162	5,574

Berdasarkan tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa klasifikasi kemiringan terluas yaitu sebesar 309,216 (km^2) berada pada klasifikasi kelerengan landai (2%-7%). Sedangkan pada klasifikasi yang memiliki luasan paling kecil sebesar 38,162 (km^2) berada pada klasifikasi kelerengan Terjal (>20%).

4.3.2 Parameter Geologi

Pengolahan Peta Kekerasan Batuan di dapatkan dari peta geologi lembar Lumajang dan lembar Turen. Informasi pada peta geologi tersebut yang dapat digunakan dalam klasifikasi kekerasan batuan adalah informasi formasi batuan. Formasi batuan terdiri dari beberapa macam batuan, dari masing-masing formasi batuan tersebut dapat diketahui batuan dominan penyusun formasi tersebut serta kandungan mineral yang terkandung didalam batuan tersebut.

Klasifikasi dilakukan untuk mengklasifikasikan data formasi batuan tersebut ke dalam tingkat kekerasan batuan

dengan cara menentukan batuan dominan penyusun formasi kemudian menentukan mineral dominan penyusun batuan dominan kemudian mengklasifikasikan kekerasan berdasarkan nilai skala Mohs pada setiap mineral dominan penyusun batuan. Semakin lunak batuan tersebut maka akan semakin mudah juga terbawa oleh aliran banjir lahar.

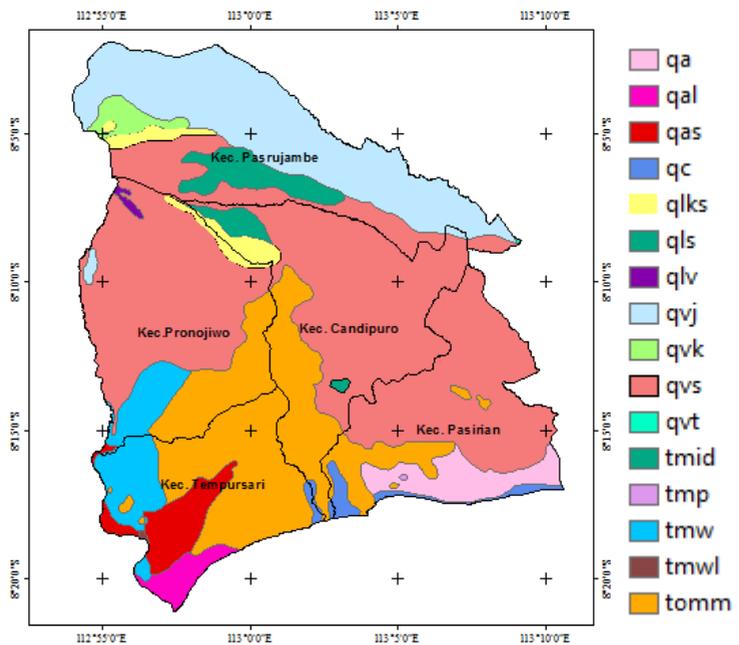
Pengklasifikasian kekerasan batuan di lihat dari nilai skala mohs pada setiap kandungan mineralnya. Kekerasan suatu mineral bersifat relatif, artinya apabila dua mineral saling digoreskan satu dengan lainnya, maka mineral yang tergores adalah mineral yang relatif lebih lunak dibandingkan dengan mineral lawannya. Skala kekerasan mineral mulai dari yang ter lunak (skala 1) hingga yang terkeras (skala 10) diajukan oleh Mohs dan dikenal sebagai Skala Kekerasan Mohs.

Table 4.7 Klasifikasi Formasi Batuan

No	Formasi	Batuan Dominan	Skala Mohs	Luas (km^2)
1	TMWL	Batu Gamping	3 - 3,5	0,230
2	TMP	Batu Gamping	3 - 3,5	0,134
3	TMID	Diorit	5-6	0,746
4	QVT	Lava Andesit Piroksen	5 - 6,5	0,062
5	QVS	Lava Andesit	7	311,8
6	QVK	Lava Basal Olivium Piroksen	6,5 - 7	7,658
7	QLV	Endapan Lahar	<1,5	1,132
8	QAL	Kerakal/kerikil/pasir	1,5 - 2	8,979
9	QA	Lempung	2 -2,5	21,87
10	QLS	Lava Andesit Piroksen	5 - 6,5	22,02
11	TOMM	Lava Andesit	7	133,6
12	TMW	Batu Gamping	3 - 3,5	30,84

13	QLKS	Lava Andesit Hipersten Augit	5 - 6,5	12,54
14	QAS	Kerikil/pasir	1,5 - 2	18,95
15	QC	Pasir	1,5 - 2	8,271
16	QVJ	Lava Basal Olivium Piroksen	6,5 - 7	104,3

Sumber: Analisa data berdasarkan Peta Geologi lembar Turen dan lembar Lumajang



Gambar 4.9 Sebaran Formasi Batuan

Berdasarkan hasil klasifikasi kekerasan batuan dapat disimpulkan bahwa pada wilayah penelitian nilai skala mohs berkisar antara interval <1,5 sampai 7. Dengan formasi dominannya adalah Formasi QVS yang terdiri dari batuan dominan Lava Andesit dengan kekerasan 7 skala Mohs.

Sedangkan untuk luas formasi terkecil adalah formasi QVT dari batuan dominan adalah Lava Andesit piroksen dengan kekerasan 5-6,5 skala mohs. Selanjutnya nilai skala mohs ini di klasifikasikan ke dalam 3 kelas dengan interval yang berbeda, hal ini di karenakan nilai skala mohs yang juga merupakan nilai interval, sehingga jika interval peng-kelas-an kekerasan di bagi menjadi sama besar, akan ada nilai yang berada pada irisan dari kedua kelas. Untuk itu pengkelas-an kekerasan batuan menjadi kekerasan lunak, sedang dan keras adalah sebagai berikut:

Table 4.8 Klasifikasi Kekerasan Batuan

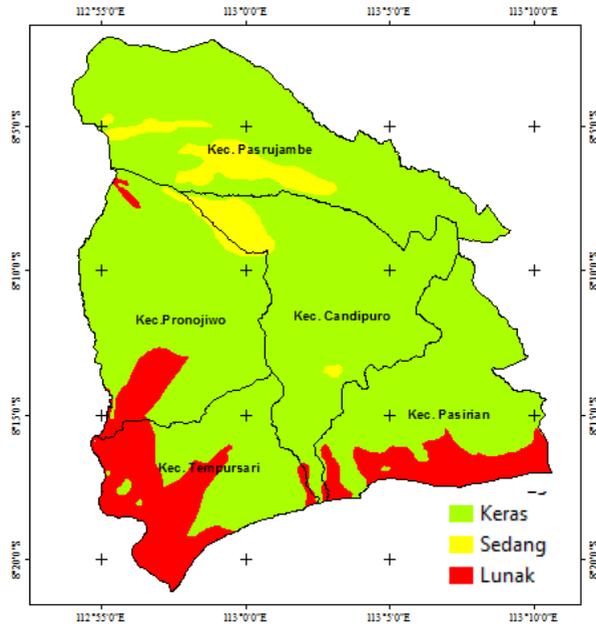
No.	Nilai Skala Mohs	Tingkat Kekerasan	Skor
1	6,5 - 7	Keras	1
2	5 - 6,5	Sedang	2
3	<1,5 - 3,5	Lunak	3

Sumber: Analisis Data, 2017

Dari hasil klasifikasi tersebut maka sebaran tingkat kekerasan batuan pada wilayah penelitian serta luasannya adalah sebagai berikut:

Table 4.9 Luas Kekerasan Batuan

No.	Nilai Skala Mohs	Tingkat Kekerasan	Luas (km^2)
1	6,5 - 7	Keras	557,270
2	5 - 6,5	Sedang	35,370
3	<1,5 - 3,5	Lunak	90,407



Gambar 4.10 Peta Klasifikasi Kekerasan Batuan

Berdasarkan klasifikasi Kekerasan batuan, wilayah kecamatan tempursari memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi di bandingkan kecamatan lainnya karena klasifikasi batuan lunak (berwarna merah) di kecamatan tempursari lebih dominan dibandingkan kecamatan lainnya.

4.3.3 Parameter Daerah Aliran Sungai (DAS)

Jarak sungai merupakan hal yang penting dalam perhitungan parameter peta kerawanan. Makin dekat dengan aliran sungai maka tingkat kerawanan akan semakin tinggi hal ini di karenakan aliran lahar akan mengalir di wilayah sungai dan dapat meluap ke wilayah di tepi-tepi sungai, maka dari itu daerah yang makin dekat dengan sungai akan semakin rawan

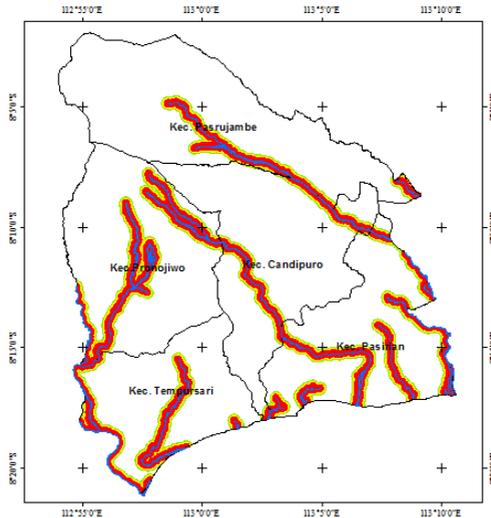
terkena banjir aliran lahar. Pada parameter Daerah Aliran Sungai, data sungai berasal dari peta RBI skala 1: 25.000. Untuk klasifikasi *buffer* di bagi ke dalam 3 kelas, dengan skoring berdasarkan penelitian sebelumnya yang bersumber dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), yaitu:

Table 4.10 Klasifikasi *Buffer* Sungai

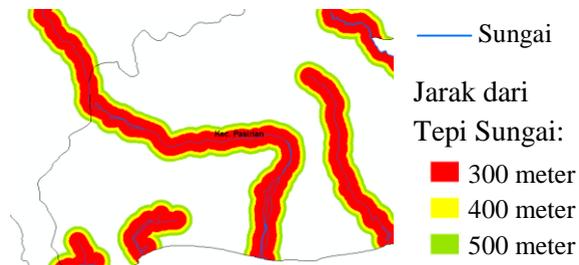
No	Jarak dari Tepi Sungai (meter)	Skor	Kelas
1	300	3	Tinggi
2	400	2	Sedang
3	500	1	Rendah

Sumber BNPB 2010 dalam Dewi Shinta 2015

Sehingga dapat di hasilkan dari pengolahan parameter Daerah Aliran Sungai adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Peta *Buffer* Sungai



Gambar 4.12 Klasifikasi *buffer* Sungai

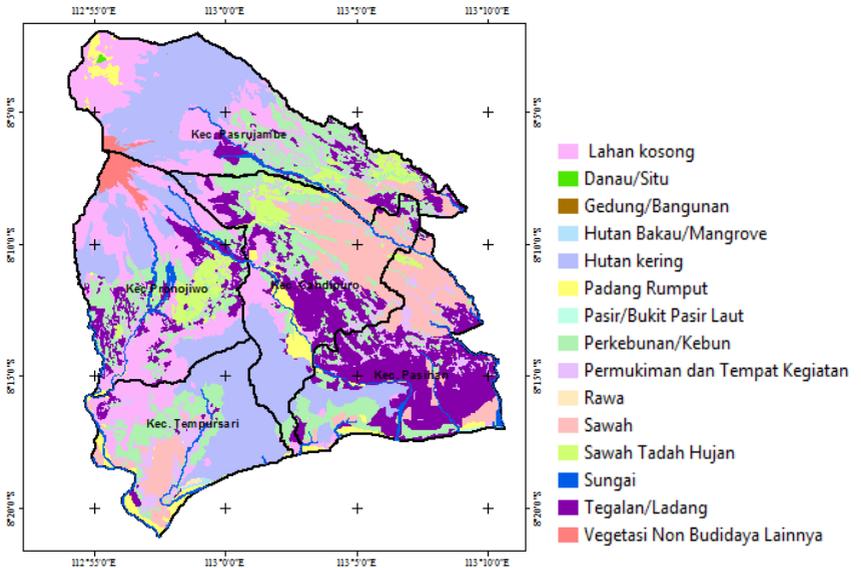
Dari Gambar di atas, daerah yang memiliki warna hijau dengan jarak 500 meter dari tepi sungai memiliki tingkat kerawanan paling rendah sehingga diberikan skor 1, daerah yang memiliki warna hijau dengan jarak 400 meter dari tepi sungai memiliki tingkat kerawanan sedang sehingga diberikan skor 2, daerah yang memiliki warna hijau dengan jarak 300 meter dari tepi sungai memiliki tingkat kerawanan paling tinggi sehingga diberikan skor 3.

4.3.4 Parameter Tutupan Lahan

Parameter tutupan lahan di peroleh dari peta RBI skala 1:25.000. Berdasarkan data di peta RBI, tutupan lahan di klasifikasikan ke dalam 15 kelas berdasarkan jenisnya, yaitu:

- a. Lahan Kosong
- b. Danau/Situ
- c. Gedung/Bangunan
- d. Hutan Bakau/Mangrove
- e. Hutan Kering
- f. Padang Rumput
- g. Pasir/Bukit Pasir Laut
- h. Perkebunan/Kebun
- i. Pemukiman dan Tempat Kegiatan
- j. Rawa

- k. Sawah
- l. Sawah Tadah Hujan
- m. Sungai
- n. Tegalan/Ladang
- o. Vegetasi Non Budidaya Lainnya



Gambar 4.13 Peta Jenis Tutupan Lahan dan Keterangannya

Adapun luasan masing-masing kelas berdasarkan jenisnya dari Peta RBI pada wilayah studi kasus adalah sebagai berikut:

Table 4.11 Luasan Tutupan Lahan Berdasarkan Kelas RBI

No.	Jenis	Luas (km^2)	Presentase (%)
1	Lahan Kosong	119,55	17,363
2	Danau/Situ	0,321	0,0467

3	Gedung/Bangunan	5,414	0,786
4	Hutan bakau/Mangrove	0,582	0,084
5	Hutan Kering	155,18	22,537
6	Padang Rumput	20,187	2,932
7	Pasir/Bukit Pasir Laut	1,392	0,202
8	Perkebunan/Kebun	112,12	16,285
9	Pemukiman dan Tempat Kegiatan	40,695	5,91
10	Rawa	0,383	0,056
11	Sawah	77,485	11,254
12	Sawah Tadah Hujan	23,831	3,461
13	Sungai	6,95	1,009
14	Tegalan/Ladang	116,5	16,921
15	Vegetasi Non Budidaya Lainnya	7,938	1,153

Sumber : Peta RBI Skala 1:25.000, dengan modifikasi

Menurut jenisnya luasan tutupan lahan yang terbesar adalah hutan kering dengan luas 155,18 km^2 atau sebesar 22,537 % dari luas total keseluruhan wilayah penelitian. Sedangkan untuk wilayah dengan luas paling kecil adalah danau/situ dengan luas 0,321 km^2 atau sebesar 0,046% dari luas total keseluruhan wilayah penelitian.

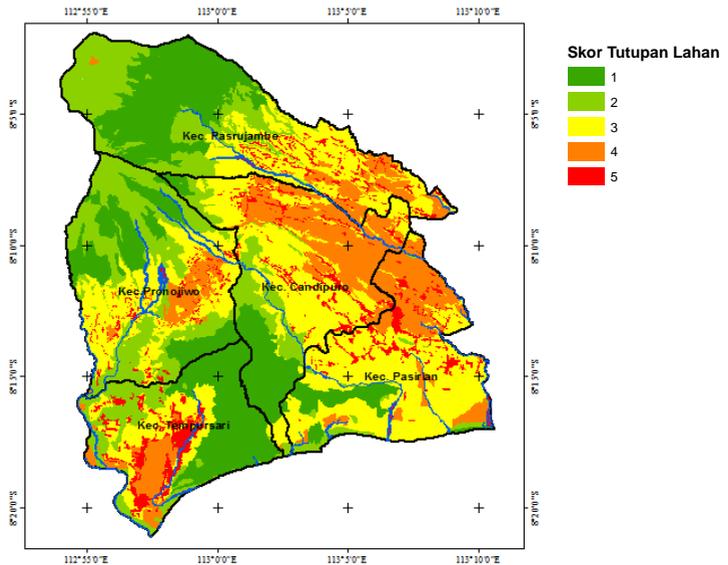
Berdasarkan penelitian terdahulu, dalam klasifikasi parameter tutupan lahan untuk pengolahan peta kerawanan banjir lahar, parameter tutupan lahan dibedakan menjadi 5 kelas untuk perhitungan skoring, dimana pengkelasan didasarkan pada tingkat kerawanan dan kerugian yang di capai, semakin tinggi kelas maka kerugian yang akan timbul bila jenis tutupan lahan terkena banjir lahar pun akan semakin besar sehingga tingkat kerawanannya semakin tinggi dan begitupun sebaliknya untuk kelas yang semakin rendah nilainya. Adapun klasifikasinya adalah sebagai berikut:

Table 4.12 Klasifikasi Tutupan Lahan

No	Jenis	Skor
1	Hutan Kering, Hutan Basah, Pesisir	1
2	Lahan Kosong, Rawa, Tanaman Campur, Padang Rumput	2
3	Kebun, Ladang	3
4	Sawah, Sawah Tadah Hujan, Danau	4
5	Sungai, Pemukiman, Gedung/Bangunan	5

Sumber: PSBA UGM 2001, Dengan Modifikasi

Maka hasil plotting klasifikasi tersebut pada peta tutupan lahan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.14 Peta Klasifikasi Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan dapat dilihat wilayah Kecamatan Pasirian memiliki tingkat kerawanan yang

cukup tinggi. Jika dilihat dari luas wilayah per skor maka dapat di hasilkan keterangan luasan seperti tabel di bawah:

Table 4.13 Luasan Skor Tutupan Lahan

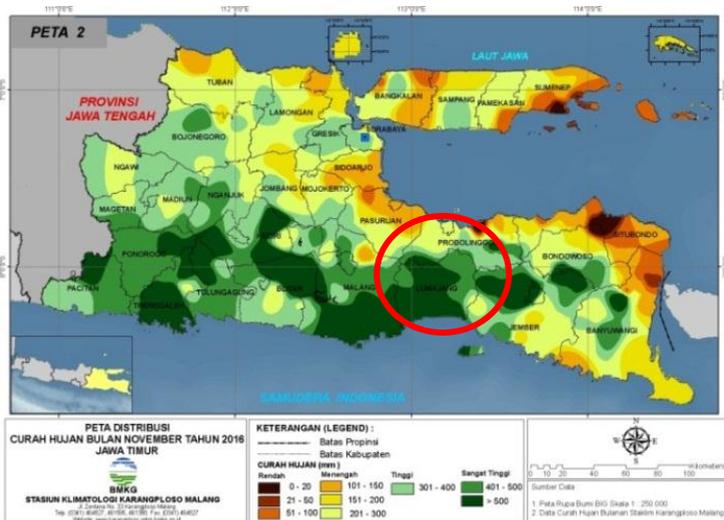
No	Jenis	Skor	Luas (km^2)
1	Hutan Kering, Hutan Basah, Pesisir	1	157.149
2	Lahan Kosong, Rawa, Tanaman Campur, Padang Rumput	2	148,1
3	Kebun, Ladang	3	228,628
4	Sawah, Sawah Tadah Hujan, Danau	4	101,637
5	Sungai, Pemukiman, Gedung/Bangunan	5	47,699

Dari hasil perhitungan luasan tiap skor, dapat di simpulkan bahwa skor ke tiga yaitu ladang dan kebun memiliki luasan terbanyak pada daerah penelitian yaitu sebesar $228,628 km^2$ sedangkan untuk luasan yang paling kecil terdapat pada skor lima yaitu sungai, pemukiman, gedung/bangunan sebesar $47,699 km^2$.

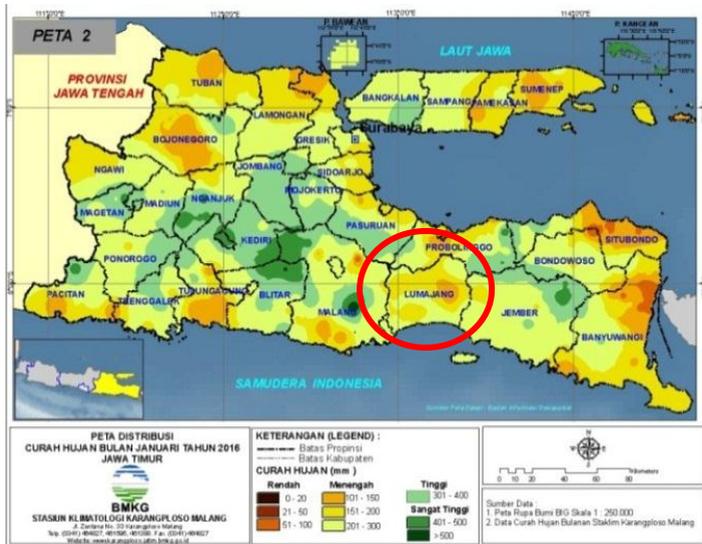
4.3.5 Parameter Curah Hujan

Parameter curah hujan yang digunakan diambil pada bulan November dan bulan Januari dimana bulan November memiliki Intensitas paling tinggi dibandingkan pada bulan lainnya di tahun 2016, sedangkan pada bulan Januari di ambil karena memiliki nilai intensitas paling rendah diantara bulan lainnya pada tahun 2016. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan tingkat risiko terhadap bulan dengan intensitas curah hujan tinggi dengan bulan dengan intensitas curah hujan rendah. Parameter curah hujan di dapatkan dari peta curah

hujan perbulan tahun 2016 daerah jawa timur yang di keluarkan oleh BMKG. Peta curah hujan tersebut berasal dari perhitungan dari semua stasiun BMKG se-Jawa Timur. Data curah hujan yang di gunakan dalam penelitian ini hanya data curah hujan tertinggi pada wilayah penelitian yang jatuh pada bulan November dan juga data curah hujan terendah pada wilayah penelitian yang terjadi pada bulan Januari. Berikut adalah peta curah hujan bulan November dan bulan januari yang digunakan dalam Penelitian ini. Lingkaraan merah menunjukkan kabupaten dimana penelitian ini di lakukan, yaitu kabupaten lumajang.



Gambar 4.15 Peta Curah Hujan Jawa Timur Bulan November 2016
(Sumber: BMKG Karang Ploso)



Gambar 4.16 Peta Curah Hujan Jawa Timur Bulan Januari 2016
(Sumber: BMKG Karang Ploso)

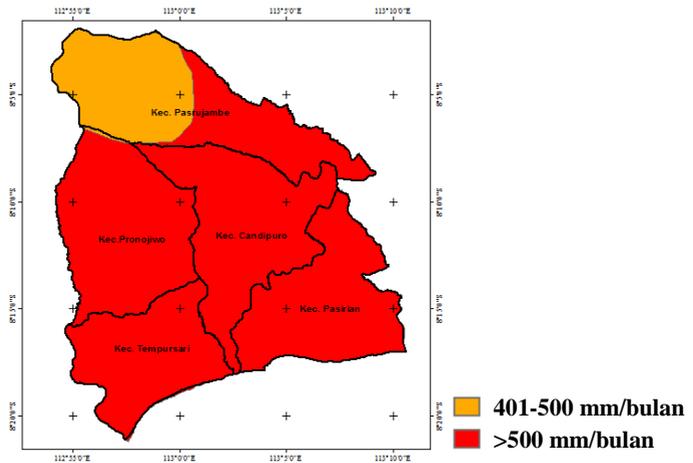
Pada wilayah penelitian interval curah hujan di kedua bulan (November dan Januari) adalah antara intensitas 101 mm/bulan sampai >500 mm/bulan. Berdasarkan peta curah hujan yang di keluarkan oleh BMKG, sudah terdapat klasifikasi interval curah hujan, maka dari itu untuk penelitian ini parameter curah hujan akan diklasifikasikan ke dalam lima kelas dimana semakin tinggi curah hujan yang terjadi maka semakin besar skor yang di berikan. Curah hujan sangat berpengaruh terhadap banjir lahar karena material vulkanik dapat di bawa oleh bantuan dorongan air hujan, dengan kata lain banjir lahar tidak akan terjadi jika intensitas curah hujan di daerah tersebut sangat kecil. Adapun skoring klasifikasi paramter curah hujan adalah sebagai berikut:

Table 4.14 Klasifikasi Curah Hujan

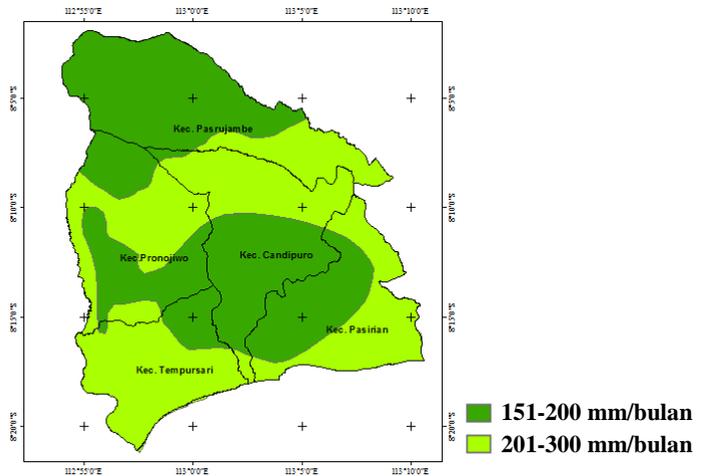
No.	Intensitas (mm/Bulan)	Skor
1	101-200	1
2	201-300	2
3	301-400	3
4	401-500	4
5	>500	5

Sumber: Peta Curah Hujan BMKG Kareng Ploso, 2016

Berdasarkan Klasifikasi Intensitas tersebut maka akan di dapatkan klasifikasi peta curah hujan bulan November dan bulan Januari adalah sebagai berikut:



Gambar 4.17 Peta Klasifikasi Curah Hujan Bulan November 2016



Gambar 4.18 Peta Klasifikasi Curah Hujan Bulan Januari 2016

Luasan wilayah perintensitas juga dapat dihitung yaitu, untuk Bulan November, intensitas 401-500 mm/bulan memiliki luas $93,195 \text{ km}^2$ dan untuk intensitas >500 mm/bulan memiliki luas $591,461 \text{ km}^2$. Untuk bulan Januari intensitas 151-200 mm/bulan memiliki luas $351,596 \text{ km}^2$ dan untuk intensitas 201-300 mm/bulan memiliki luas $333,063 \text{ km}^2$.

4.3.6 Analisa Peta Kerawanan Banjir Lahar

Peta kerawanan banjir lahar di dapatkan dari perhitungan skoring atribut yang telah di *overlay*. Pada tahap ini dilakukan penjumlahan semua nilai skor mulai dari skor kelerengan, kekerasan batuan, *buffer* sungai, tutupan lahan, serta curah hujan baik curah hujan November dan curah hujan Januari. Tidak ada pembobotan dalam perhitungan ini, semua parameter di anggap memiliki bobot yang sama, hal ini dikarenakan belum adanya acuan yang pasti mengenai pembobotan banjir lahar.

Di karenakan data curah hujan yang digunakan merupakan curah hujan tertinggi dan terendah maka dari itu peta kerawanan yang akan di hasilkanpun ada dua, yaitu peta kerawanan banjir lahar bulan November dan peta kerawanan banjir lahar bulan Januari. Adapun nilai dari perhitungan dari jumlah skor kerawanan bulan November adalah 7 – 21 sedangkan jumlah skor kerawanan bulan Januari adalah 4 – 18. Sehingga untuk rentan untuk kelas kerawanan merupakan nilai yang ada pada kedua skor kerawanan yaitu rentan 4 – 21.

Dari hasil penjumlahan nilai skor tersebut akan di dapatkan nilai skor total yang selanjutnya akan di klasifikasikan ke dalam tiga kelas yaitu kelas kerawanan rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan hasil perhitungan interval kelas menggunakan rumus (2.3)

$$\text{Kelas Interval Kerawanan} = \frac{21 - 4}{3} \approx 6$$

Sehingga kasifikasi kelas kerawanan dan skornya dengan nilai interval kerawanan 6 adalah sebagai berikut:

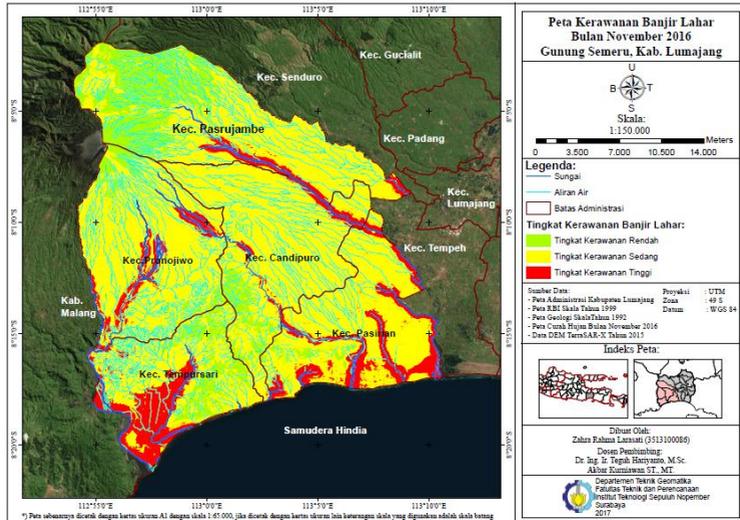
Table 4.15 Klasifikasi Skor Kerawanan Banjir Lahar

No.	Interval	Keterangan	Skor
1	4 – 9	Tingkat Kerawanan Rendah	1
2	10 - 15	Tingkat Kerawanan Sedang	2
3	16 - 21	Tingkat Kerawanan Tinggi	3

Sumber: Analisa Data, 2017

Pemilihan kelas berjumlah tiga didasarkan oleh Pembuatan Peta Kerawanan Bahaya Gunung Api yang dikeluarkan oleh BNPB, yaitu terdiri dari 3 kelas, kelas Kerawanan rendah, Kerawanan sedang dan Kerawanan tinggi.

Adapun peta kerawanan hasil *overlay* dan klasifikasi adalah sebagai berikut:



Gambar 4.19 Peta Kerawanan Bulan November 2016

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa daerah yang memiliki kerawanan tinggi (berwarna merah) pada bulan November banyak terjadi di wilayah Kecamatan Tempursari dan Kecamatan Pasirian serta di daerah sekitar sungai. Adapun luas wilayah daerah berdasarkan tingkat kerawanannya pada bulan November pada seluruh wilayah studi kasus adalah sebagai berikut:

Table 4.16 Luas Skor Kerawanan Banjir Lahar November

No.	Luas (km^2)	Keterangan	Skor
1	98,033	Tingkat Kerawanan Rendah	1
2	476,653	Tingkat Kerawanan Sedang	2
3	108,337	Tingkat Kerawanan Tinggi	3

Sedangkan luas wilayah dan presentase daerah berdasarkan tingkat kerawanan pada bulan November pada setiap kecamatan adalah sebagai berikut, dimana tingkat kerawanan rendah yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe dengan luas wilayah $53,431 \text{ km}^2$ atau 7,822% dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat kerawanan rendah yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $4,137 \text{ km}^2$ atau 0,605% dari total luas wilayah penelitian.

Untuk tingkat kerawanan sedang yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Candipuro dengan luas wilayah $120,623 \text{ km}^2$ atau 17,660% dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat kerawanan sedang yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Tempursari dengan luas wilayah $54,093 \text{ km}^2$ atau 7,919% dari total luas wilayah penelitian.

Untuk tingkat kerawanan tinggi yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $38,473 \text{ km}^2$ atau 5,632% dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat kerawanan tinggi yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Candipuro dengan luas wilayah $10,355 \text{ km}^2$ atau 1,516% dari total luas wilayah penelitian.

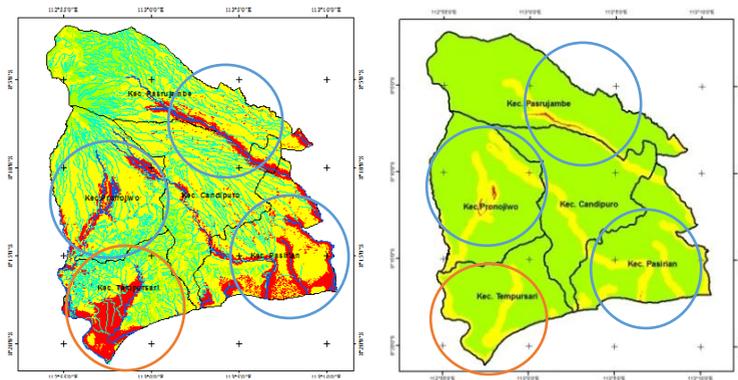
Table 4.17 Luas dan Presentasi Tingkat kerawanan Bulan November tiap kecamatan

No.	Kecamatan	Keterangan	Luas (km^2)	Presentase (%)
1	Candipuro	Tingkat Kerawanan Rendah	11,774	1,723
2	Candipuro	Tingkat Kerawanan Sedang	120,623	17,66
3	Candipuro	Tingkat Kerawanan	10,355	1,516

		Tinggi		
4	Pasirian	Tingkat Kerawanan Rendah	4,137	0,606
5	Pasirian	Tingkat Kerawanan Sedang	83,760	12,263
6	Pasirian	Tingkat Kerawanan Tinggi	38,473	5,633
7	Pasrujambe	Tingkat Kerawanan Rendah	53,431	7,823
8	Pasrujambe	Tingkat Kerawanan Sedang	100,614	14,73
9	Pasrujambe	Tingkat Kerawanan Tinggi	11,527	1,688
10	Pronojiwo	Tingkat Kerawanan Rendah	11,482	1,681
11	Pronojiwo	Tingkat Kerawanan Sedang	117,562	17,212
12	Pronojiwo	Tingkat Kerawanan Tinggi	16,0420	2,3487
13	Tempursari	Tingkat Kerawanan Rendah	17,208	2,5194
14	Tempursari	Tingkat Kerawanan Sedang	54,093	7,92

15	Tempursari	Tingkat Kerawanan Tinggi	31,939	4,676
----	------------	--------------------------	--------	-------

Jika dibandingkan dengan peta bahaya banjir lahar yang merupakan pemetaan kejadian bencana banjir lahar di wilayah tersebut memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan dengan peta kerawanan, yaitu sebagai berikut:

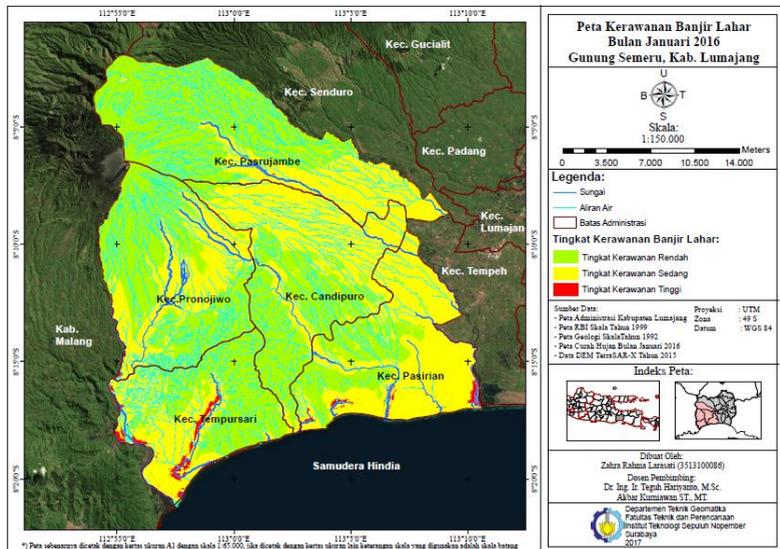


Gambar 4.20 Perbedaan dan Persamaan antara Peta Kerawanan Bulan November 2016 dan Peta Bahaya.

Lingkaran biru menunjukkan persamaan keduanya, sedangkan lingkaran berwarna *orange* menunjukkan perbedaan keduanya. Perbedaan ini bisa saja terjadi karena peta kerawanan banjir lahar merupakan prediksi banjir lahar akan terjadi, namun pada kenyataannya banjir lahar tidak terjadi di daerah tersebut. hal lain yang mempengaruhi adalah adanya bukit/ dataran tinggi di wilayah atas lingkaran *orange*, sehingga semestinya aliran lahar berjalan di sebelah kiri wilayah penelitian, namun model peta kerawanan tidak dapat mendeteksi hal tersebut, sehingga wilayah pada lingkaran

orange di Kecamatan Tempursari memiliki tingkat kerawanan tinggi (berwarna merah).

Sedangkan analisa untuk peta kerawanan banjir lahar bulan Januari adalah sebagai berikut:



Gambar 4.21 Peta Kerawanan Bulan Januari 2016

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa daerah yang memiliki kerawanan tinggi (berwarna merah) pada bulan Januari sama seperti pada bulan November, yaitu terjadi di wilayah Kecamatan Tempursari dan Kecamatan Pasirian serta di daerah sekitar sungai, namun luas wilayah tingkat kerawanannya berbeda dari bulan November. Adapun luas wilayah daerah berdasarkan tingkat kerawanannya pada bulan November pada seluruh wilayah studi kasus adalah sebagai berikut:

Table 4.18 Luas Skor Kerawanan Januari

No.	Luas (km^2)	Keterangan	Skor
1	338,740	Tingkat Kerawanan Rendah	1
2	331,608	Tingkat Kerawanan Sedang	2
3	12,718	Tingkat Kerawanan Tinggi	3

Sedangkan luas wilayah dan presentase daerah berdasarkan tingkat kerawanannya pada bulan Januari pada setiap kecamatan adalah sebagai berikut, dimana tingkat kerawanan rendah yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe dengan luas wilayah $116,446 km^2$ atau $17,050\%$ dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat kerawanan rendah yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $4,653 km^2$ atau $0,681\%$ dari total luas wilayah penelitian.

Untuk tingkat kerawanan sedang yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Candipuro dengan luas wilayah $85,465 km^2$ atau $12,512\%$ dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat kerawanan sedang yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Tempursari dengan luas wilayah $44,674 km^2$ atau $6,540\%$ dari total luas wilayah penelitian.

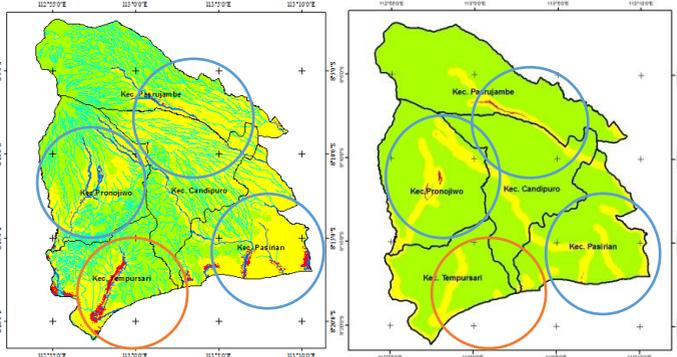
Untuk tingkat kerawanan tinggi yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Tempursari dengan luas wilayah $6,564 km^2$ atau $0,960\%$ dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat kerawanan tinggi yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Candipuro dengan luas wilayah $0,130 km^2$ atau $0,019\%$ dari total luas wilayah penelitian.

Table 4.19 Luas dan Presentasi Tingkat kerawanan Bulan Januari tiap kecamatan

No.	Kecamatan	Keterangan	Luas (km^2)	Presentase (%)
1	Candipuro	Tingkat Kerawanan Rendah	57,156	8,368
2	Candipuro	Tingkat Kerawanan Sedang	85,465	12,512
3	Candipuro	Tingkat Kerawanan Tinggi	0,130	0,019
4	Pasirian	Tingkat Kerawanan Rendah	28,206	4,129
5	Pasirian	Tingkat Kerawanan Sedang	93,511	13,69
6	Pasirian	Tingkat Kerawanan Tinggi	4,653	0,681
7	Pasrujambe	Tingkat Kerawanan Rendah	116,466	17,051
8	Pasrujambe	Tingkat Kerawanan Sedang	48,307	7,072
9	Pasrujambe	Tingkat Kerawanan Tinggi	0,800	0,117
10	Pronojiwo	Tingkat Kerawanan Rendah	84,907	12,43

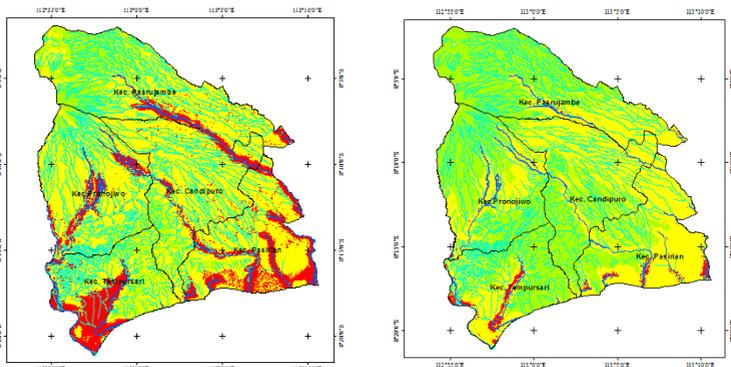
11	Pronojiwo	Tingkat Kerawanan Sedang	59,650	8,733
12	Pronojiwo	Tingkat Kerawanan Tinggi	0,569	0,083
13	Tempursari	Tingkat Kerawanan Rendah	52,002	7,613
14	Tempursari	Tingkat Kerawanan Sedang	44,674	6,54
15	Tempursari	Tingkat Kerawanan Tinggi	6,564	0,961

Jika dibandingkan dengan Peta Bahaya banjir lahar yang merupakan pemetaan kejadian di wilayah di tersebut memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan dengan peta kerawanan, sama seperti dengan peta Kerawanan November.



Gambar 4.22 Perbedaan dan Persamaan antara Peta Kerawanan Bulan Januari 2016 dan Peta Bahaya

Sama seperti analisa dengan peta kerawanan November, lingkaran biru menunjukkan persamaan keduanya, sedangkan lingkaran berwarna orange menunjukkan perbedaan keduanya. Perbedaan ini bisa saja terjadi karena peta kerawanan merupakan prediksi banjir lahar akan terjadi, namun pada kenyataannya banjir lahar tidak terjadi di daerah tersebut. hal lain yang mempengaruhi adalah adanya bukit/ dataran tinggi di wilayah atas lingkaran *orange*, sehingga semestinya aliran lahar berjalan di sebelah kiri wilayah penelitian, namun model peta kerawanan tidak dapat mendeteksi hal tersebut, sehingga wilayah pada lingkaran *orange* di Kecamatan Tempursari memiliki tingkat kerawanan tinggi (berwarna merah).



Gambar 4.23 Perbedaan antara Peta Kerawanan Bulan November dan Bulan Januari 2016.

Terlihat jelas perbedaan antara peta kerawanan November dan peta kerawanan Januari, pada kerawanan Januari Tingkat kerawanan tinggi lebih sedikit di bandingkan pada kerawanan November, begitu pula untuk tingkat kerawanan rendah pada bulan Januari lebih banyak dari tingkat kerawanan rendah pada bulan November, hal ini teentusaja di pengaruhi oleh intensitas curah hujan yang berbeda pada kedua bulan. Berikut merupakan tabel luasan antara

kerawanan November dengan kerawanan Januari berdasarkan klasifikasi skornya.

Table 4.20 Perbandingan Luas Kerawanan November dan Januari

No.	Keterangan	Skor	Luas November (km^2)	Luas Januari (km^2)
1	Tingkat Kerawanan Rendah	1	98,033	338,740
2	Tingkat Kerawanan Sedang	2	476,653	331,608
3	Tingkat Kerawanan Tinggi	3	108,337	12,718

4.4 Peta Kapasitas

Pengolahan peta kapasitas di dapatkan dari pengolahan peta RBI skala 1:25.000. Kapasitas merupakan komponen yang dinamis dan paling memungkinkan untuk dikelola untuk mengurangi risiko bencana. Pengolahan peta kapasitas didapat dari data sarana-prasarana umum, pada Tugas Akhir ini sarana-prasarana yang di masukan berupa:

- a. Sarana pendidikan
- b. Terminal
- c. Sarana kesehatan
- d. Tempat ibadah
- e. Kantor kecamatan dan antor desa
- f. Kantor polisi
- g. Kantor pos
- h. Pusat perdagangan
- i. Jembatan

Kapasitas dapat dimodelkan sebagai jumlah total dari komponen kapasitas yang ada. Indikator penyusun komponen

kapasitas adalah kesiapsiagaan, infrastruktur sosial dan fisik, serta komponen kesehatan.

Kesiap siagaan adalah sistem peringatan dini pada wilayah tersebut, pada wilayah studi kasus sistem peringatan dini masih belum ada/berjalan di semua kecamatan yang menjadi wilayah studi kasus, sehingga komponen ini tidak di masukan ke dalam perhitungan kapasitas. Komponen sosial merupakan wujud sikap, pengetahuan dan kesadaran masyarakat terhadap bencana hal ini bisa di ukur dari fasilitas pendidikan yang tersedia di wilayah tersebut. Komponen kesehatan merupakan komponen yang sangat penting untuk mengurangi risiko bencana, komponen kesehatan dapat diukur dari banyaknya sarana kesehatan seperti rumah sakit/puskesmas di wilayah penelitian.

Komponen fisik merupakan sumber daya yang dimiliki masyarakat dalam wujud fisik kebendaan yang mampu digunakan untuk mengurangi dan melindungi masyarakat dari akibat bencana seperti fasilitas umum yang terdapat pada wilayah tersebut. Pada penelitian ini komponen fisik yang dimasukan adalah

a. Terminal.

Komponen ini penting untuk sarana mobilisasi kecamatan, misal penghubung antara kecamatan yang terisolasi karena dampak banjir lahan dengan kecamatan yang tidak terisolasi.

b. Tempat ibadah

Komponen ini berfungsi sebagai tempat ibadahn darurat (bila rumahnya terisolasi/terkena dampak banjir lahar) fasilitas ini juga bisa digunakan sebagai sarana pengungsian darurat bila memungkinkan dan mendesak.

c. Kantor kecamatan dan kantor desa

fasilitas ini bisa digunakan sebagai sarana pengungsian darurat bila memungkinkan dan mendesak karena umumnya di setiap kantor desa memiliki balai desa yang dapat digunakan sebagai zona evakuasi. Selain itu aparat desa atau kecamatan dapat

turut serta membantu dalam evakuasi sehingga komponen ini dapat di perhitungkan dalam peta kapasitas.

d. Kantor polisi

Lebih banyaknya aparat kepolisian maka dapat mengurangi risiko banjir lahar, karna umumnya aparat kepolisian lebih terlatih dalam melalui kegiatan tanggap bencana.

e. Kantor pos

Komponen ini penting sebagai sarana komunikasi antar kecamatan bila di butuhkan.

f. Pusat perdagangan

Komponen ini penting sebagai sarana jual beli, hingga memungkinkan mudahnya transaksi makanan pada saat suatu daerah terisolasi.

g. Jembatan

Komponen ini penting sebagai jalur penghubung antara setiap fasilitas, bila jumlah jembatan pada suatu kecamatan semakin sedikit maka tingkar risikonya akan semakin tinggi

Table 4.21 Rincian Jumlah Kapasitas Setiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Mesjid	Gereja	Pura	Kesehatan	Kantor Pos	Pendidikan	Terminal	Jembatan	Kantor Kec	Kantor Desa	Kantor Polisi	Sentra Bisnis	jumlah Kapasitas
1	Tempursari	29	7	0	3	0	26	0	7	1	6	1	2	82
2	Pronojiwo	19	3	1	4	1	23	1	3	1	6	1	1	64
5	Pasrujambe	30	0	0	1	0	20	0	3	1	10	0	1	66
4	Pasirian	40	0	0	3	1	33	0	5	1	7	1	1	92
3	Candipuro	49	0	0	3	2	30	0	1	1	10	1	4	101

Sumber: Peta RBI Skala 1:25.000

Berdasarkan perhitungan jumlah kapasitas tersebut, peta kapasitas di klasifikasikan ke dalam 3 kelas yaitu kapasitas rendah, kapasitas sedang, dan kapasitas tinggi. Berdasarkan rumus (2.3), adapun perhitungan intervalnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kelas Interval Kapasitas} = \frac{101 - 64}{3} \approx 12$$

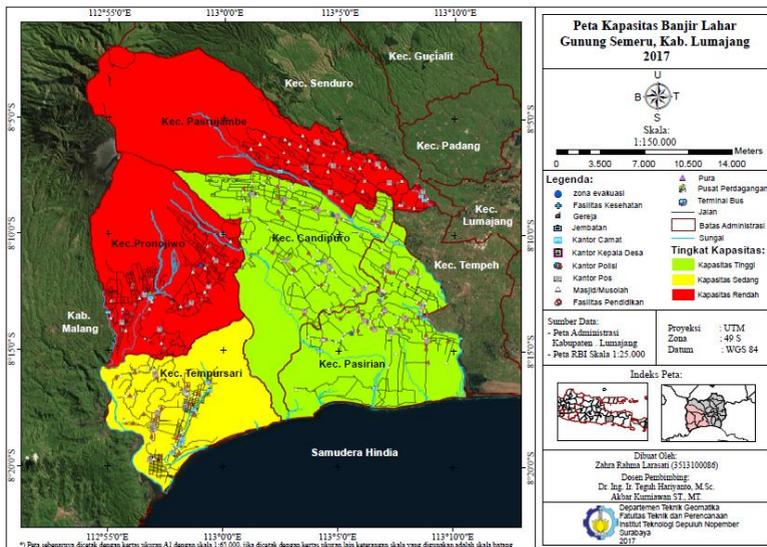
Berdasarkan nilai interval tersebut maka klasifikasi skor kapasitas dapat diperoleh sebagai berikut:

Table 4.22 Klasifikasi Jumlah Kapasitas

No.	Jumlah Kapasitas	Keterangan	Skor
1	64-76	Tingkat Kapasitas Rendah	3
2	77-89	Tingkat Kapasitas Sedang	2
3	90-102	Tingkat Kapasitas Tinggi	1

Sumber: Analisa Data, 2017

Skoring kapasitas berbanding terbalik dengan jumlah kapasitas, hal ini karena semakin sedikit kapasitas maka nilai risiko akan semakin besar, sehingga nilai kapasitas terendah di berikan skor paling tinggi, dan begitupun sebaliknya berlaku untuk kapasitas tinggi memiliki skor paling kecil, karna akan semakin berpotensi memiliki risiko yang rendah. Adapun penggambaran peta kapasitasnya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.24 Peta Kapasitas

Berdasarkan hasil plotting klasifikasi tersebut, dapat disimpulkan tingkat kapasitas tinggi ditunjukkan dengan warna hijau meliputi Kecamatan Candipuro dan Pasirian, tingkat kapasitas sedang ditunjukkan dengan warna kuning meliputi Kecamatan Tempursari, tingkat kapasitas rendah ditunjukkan dengan warna merah meliputi Kecamatan Pasrujambe dan Pronojiwo.

4.5 Peta Kerentanan Banjir Lahar

Peta kerentanan banjir lahar berasal dari data sensus penduduk Kabupaten Lumajang dalam buku yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lumajang yaitu buku Lumajang Dalam Angka 2016. Pengolahan peta kerentanan berasal dari empat parameter yaitu:

- a. Jenis kelamin
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah jumlah laki-laki dan jumlah perempuan pada setiap kecamatan di wilayah studi kasus yang kemudian dilakukan skoring. Skor antara jenis kelamin perempuan dan laki-laki berbeda, semakin banyak jumlah laki-laki pada satu wilayah maka tingkat kerentanan yang di hasilkan akan semakin rendah, begitupun sebaliknya. Sedangkan untuk jenis kelamin perempuan, semakin banyak jumlah perempuan maka tingkat kerentanan yang dihasilkan akan semakin tinggi.
- b. Kelompok umur rentan
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah kerentanan pada usia <5 tahun dan >65 tahun pada setiap kecamatan pada wilayah studi kasus yang kemudian dilakukan skoring untuk parameter tersebut.
- c. Jumlah penduduk miskin
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah jumlah penduduk miskin per kecamatan yang datanya sudah di dapatkan dari BPS Kabupaten Lumajang, selanjutnya adalah dilakukan skoring untuk parameter tersebut.
- d. Kepadatan penduduk.
pada parameter ini hal yang di perhitungkan adalah kepadatan penduduk yang di dapatkan dari perhitungan antara jumlah penduduk dan luas wilayah dengan menggunakan rumus (3.1).

Langkah selanjutnya adalah melakukan skoring pada setiap parameter kepadatan penduduk. Skoring dilakukan tiap parameter karena pengaruh parameter tersebut berbeda-beda. Berdasarkan hasil perhitungan interval maka dapat dihasilkan skoring setiap parameter kerentanan adalah seperti di tunjukan pada tabel berikut:

Table 4.23 Skoring Tiap Parameter Kerentanan

No	Kecamatan	Jumlah penduduk	Luas Wilayah	Kepadatan Pnduduk (jiwa/km ²)	Skor	Laki-laki	Skor	Perempuan	Skor	Kelompok Umur Rentan (0-5 dan > 60)	Skor	Penduduk Miskin	Skor	Jumlah Skor
1	Tempursari	27952	103	269	1	13899	3	14053	1	5972	1	7660	1	7
2	Pronojiwo	31913	145	220	1	15868	3	16045	1	6585	1	10056	2	8
5	Pasrujambe	35682	166	215	1	17371	3	18311	1	6708	1	5593	1	7
4	Pasirian	85835	126	676	3	41958	1	43876	3	16158	3	12853	3	13
3	Candipuro	63203	143	442	2	30763	2	32440	2	11797	2	16000	3	11

Sumber: Lumajang Dalam Angka 2016

Setelah semua parameter di tentukan skornya, langkah selanjutnya adalah meng-*overlay*-kan semua parameter dan mengklasifikasikannya. Dari perhitungan skor total di dapatkan skor paling rendah adalah 7 dan tertinggi adalah 13, dalam pengklasifikasianm klas kerentanan menggunakan rumus (2.3)

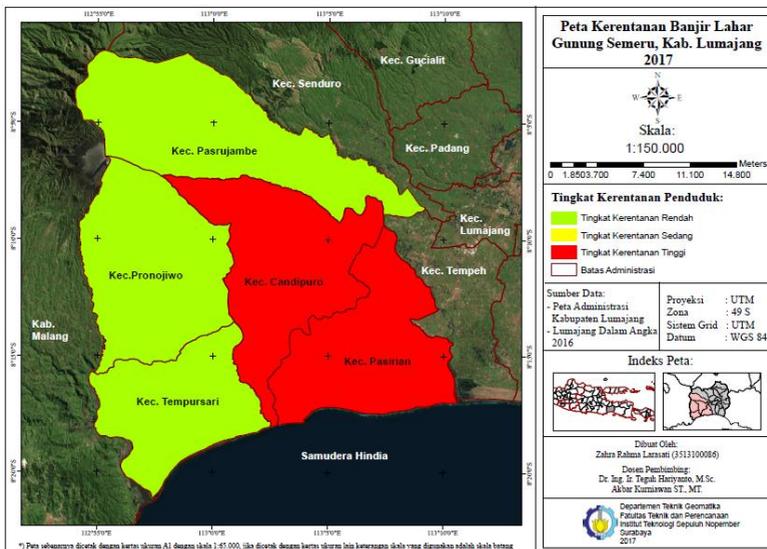
$$\text{Kelas Interval Kerentanan} = \frac{13 - 7}{3} \approx 2$$

Maka Skoring dari kasil klasifikasi kerentanan adalah sebagai berikut:

Table 4.24 Skor Klasifikasi Kerentanan

No.	Jumlah Skor Parameter Kerentanan	Keterangan	Skor
1	7-8	Tingkat Kerentanan Rendah	1
2	9-10	Tingkat Kerentanan Sedang	2
3	11-13	Tingkat Kerentanan Tinggi	3

Sumber: Analisa Data, 2017



Gambar 4.25 Peta Kerentanan

Berdasarkan peta dan klasifikasi di atas dapat di tarik kesimpulan bahwa kecamatan yang memiliki kerentanan tertinggi adalah Kecamatan Candipuro dan Pasirian, kecamatan yang memiliki kerentanan terendah adalah Kecamatan Pasrujambe, Pronojiwo, dan Tempursari, sedangkan kecamatan Data yang memiliki kerentanan sedang adalah nol, hal ini di karenakan tidak ada yang measuk pada nilai kerentanan sedang yaitu interval 9-10 dari perhitungan skor total.

4.6 Peta Risiko

Pengolahan peta risiko merupakan hasil *overlay* dari keempat peta yang sebelumnya sudah di olah yaitu: peta kerawanan, peta bahaya, peta kapasitas dan peta kerentanan. Rumus dasar umum untuk analisis risiko yang diusulkan dalam 'Pedoman Perencanaan Mitigasi Risiko Bencana' yang telah disusun oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia (Peraturan

Daerah Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2008) menggunakan rumus (2.1).

Peta risiko yang di hasilkan pada penelitian ini terdiri dari dua risiko dimana yang pertama menunjukan risiko pada tingkat intensitas curah hujan tertinggi yaitu pada bulan November 2016, kemudian yang kedua meunjukkan risiko pada tingkat intensitas curah hujan terendah yaitu pada bulan Januari 2016. Hal ini di sebabkan karena peta kerawanan yang di hasilkan pun memiliki dua versi karena berasal dari dua peta curah hujan yang berbeda yaitu yang menunjukan intensitas curah hujan tertinggi pada bulan November 2016 dan intensitas curah hujan terendah pada bulan Januari 2016.

Setelah di dapatkan hasil perhitungan tersebut, maka akan di dapatkan jumlah skor risiko banjir lahar. Karena peta kerawanan yang di pakai merupakan dua peta dengan intensitas curah hujan yang berbeda, yaitu intensitas tertinggi dan terendah maka, peta risiko yang di hasilkan juga sebanyak dua peta, yaitu peta risiko dalam intensitas curah hujan tertinggi tahun 2016 dan peta risiko dalam intensitas curah hujan terendah tahun 2016.

Dari hasil *overlay* ke-empat peta dan perhitungan skor risiko maka di dapatkan rentan hasil risiko sebagai berikut:

Risiko November : Rentang 19-351
Risiko Januari : Rentang 12-312

Sehingga untuk rentang untuk kelas risiko merupakan nilai yang ada pada kedua skor risiko tersebut yaitu antara rentang 12-351. Dari hasil perhitungan nilai skor risiko tersebut akan di dapatkan nilai skor total yang selanjutnya akan di klasifikasikan ke dalam tiga kelas yaitu kelas risiko rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan hasil perhitungan interval kelas menggunakan rumus (2.3).

$$\text{Kelas Interval Risiko} = \frac{351 - 12}{3} \approx 113$$

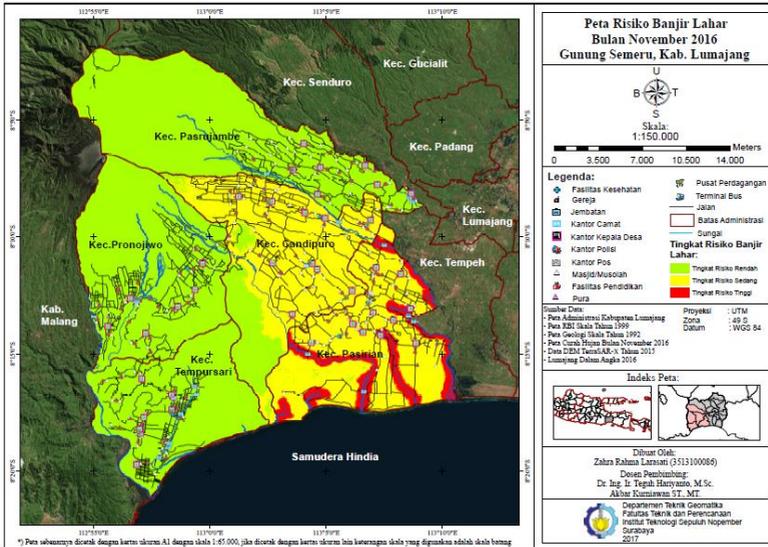
Sehingga klasifikasi kelas risiko dan skornya dengan nilai interval risiko 113 adalah sebagai berikut:

Table 4.25 Klasifikasi Skor Risiko

No.	Interval	Keterangan	Kelas
1	12 - 125	Tingkat Risiko Rendah	1
2	126 - 239	Tingkat Risiko Sedang	2
3	240 - 353	Tingkat Risiko Tinggi	3

Sumber: Analisa Data, 2017

Pemilihan kelas berjumlah tiga didasarkan oleh Pembuatan Peta Risiko Bahaya Indonesia yang dikeluarkan oleh BNPB, yaitu terdiri dari 3 kelas, kelas Risiko Rendah, Risiko Sedang dan Risiko Tinggi. Adapun peta risiko hasil *overlay* dan klasifikasi adalah sebagai berikut:



Gambar 4.26 Peta Risiko Bulan November 2016

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa daerah yang memiliki risiko tinggi (berwarna merah) pada bulan November banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pasirian terutama di daerah sekitar sungainya dan Sedikit di wilayah Sungai Kecamatan Pronojiwo. Adapun luas wilayah daerah berdasarkan tingkat risikonya pada bulan November pada seluruh wilayah penelitian adalah sebagai berikut:

Table 4.26 Luas Skor Risiko November

No.	Luas (km ²)	Keterangan	Skor
1	443,884	Tingkat Risiko Rendah	1
2	210,141	Tingkat Risiko Sedang	2
3	28,983	Tingkat Risiko Tinggi	3

Sedangkan luas wilayah dan presentase daerah berdasarkan tingkat risikonya pada bulan November pada setiap kecamatan adalah sebagai berikut, dimana tingkat risiko rendah yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe dengan luas wilayah $165,6 \text{ km}^2$ atau 24,2% dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat risiko rendah yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $0,550 \text{ km}^2$ atau 0,080% dari total luas wilayah penelitian.

Untuk tingkat risiko sedang yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Candipuro dengan luas wilayah $113,290 \text{ km}^2$ atau 16,587 % dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat risiko sedang yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe, Tempursari dan Pronojiwo dengan luas wilayah 0 km^2 dalam kata lain tidak ada tingkat risiko sedang dalam kecamatan ini.

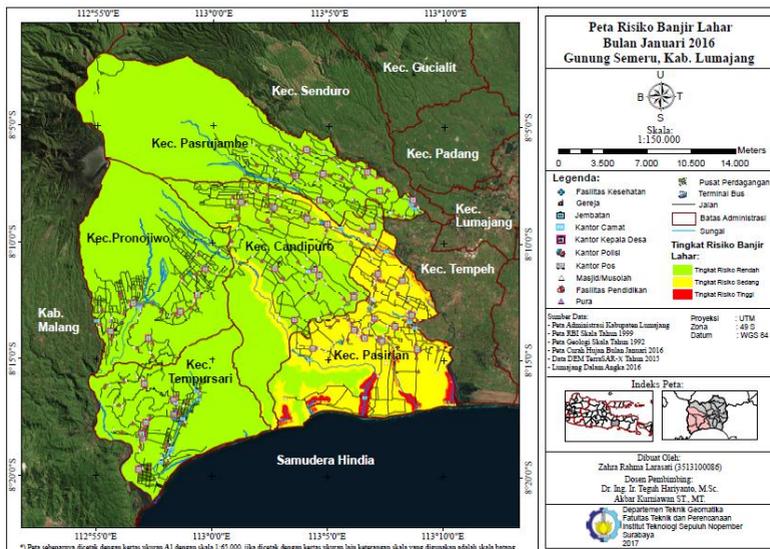
Untuk tingkat risiko tinggi paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $28,969 \text{ km}^2$ atau 4,241% dari total luas wilayah penelitian. sedangkan tingkat risiko tinggi yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe, Tempursari dan Pronojiwo dengan luas wilayah 0 km^2 dalam kata lain tidak ada tingkat risiko tinggi dalam kecamatan ini.

Table 4.27 Luas dan Presentasi Tingkat Risiko Bulan November tiap kecamatan

No.	Kecamatan	Keterangan	Luas (km^2)	Presentase (%)
1	Candipuro	Tingkat Risiko Rendah	29,447	4,312
2		Tingkat Risiko Sedang	113,290	16,588
3		Tingkat Risiko Tinggi	0.015	0,002

4	Pasirian	Tingkat Risiko Rendah	0,550	0,081
5		Tingkat Risiko Sedang	96,852	14,181
6		Tingkat Risiko Tinggi	28,969	4,242
7	Pasrujambe	Tingkat Risiko Rendah	165,6	24,2
8		Tingkat Risiko Sedang	0	0
9		Tingkat Risiko Tinggi	0	0
10	Pronojiwo	Tingkat Risiko Rendah	145,085	21,243
11		Tingkat Risiko Sedang	0	0
12		Tingkat Kerawanan Tinggi	0	0
13	Tempursari	Tingkat Risiko Rendah	103,241	15,116
14		Tingkat Risiko Sedang	0	0
15		Tingkat Risiko Tinggi	0	0

Sedangkan untuk analisis tingkat risiko banjir lahar pada bulan Januari adalah sebagai berikut:



Gambar 4.27 Peta Risiko Bulan Januari 2016

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa daerah yang memiliki risiko tinggi (berwarna merah) pada bulan November banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pasirian terutama di wilayah sekita sungai. Adapun luas wilayah daerah berdasarkan tingkat risikonya pada bulan November pada seluruh wilayah penelitian adalah sebagai berikut:

Table 4.28 Luas Skor Risiko Januari

No.	Luas (km^2)	Keterangan	Skor
1	542,173	Tingkat Risiko Rendah	1
2	131,266	Tingkat Risiko Sedang	2
3	9,570	Tingkat Risiko Tinggi	3

Sedangkan luas wilayah dan presentase daerah berdasarkan tingkat risikonya pada bulan Januari pada setiap kecamatan adalah sebagai berikut, dimana tingkat risiko rendah yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe dengan luas wilayah $165,629\text{km}^2$ atau $24,253\%$ dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat risiko rendah yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $12,491\text{km}^2$ atau $1,829\%$ dari total luas wilayah penelitian.

Untuk tingkat risiko sedang yang paling banyak terjadi berada di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $104,267\text{km}^2$ atau $15,267\%$ dari total luas wilayah penelitian, sedangkan tingkat risiko sedang yang paling sedikit terjadi berada di Kecamatan Pasrujambe dan Pronojiwo dengan luas wilayah 0km^2 dalam kata lain tidak ada tingkat risiko sedang dalam kecamatan ini. Untuk tingkat risiko tinggi hanya terjadi di Kecamatan Pasirian dengan luas wilayah $9,568\text{km}^2$ atau $1,401\%$ dari total luas wilayah penelitian.

Table 4.29 Luas dan Presentasi Tingkat Risiko Bulan Januari tiap Kecamatan

No.	Kecamatan	Keterangan	Luas (km^2)	Presentase (%)
1	Candipuro	Tingkat Risiko Rendah	115,802	16,957
2		Tingkat Risiko Sedang	26,910	3,9404
3		Tingkat Risiko Tinggi	0	0
4	Pasirian	Tingkat Risiko Rendah	12,491	1,829
5		Tingkat Risiko Sedang	104,267	15,268
6		Tingkat Risiko Tinggi	9,568	1,401

7	Pasrujambe	Tingkat Risiko Rendah	165,629	24,253
8		Tingkat Risiko Sedang	0	0
9		Tingkat Risiko Tinggi	0	0
10	Pronojiwo	Tingkat Risiko Rendah	145,009	21,234
11		Tingkat Risiko Sedang	0	0
12		Tingkat Risiko Tinggi	0	0
13	Tempursari	Tingkat Risiko Rendah	103,242	15,118
14		Tingkat Risiko Sedang	0	0
15		Tingkat Risiko Tinggi	0	0

4.7 Penentuan Zona Aman dan Jalur Evakuasi Sebagai Kegiatan Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UU No.24 Tahun 2007). Mitigasi bencana merupakan suatu aktivitas yang berperan sebagai tindakan pengurangan dampak bencana sebelum bencana itu terjadi, atau usaha-usaha yang dilakukan untuk mengurangi korban ketika bencana terjadi, baik korban jiwa maupun harta.

Upaya pengurangan risiko yang mempengaruhi pengurangan kemungkinan korban jiwa dan harta dapat dilakukan dengan memperbesar nilai kapasitas dari masing-masing kecamatan. Adapun kecamatan dengan kapasitas terendah adalah Kecamatan Pasrujambe dan Kecamatan Pronojiwo. Kapasitas yang dapat di tambahkan tidak hanya dari penambahan sarana dan

prasarana saja namun juga dapat berasal dari faktor sosial yaitu adanya sistem peringatan dini pada wilayah tersebut serta penyuluhan pendidikan dan kesadaran masyarakat terhadap bencana banjir lahar dan penanggulangannya.

Sistem peringatan dini dan juga penyuluhan tentang penanggulangan bencana tidak akan berarti tanpa adanya wilayah yang dapat di jadikan tujuan sebagai tempat aman untuk evakuasi. Maka dari itu salah satu kegiatan mitigasi bencana yang dapat di usulkan dalam penelitian ini adalah pembuaatan zona aman dan jalur evakuasi untuk mendukung kegiatan mitigasi bencana dan mengurangi adanya kemungkinan korban jiwa dalam bencana banjir lahar ini.

Penentuan zona aman dan jalur evakuasi dibuat berdasarkan peta kerawanan pada curah hujan tertingg, hal ini di pertimbangkan berdasarkan kemungkinan terbesar terjadinya banjir lahar. Selain Peta Kerawanan digunakan juga parameter Kapasitas, Jalan, Lahan kosong, dan Sungai.

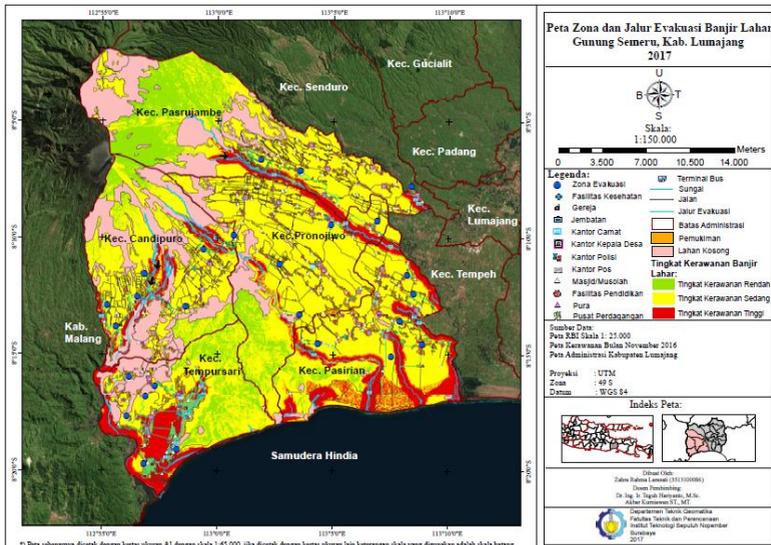
Dalam penentuan zona aman, parameter kapasitas digunakan sebagai tempat zona aman/evakuasi/ pengungsian, adapun kapasitas yang di masukan sama seperti yang telah di jelaskan pada bagian peta kapasitas sebelumnya, jumlah kapasitas yang tersedia pada setiap kecamatan adalah:

Kecamatan Tempusari	: 82 Fasilitas
Kecamatan Pronojiwo	: 64 fasilitas
Kecamatan Pasrujambe	: 66 Fasilitas
Kecamatan Pasirian	: 92 Fasilitas
Kecamatan Candipuro	: 101 Fasilitas

Selain kapasias, tempat yang dapat digunakan sebagai zona aman/evakuasi/pengungsian adalah tanah kosong di wilayah sekitar, pada wilayah penelitian jumlah lahan kosong sebanyak $119,548 \text{ km}^2$. Penentuan zona aman yang dibuat sebanyak 25 titik dengan rincian

Kecamatan Tempusari	: 5 Titik
Kecamatan Pronojiwo	: 5 Titik
Kecamatan pasrujambe	: 3 Titik
Kecamatan Pasirian	: 6 Titik
Kecamatan Candipuro	: 6 Titik

Hal ini di dasarkan dari banyaknya pemukiman yang sekiranya masuk ke dalam wilayah tingkat kerawanan tinggi. Sedangkan untuk penentuan jalur evakuasi hanya mempertimbangkan jalan yang lebih dekat dari pemukiman pada tingkat kerawanan tinggi menuju zona aman yang telah di tentukan sebelumnya, pada penentuan jalur ini hal yang di perhatikan hanya kedekatan jalur dan jalur tersebut tidak memotong/melewati sungai, kecuali dalam keadaan yamng sangat mendesak. Berdasarkan hal tersebut, maka peta zona aman banjir lahar adalah sebagai berikut:



Gambar 4.28 Peta Zona Aman Banjir Lahar dan Jalur Evakuasi

4.8 Prediksi Tingkat Risiko Banjir Lahar

Berdasarkan pengolahan di dapatkan peta risiko banjir lahar pada bulan November dan bulan Januari 2016 yaitu pada tingkat intensitas tertinggi dan terendah, namun untuk menunjang kegiatan mitigasi bencana perlu adanya prediksi lengkap selama satu tahun yaitu mulai dari bulan Januari sampai bulan Desember 2016. Prediksi risiko yang di buat hanya berdasarkan nilai curah hujan saja, hal ini di karenakan semua parameter lainnya memiliki nilai yang sama, hanya nilai curah hujan per-bulannya saja yang berbeda. Untuk menentukan prediksi risiko berdasarkan nilai curah hujan, perlu di ketahui intensitas dominan yang ada di wilayah penelitian setiap bulan berdasarkan luas wilayahnya, adapun intensitas curah hujan setiap bulan pada tahun 2016 adalah sebagai berikut:

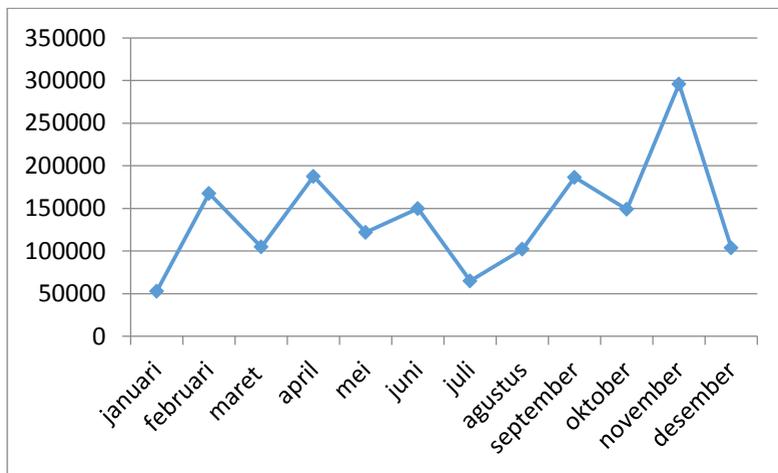
Table 4.30 Luas Dominan dan Intensitas Curah Hujan per Bulan

Bulan	Luas Dominan (km^2)	Intensitas (mm/bulan)
Januari	351,596	151-200
Februari	418,92	401-500
Maret	523,938	201-300
April	625,331	301-400
Mei	406,463	301-400
Juni	374,65	401-500
Juli	216,695	301-400
Agustus	204,129	> 500
September	372,583	>500

Oktober	372,116	401-500
November	591,461	>500
Desember	518,062	201-300

Sumber : Intensitas Curah Hujan 2016 dari Data BMKG Karang Ploso

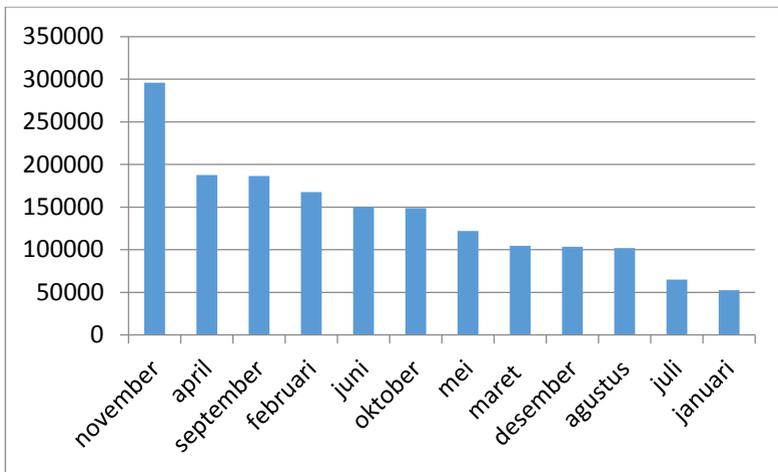
Jika dilihat antara perbandingan Intensitas dan luas wilayah, nilai prediksi risiko berdasarkan curah hujan, dapat di gambarkan secara linier sebagai berikut, dimana keterangan secara horizontal menunjukkan bulan pada tahun 2016 dan keterangan vertikal menunjukkan hasil kali antara luas dominan (km^2) dengan intensitas curah hujan (mm/bulan) pada batas minimum interval:



Gambar 4.29 Prediksi Tingkat Risiko Banjir Lahar Tahun 2016

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa pada bulan November memiliki tingkat risiko paling tinggi hal ini di

sebabkan karena intensitas curah hujan pada wilayah penelitian tinggi yaitu sebesar >500 mm/bulan dengan luas wilayah $591,461 \text{ km}^2$ atau sebesar 86,507% dari luas total wilayah penelitian dan pada bulan Januari di prediksi memiliki tingkat risiko paling kecil karena memiliki intensitas 151-200 mm/bulan dengan luas wilayah $351,596 \text{ km}^2$ atau sebesar 51,478%. Adapun urutan tingkat risiko dari risiko rendah ke tinggi jika di tampilkan ke dalam skala batang adalah sebagai berikut:



Gambar 4.30 Urutan Prediksi Tingkat Risiko Banjir Lahar Tahun 2016

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, berikut adalah kesimpulan yang penulis dapatkan dalam penelitian tugas akhir ini.

1. Peta bahaya banjir lahar memiliki parameter intensitas bahaya dan Daerah Aliran Sungai (DAS). Peta kerawana banjir lahar memiliki parameter kekerasan batuan, tutupan lahan, curah hujan, DAS, dan kelerengan. Peta kerentanan banjir lahar memiliki parameter jenis kelamin, kepadatan penduduk, kelompok umur rentan, dan jumlah penduduk miskin. Sedangkan peta kapasitas banjir lahar memiliki parameter jumlah fasilitas umum. Penentuan zona aman dan jalur evakuasi dibuat berdasarkan parameter peta kerawanan parameter peta Kapasitas, jalan, lahan kosong, dan sungai, sedangkan untuk prediksi jalur aliran lahar dibuat berdasarkan parameter peta bahaya, sungai, dan aliran air.
2. Dari hasil pengolahan tiap parameter pada wilayah penelitian di dapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Intensitas bahaya : berdasarkan data rekap kejadian, jumlah kejadian banjir lahar sejak tahun 1895-2016 sebanyak 26 kejadian dengan kecamatan yang paling sering dilanda adalah kecamatan
 - b. Daerah Aliran Sungai : DAS di klasifikasikan ke dalam tiga kelas yaitu *buffer* sungai berjarak 300, 400 dan 500 meter dari tepi sungai.
 - c. Kekerasan batuan : pada daerah penelitian kekerasan batuan di dominasi oleh batuan lunak (1,5 – 3,5 skala mohs) dengan luas 90,407 km²
 - d. Tutupan lahan: pada daerah penelitian tutupan lahan di dominasi oleh kebun dan ladang dengan luas 228,628km²

- e. Curah hujan: bulan November didominasi intensitas >500 mm/bulan dengan luas $591,461 \text{ km}^2$. Untuk bulan Januari didominasi intensitas 151-200 mm/bulan dengan luas $351,596 \text{ km}^2$.
 - f. Kelerengan: di dominasi dengan kelerengan landai (2%-7%) dengan luas $309,216 \text{ km}^2$
 - g. Jenis kelamin: skor tertinggi (skor tiga) untuk jenis kelamin laki- laki berada pada Kecamatan Tempursari dengan jumlah 13899 jiwa dan perempuan berada pada Kecamatan Pasirian dengan jumlah 43876 jiwa.
 - h. Kepadatan penduduk: jumlah kepadatan penduduk terbanyak dengan skor tertinggi (skor tiga) berada pada kecamatan Pasirian dengan jumlah 676 jiwa/km^2 .
 - i. Kelompok umur rentan: jumlah kelompok umur rentan terbanyak dengan skor tertinggi (skor tiga) berada pada Kecamatan Pasirian dengan jumlah 16158 jiwa
 - j. Penduduk miskin: jumlah kelompok penduduk miskin terbanyak dengan skor tertinggi (skor tiga) berada pada k
 - k. Kecamatan Candipuro dengan jumlah 16000 jiwa
 - l. Jumlah fasilitas umum : jumlah fasilitas umum terbanyak berada pada Kecamatan Candipuro dengan jumlah 101 fasilitas (meliputi: masjid, kesehatan, kantor pos, pendidikan, jembatan, kantor kecamatan, kantor desa, kantor polisi, dan pusat perdagangan).
3. Hasil analisa daerah risiko banjir lahar adalah:
- a. Daerah yang paling sering mengalami kejadian bahaya banjir lahar adalah Kecamatan Pronojiwo.
 - b. Daerah yang memiliki tingkat kapasitas tinggi adalah Kecamatan Candipuro dan Pasirian sedangkan, tingkat kapasitas rendah meliputi Kecamatan Pasrujambe dan Pronojiwo.
 - c. Daerah yang memiliki tingkat kerentanan tertinggi adalah Kecamatan Candipuro dan Pasirian, sedangkan yang

- memiliki kerentanan terendah adalah kecamatan Pasrujambe, Pronojiwo, dan Tempursari.
- d. Daerah yang memiliki kerawanan tinggi banjir lahar pada bulan November dan Januari banyak terjadi di wilayah Kecamatan Tempursari, Pasirian serta di daerah sekitar sungai.
 - e. Daerah yang memiliki risiko tinggi banjir lahar pada bulan November banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pasirian terutama di daerah sekitar sungainya dan sedikit di wilayah Sungai Kecamatan Pronojiwo dengan luas 28,983 km² atau dengan presentase 4,24% dari luas total wilayah penelitian. Sedangkan pada bulan Januari banyak terjadi di wilayah Kecamatan Pasirian terutama di wilayah sekitar sungai dengan luas 9,570 km² atau dengan presentase 1,40% dari luas wilayah total penelitian

5.2 Saran

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan , adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

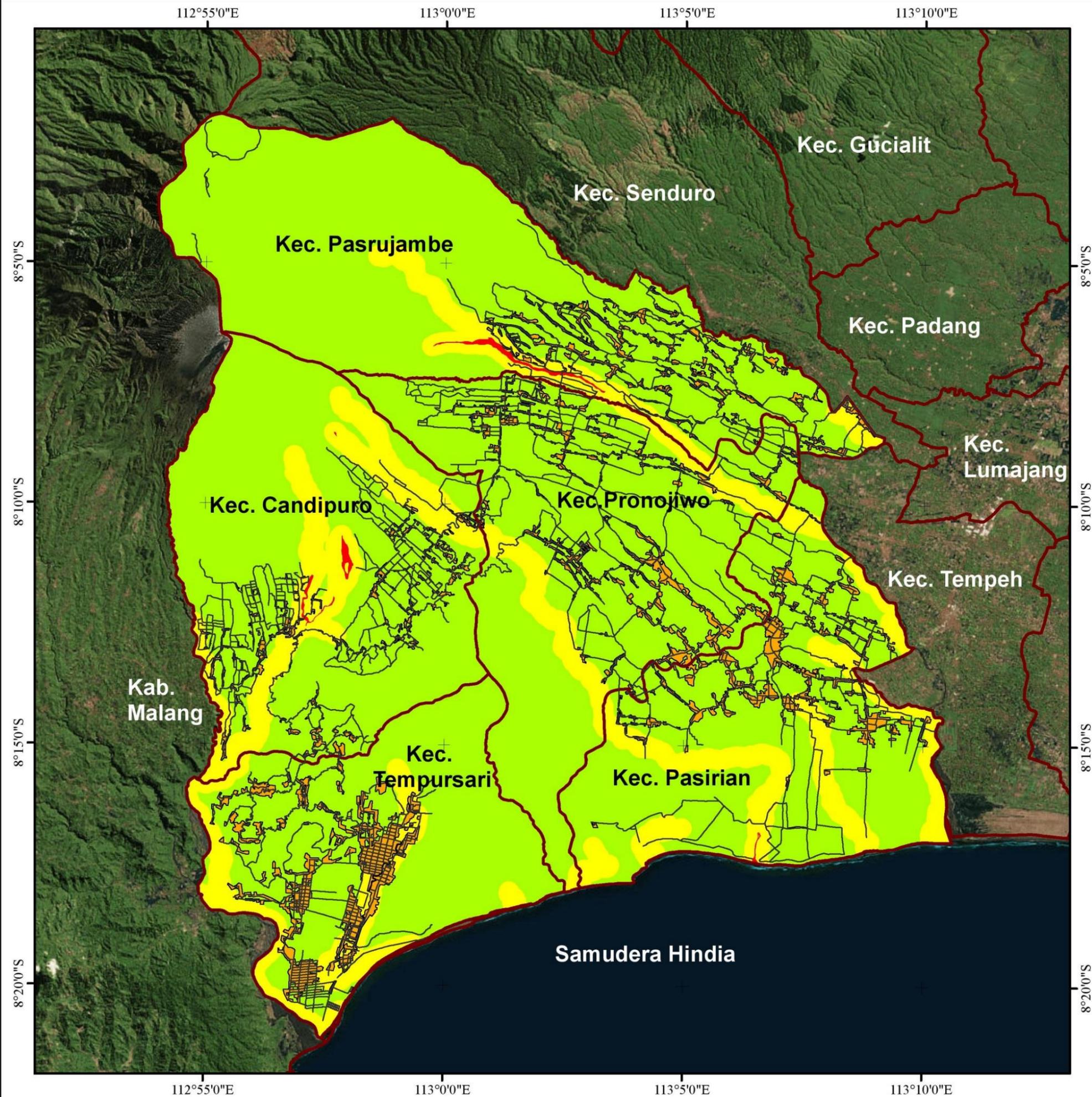
1. Perlunya adanya ketetapan yang mengatur tentang parameter bahaya banjir lahar.
2. Perlu adanya sistem peringatan dini untuk menunjang kesiapan siagaan dalam aspek kapasitas sosial dan mengurangi tingkat risiko terdampak bahaya banjir lahar.
3. Penelitian ini dapat dilakukan tindakan lanjut seperti pembuatan tanggul guna menunjang kegiatan mitigasi bencana banjir lahar dan mengurangi tingkat daerah ber-risiko tinggi.
4. Perlu digunakannya sumber data yang lebih terbaru dan detail untuk menghasilkan peta yang lebih rinci, misalnya menggunakan peta resolusi tinggi sebagai dasar pembuatan peta tutupan lahan sehingga model peta risiko yang di hasilkan akan lebih detail dan akurat.

5. Pemerintah daerah setempat sebaiknya rutin melakukan monitoring di kawasan yang rawan banjir lahar untuk antisipasi kemungkinan terjadinya bencana banjir lahar.

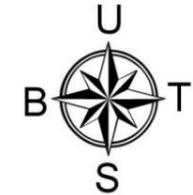
LAMPIRAN

- Lampiran 1: Peta Bahaya Banjir Lahar: menampilkan sebaran bahaya banjir lahar yang terjadi di kabupaten Lumajang mulai dari tahun 1895 sampai 2016.
- Lampiran 2: Peta Kerawanan Banjir Lahar Bulan November 2016 menampilkan kerawanan yang terjadi pada bulan November berdasarkan parameter fisiknya.
- Lampiran 3: Peta Kerawanan Banjir Lahar Bulan Januari 2016. menampilkan kerawanan yang terjadi pada bulan Januari berdasarkan parameter fisiknya.
- Lampiran 4: Peta Prediksi Jalur Aliran Lahar menampilkan prediksi aliran lahar berdasarkan peta bahaya yang telah dibuat.
- Lampiran 5: Peta Kapasitas menampilkan potensi sumber daya yang dimiliki untuk mengantisipasi atau mengurangi dampak risiko bencana.
- Lampiran 6: Peta Zona Aman Dan Jalur Evakuasi Banjir Lahar menampilkan zona aman sebagai tempat evakuasi dan jalur evakuasi.
- Lampiran 7: Peta Kerentanan Banjir Lahar menampilkan kerentanan sosial masyarakat dari suatu wilayah tertentu.
- Lampiran 8: Peta Risiko Banjir Lahar Bulan November 2016 menampilkan potensi dampak negatif yang mungkin timbul akibat suatu potensi bencana yang melanda pada bulan November 2016

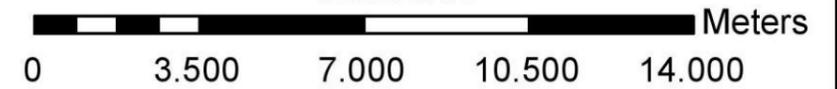
Lampiran 9: Peta Risiko Banjir Lahar Bulan Januari 2016 menampilkan potensi dampak negatif yang mungkin timbul akibat suatu potensi bencana yang melanda pada bulan Januari 2016.



Peta Bahaya Banjir Lahar Gunung Semeru, Kab. Lumajang 2017



Skala:
1:150.000



Legenda:

- Jalan
- Sungai
- Batas Administrasi
- Pemukiman

Tingkat Bahaya Banjir Lahar:

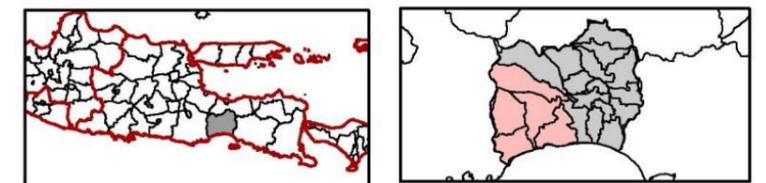
- Tingkat Bahaya Rendah
- Tingkat Bahaya Sedang
- Tingkat Bahaya Tinggi

Sumber Data:

- Peta RBI Tahun 1999
- Data Rekap Bencana Tahun 1895 - 2016
- Peta Administrasi Kabupaten Lumajang

Proyeksi : UTM
Zona : 49 S
Datum : WGS 84

Indeks Peta:



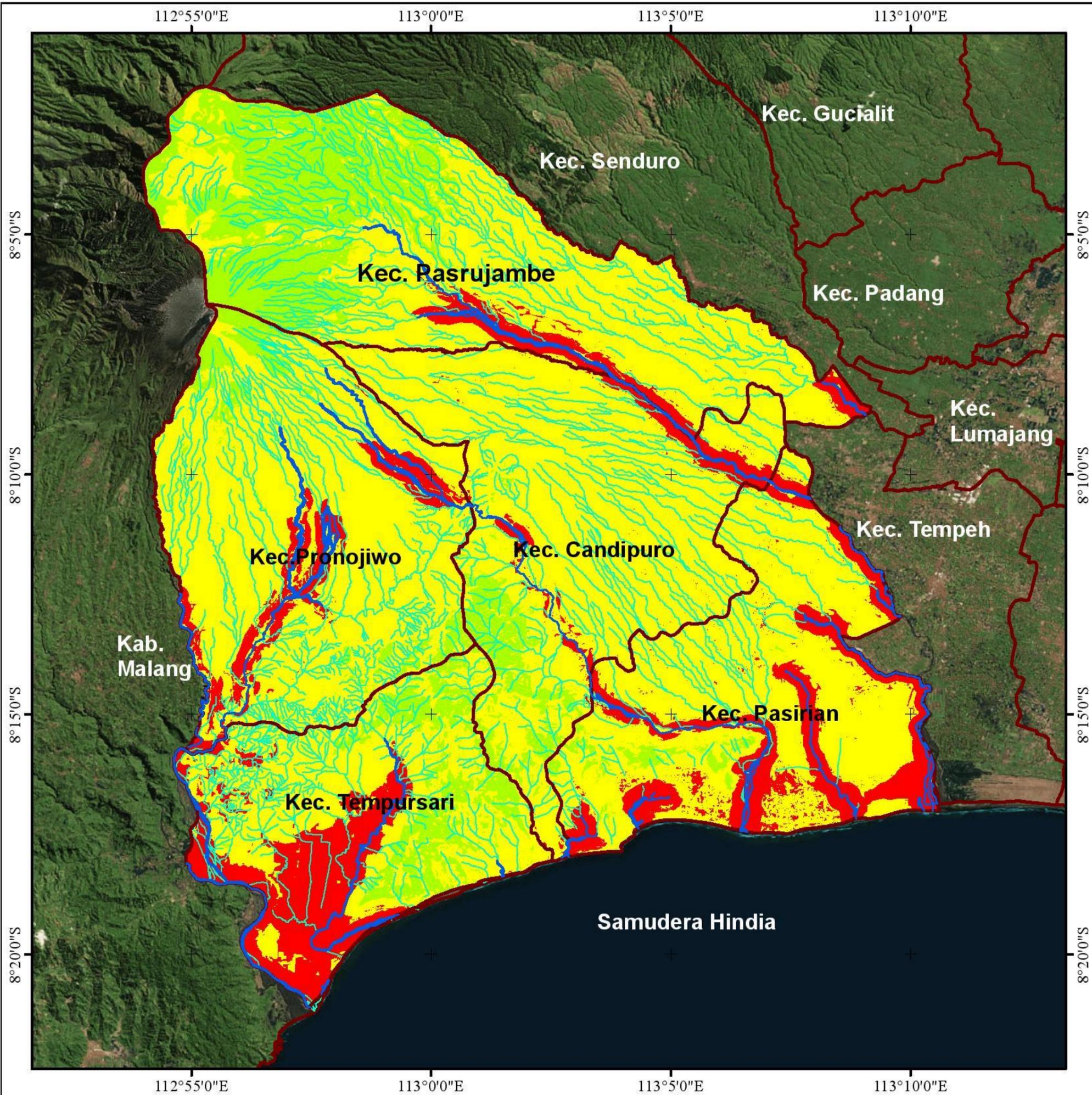
Dibuat Oleh:
Zahra Rahma Larasati (3513100086)

Dosen Pembimbing:
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
Akbar Kurniawan ST., MT.

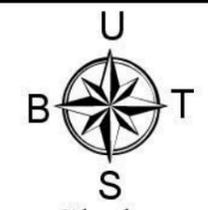


Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

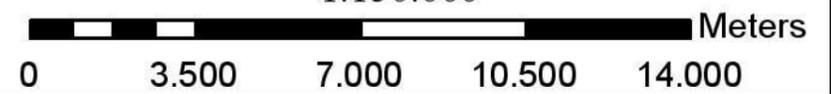
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Kerawanan Banjir Lahar Bulan November 2016 Gunung Semeru, Kab. Lumajang



Skala:
1:150.000



Legenda:

- Sungai
- Aliran Air
- Batas Administrasi

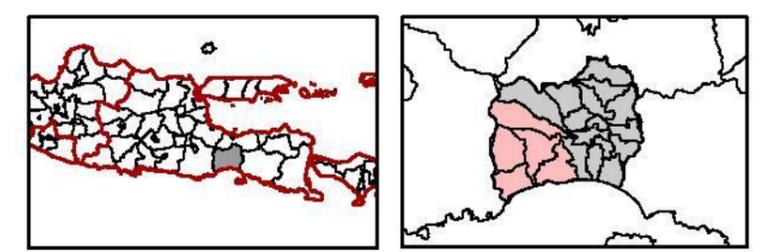
Tingkat Kerawanan Banjir Lahar:

- Tingkat Kerawanan Rendah
- Tingkat Kerawanan Sedang
- Tingkat Kerawanan Tinggi

Sumber Data:
 - Peta Administrasi Kabupaten Lumajang
 - Peta RBI Skala Tahun 1999
 - Peta Geologi Skala Tahun 1992
 - Peta Curah Hujan Bulan November 2016
 - Data DEM TerraSAR-X Tahun 2015

Proyeksi : UTM
 Zona : 49 S
 Datum : WGS 84

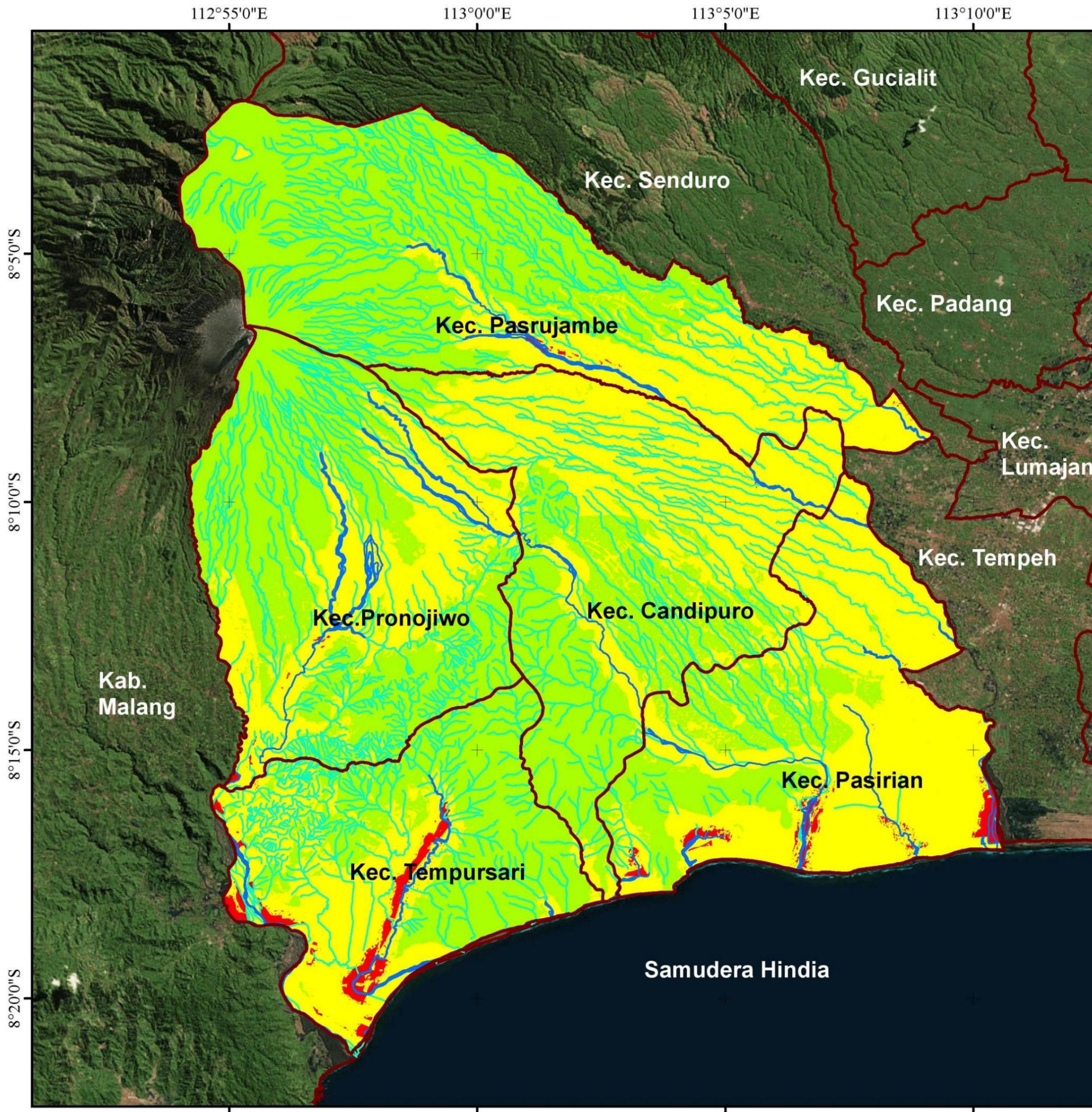
Indeks Peta:



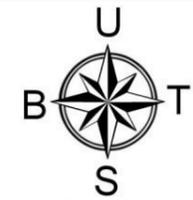
Dibuat Oleh:
 Zahra Rahma Larasati (3513100086)
 Dosen Pembimbing:
 Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
 Akbar Kurniawan ST., MT.

Departemen Teknik Geomatika
 Fakultas Teknik dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya
 2017

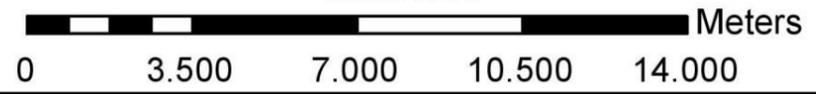
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Kerawanan Banjir Lahar Bulan Januari 2016 Gunung Semeru, Kab. Lumajang



Skala:
1:150.000



Legenda:

- Sungai
- Aliran Air
- Batas Administrasi

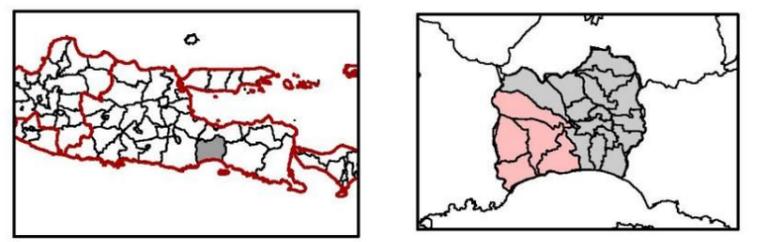
Tingkat Kerawanan Banjir Lahar:

- Tingkat Kerawanan Rendah
- Tingkat Kerawanan Sedang
- Tingkat Kerawanan Tinggi

Sumber Data:
 - Peta Administrasi Kabupaten Lumajang
 - Peta RBI Skala Tahun 1999
 - Peta Geologi Skala Tahun 1992
 - Peta Curah Hujan Bulan Januari 2016
 - Data DEM TerraSAR-X Tahun 2015

Proyeksi : UTM
 Zona : 49 S
 Datum : WGS 84

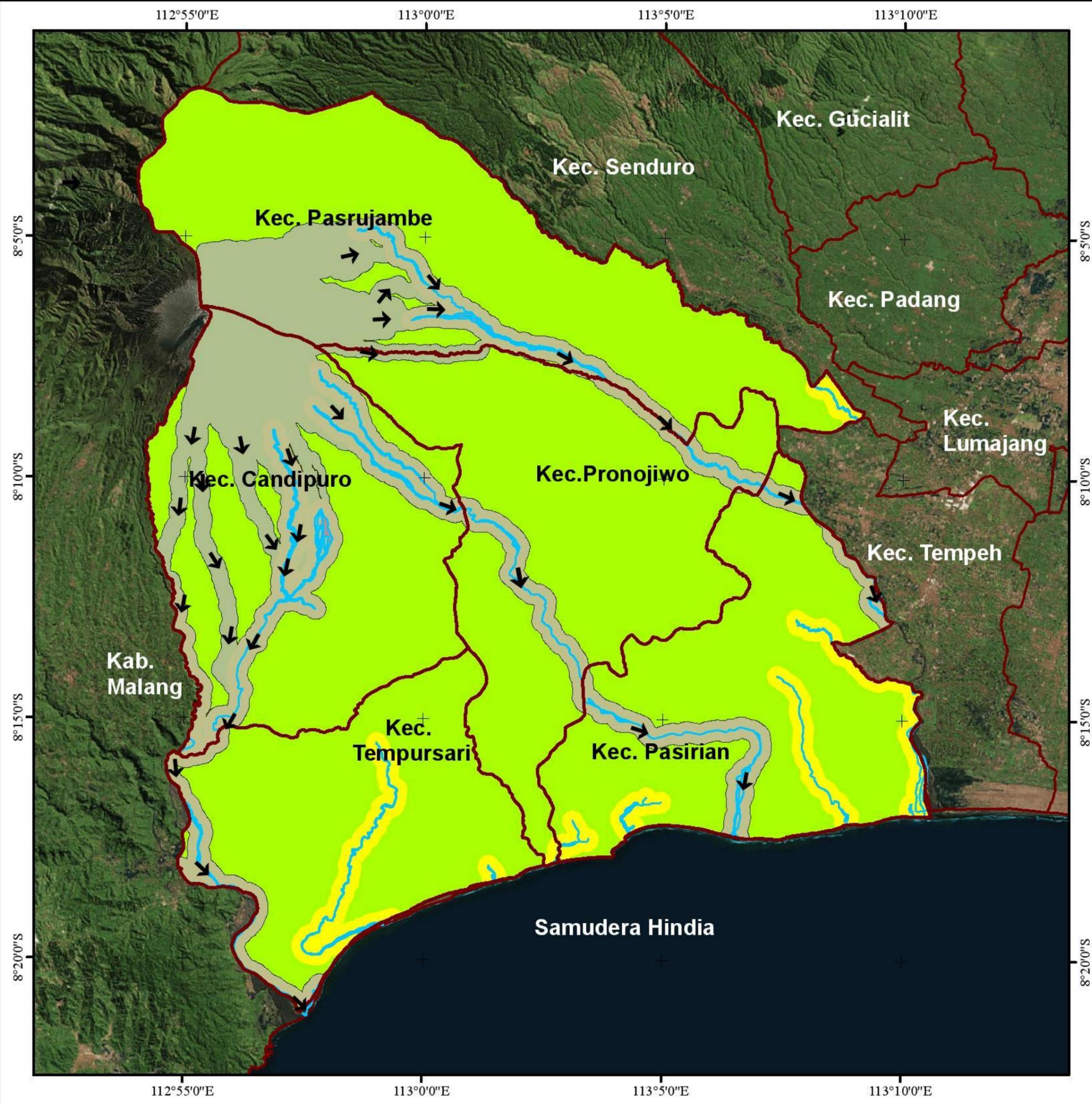
Indeks Peta:



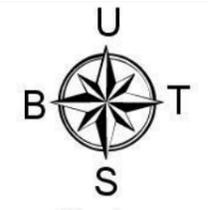
Dibuat Oleh:
 Zahra Rahma Larasati (3513100086)
 Dosen Pembimbing:
 Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
 Akbar Kurniawan ST., MT.

Departemen Teknik Geomatika
 Fakultas Teknik dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya
 2017

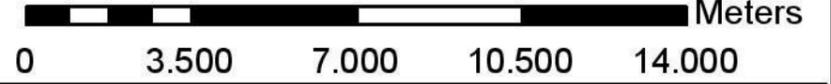
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Prediksi Jalur Aliran Banjir Lahar Gunung Semeru, Kab. Lumajang 2017



Skala:
1:150.000



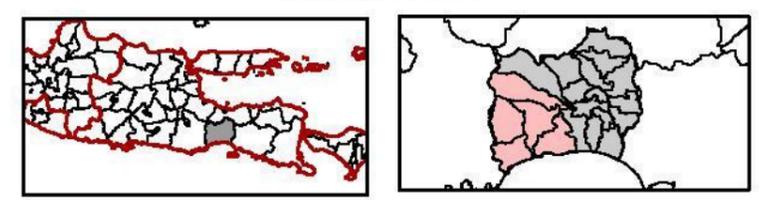
Legenda:

- Arah Aliran Lahar
 - Sungai
 - Batas Administrasi
 - Prediksi Jalur Aliran Lahar
- Tingkat Bahaya Banjir Lahar:**
- Tingkat Bahaya Rendah
 - Tingkat Bahaya Sedang
 - Tingkat Bahaya Tinggi

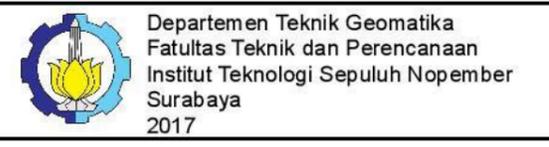
Sumber Data:
 - Peta RBI Tahun 1999
 - Data Rekap Bencana Tahun 1895 - 2016
 - Peta Administrasi Kabupaten Lumajang

Proyeksi : UTM
 Zona : 49 S
 Datum : WGS 84

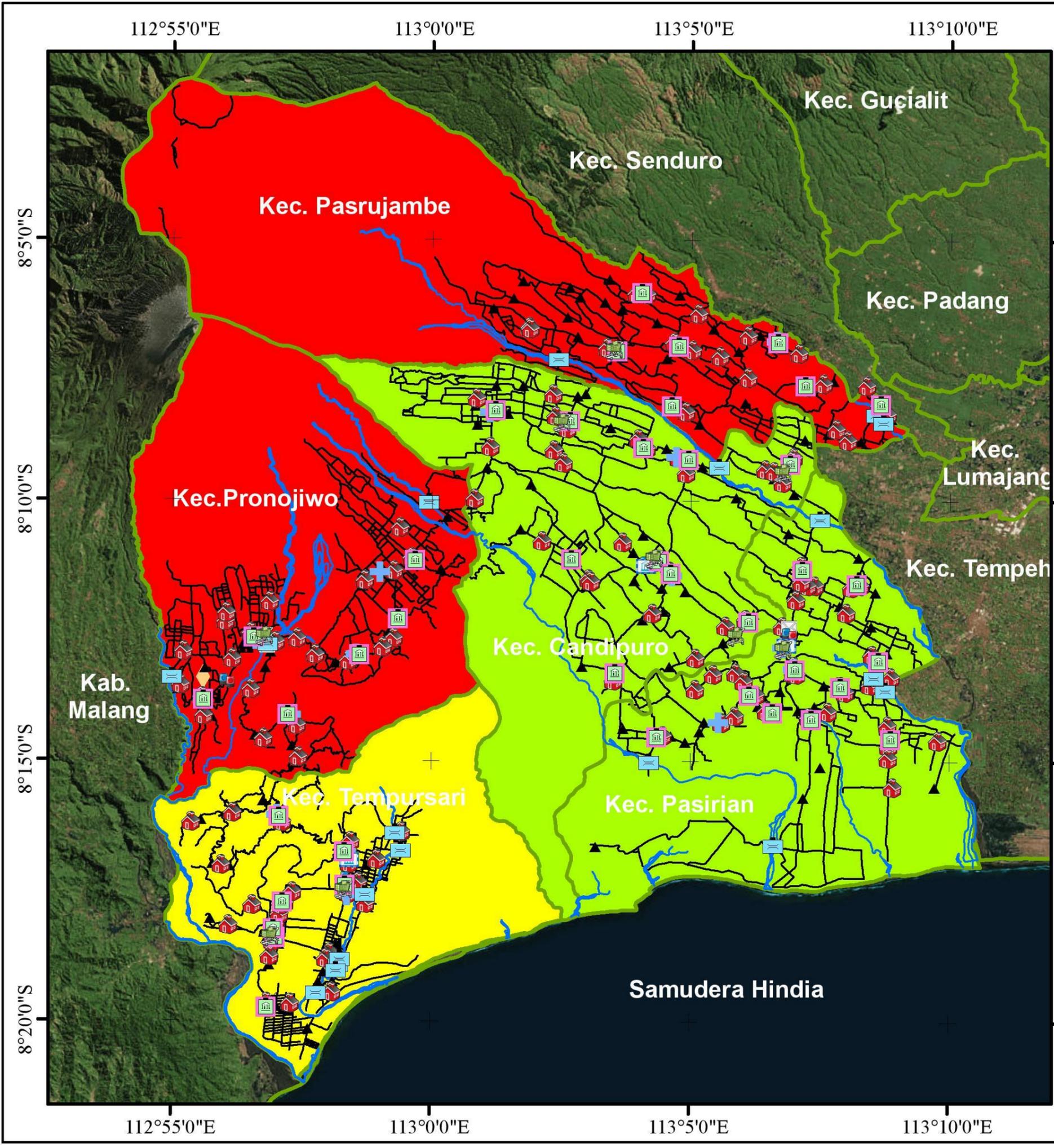
Indeks Peta:



Dibuat Oleh:
 Zahra Rahma Larasati (3513100086)
 Dosen Pembimbing:
 Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
 Akbar Kuniawan ST., MT.



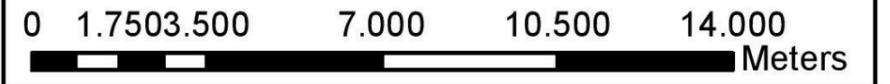
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Kapasitas Banjir Lahar Gunung Semeru, Kab. Lumajang 2017



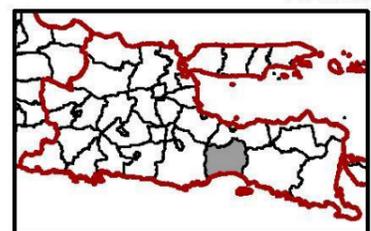
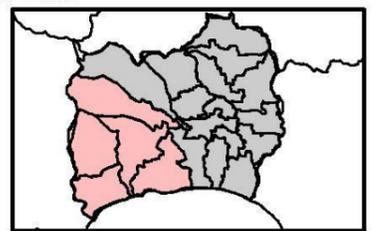
Skala:
1:200.000



Legenda:

Fasilitas Kesehatan Lainnya	Pusat Bisnis dan Perdagangan Lainnya	
Gereja	Terminal Bus/Angkutan Kendaraan Lainnya	
Jembatan	Sungai	
Kantor Camat	Jalan	
Kantor Kepala Desa	Batas Administrasi	
Kantor Polisi	Tingkat Kapasitas:	
Kantor Pos Lainnya		Kapasitas Tinggi
Masjid		Kapasitas Sedang
Pendidikan/Penelitian Lainnya		Kapasitas Rendah
Pura		

Indeks Peta:

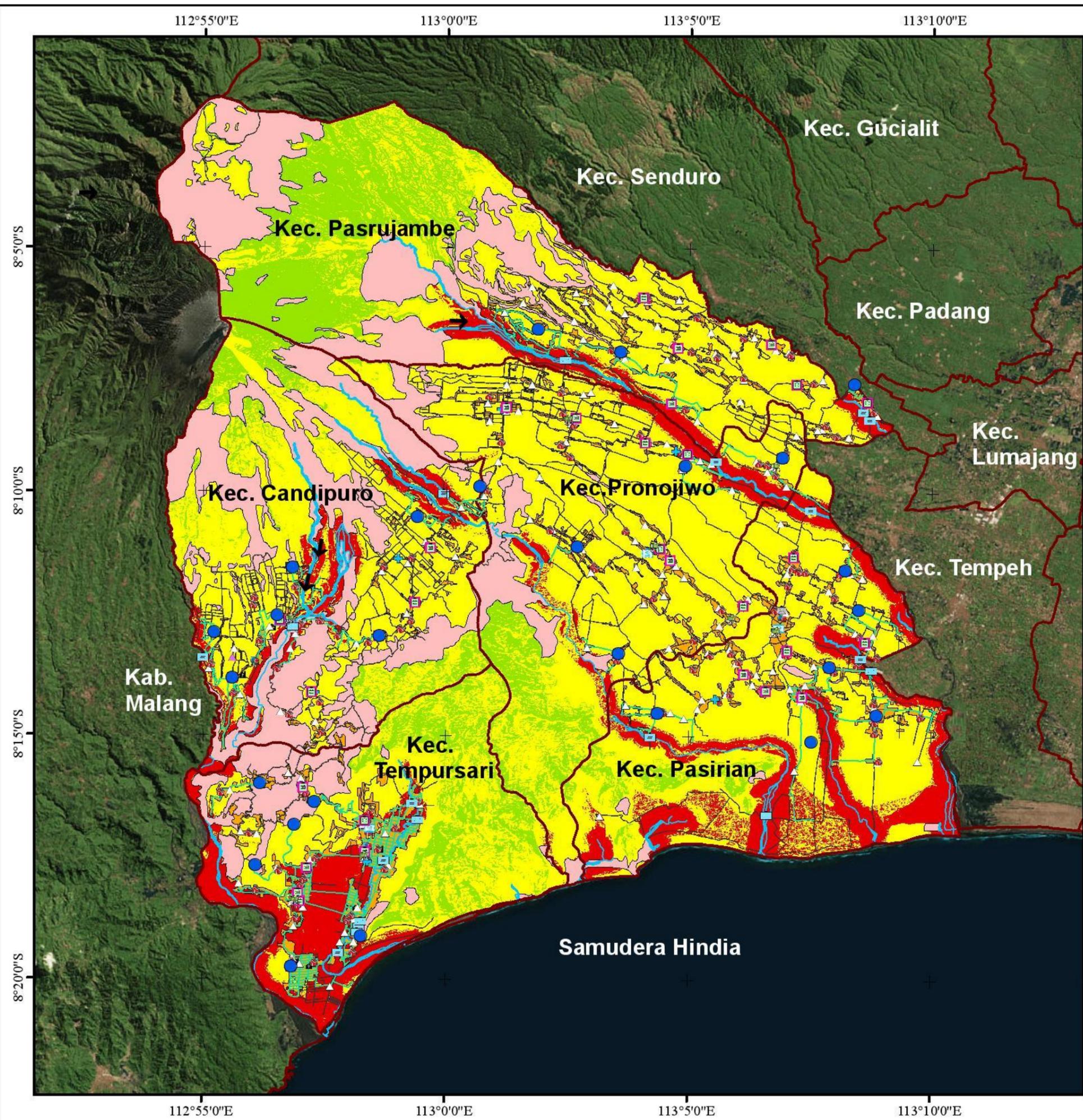



Sumber Data:
Peta Administrasi Kab. Lumajang
Peta RBI Skala 1:25.000
Proyeksi : UTM
Zona : 49 S
Sistem Grid : UTM
Datum : WGS 84

Dibuat Oleh:
Zahra Rahma Larasati
(3513100086)
Dosen Pembimbing:
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
Akbar Kurniawan ST., MT.



Departemen Teknik Geomatika
Fatultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



Peta Zona dan Jalur Evakuasi Banjir Lahar Gunung Semeru, Kab. Lumajang 2017

U
B  T
S

Skala:
1:150.000

Meters

0 3.500 7.000 10.500 14.000

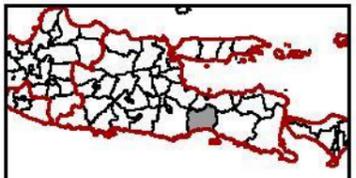
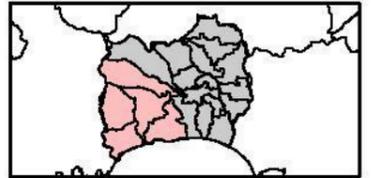
Legenda:

Zona Evakuasi	Terminal Bus
Fasilitas Kesehatan	Sungai
Gereja	Jalan
Jembatan	Jalur Evakuasi
Kantor Camat	Batas Administrasi
Kantor Kepala Desa	Pemukiman
Kantor Polisi	Lahar Kosong
Kantor Pos	Tingkat Kerawanan Banjir Lahar:
Masjid/Musolah	Tingkat Kerawanan Rendah
Fasilitas Pendidikan	Tingkat Kerawanan Sedang
Pura	Tingkat Kerawanan Tinggi
Pusat Perdagangan	

Sumber Data:
 Peta RBI Skala 1: 25.000
 Peta Kerawanan Bulan November 2016
 Peta Administrasi Kabupaten Lumajang

Proyeksi : UTM
 Zona : 49 S
 Datum : WGS 84

Indeks Peta:

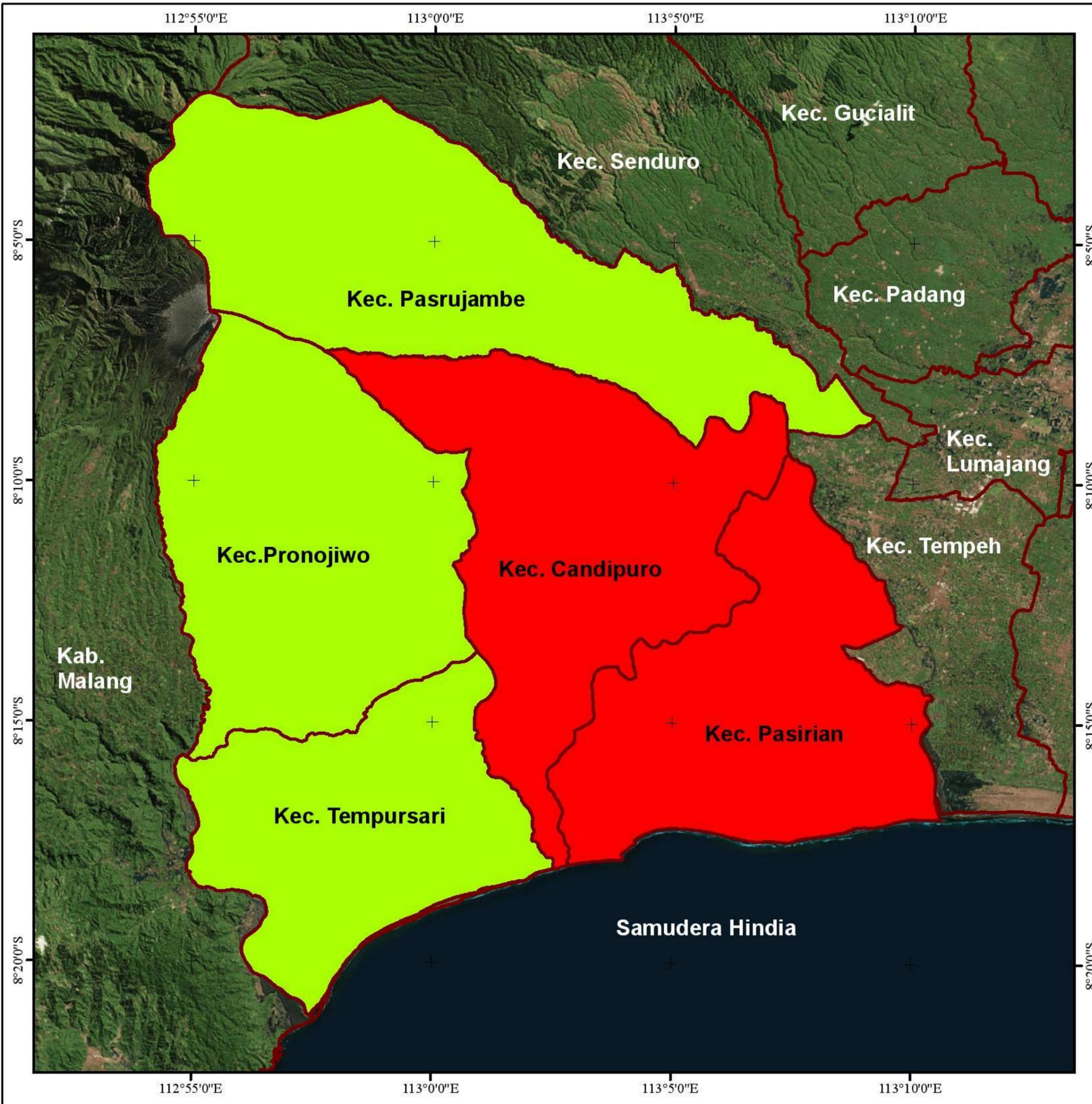



Dibuat Oleh:
 Zahra Rahma Larasati (3513100086)
 Dosen Pembimbing:
 Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
 Akbar Kurniawan ST., MT.

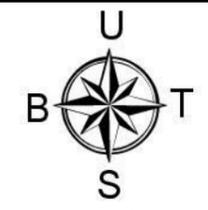


Departemen Teknik Geomatika
 Fakultas Teknik dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya
 2017

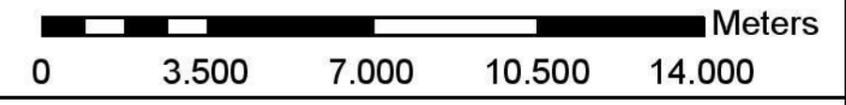
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Kerentanan Banjir Lahar Gunung Semeru, Kab. Lumajang 2017



Skala:
1:150.000



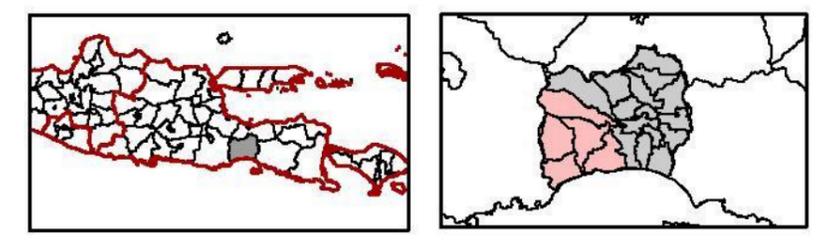
Tingkat Kerentanan Penduduk:

- Tingkat Kerentanan Rendah
- Tingkat Kerentanan Sedang
- Tingkat Kerentanan Tinggi
- Batas Administrasi

Sumber Data:

- Peta Administrasi Kabupaten Lumajang	Proyeksi : UTM
- Lumajang Dalam Angka 2016	Zona : 49 S
	Datum : WGS 84

Indeks Peta:



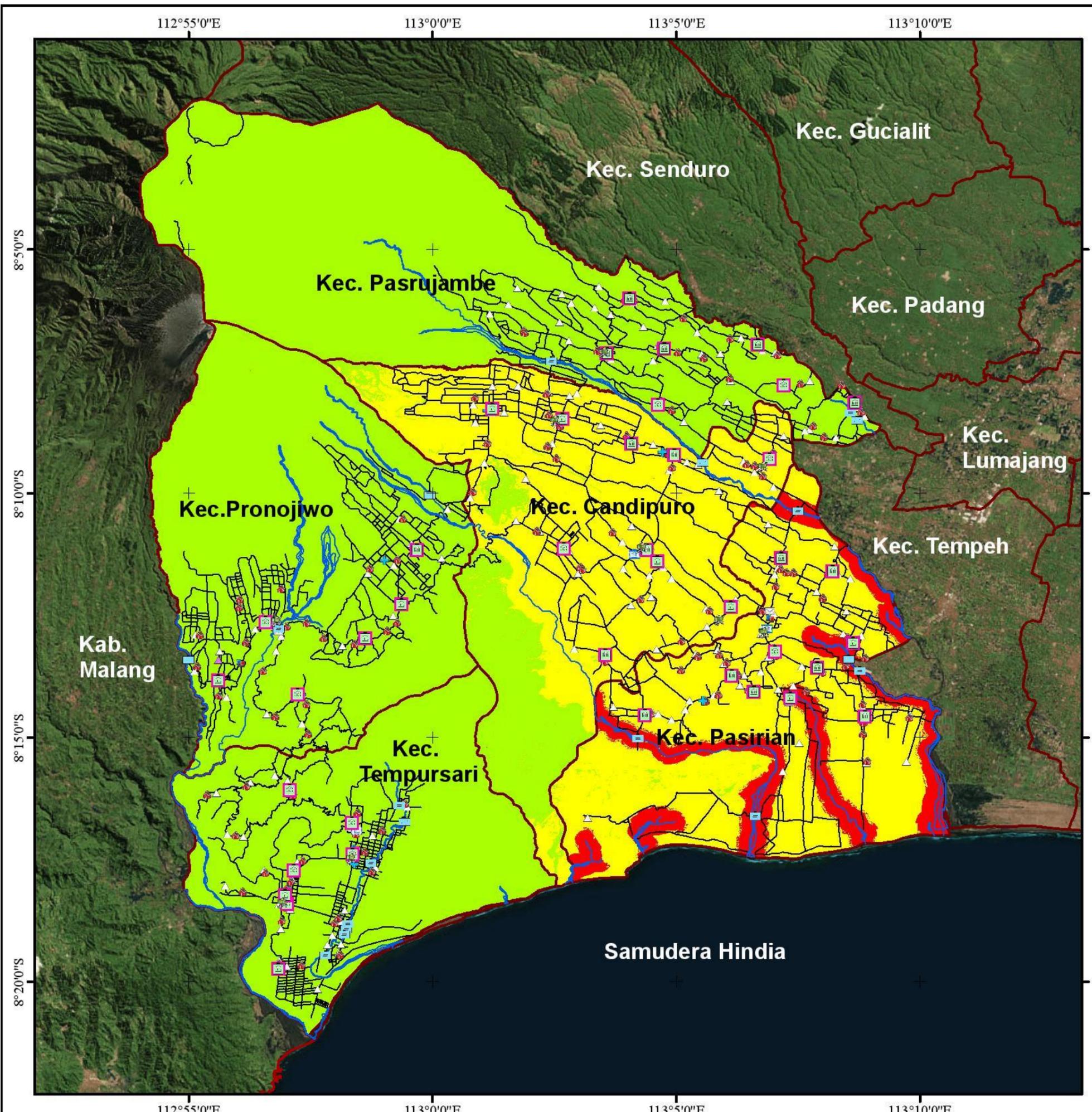
Dibuat Oleh:
Zahra Rahma Larasati (3513100086)

Dosen Pembimbing:
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
Akbar Kurniawan ST., MT.

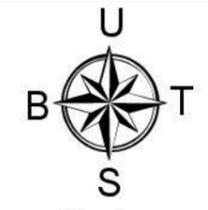


Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

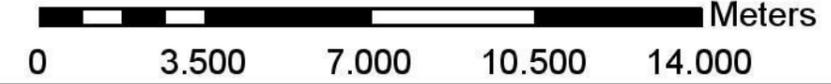
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Risiko Banjir Lahar Bulan November 2016 Gunung Semeru, Kab. Lumajang



Skala:
1:150.000



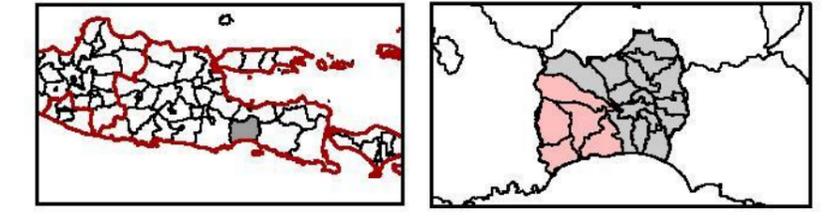
Legenda:

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Fasilitas Kesehatan | Pusat Perdagangan |
| Gereja | Terminal Bus |
| Jembatan | Jalan |
| Kantor Camat | Batas Administrasi |
| Kantor Kepala Desa | Sungai |
| Kantor Polisi | Tingkat Risiko Banjir Lahar: |
| Kantor Pos | Tingkat Risiko Rendah |
| Masjid/Musolah | Tingkat Risiko Sedang |
| Fasilitas Pendidikan | Tingkat Risiko Tinggi |
| Pura | |

Sumber Data:
 - Peta Administrasi Kabupaten Lumajang
 - Peta RBI Skala Tahun 1999
 - Peta Geologi Skala Tahun 1992
 - Peta Curah Hujan Bulan November 2016
 - Data DEM TerraSAR-X Tahun 2015
 - Lumajang Dalam Angka 2016

Proyeksi : UTM
 Zona : 49 S
 Datum : WGS 84

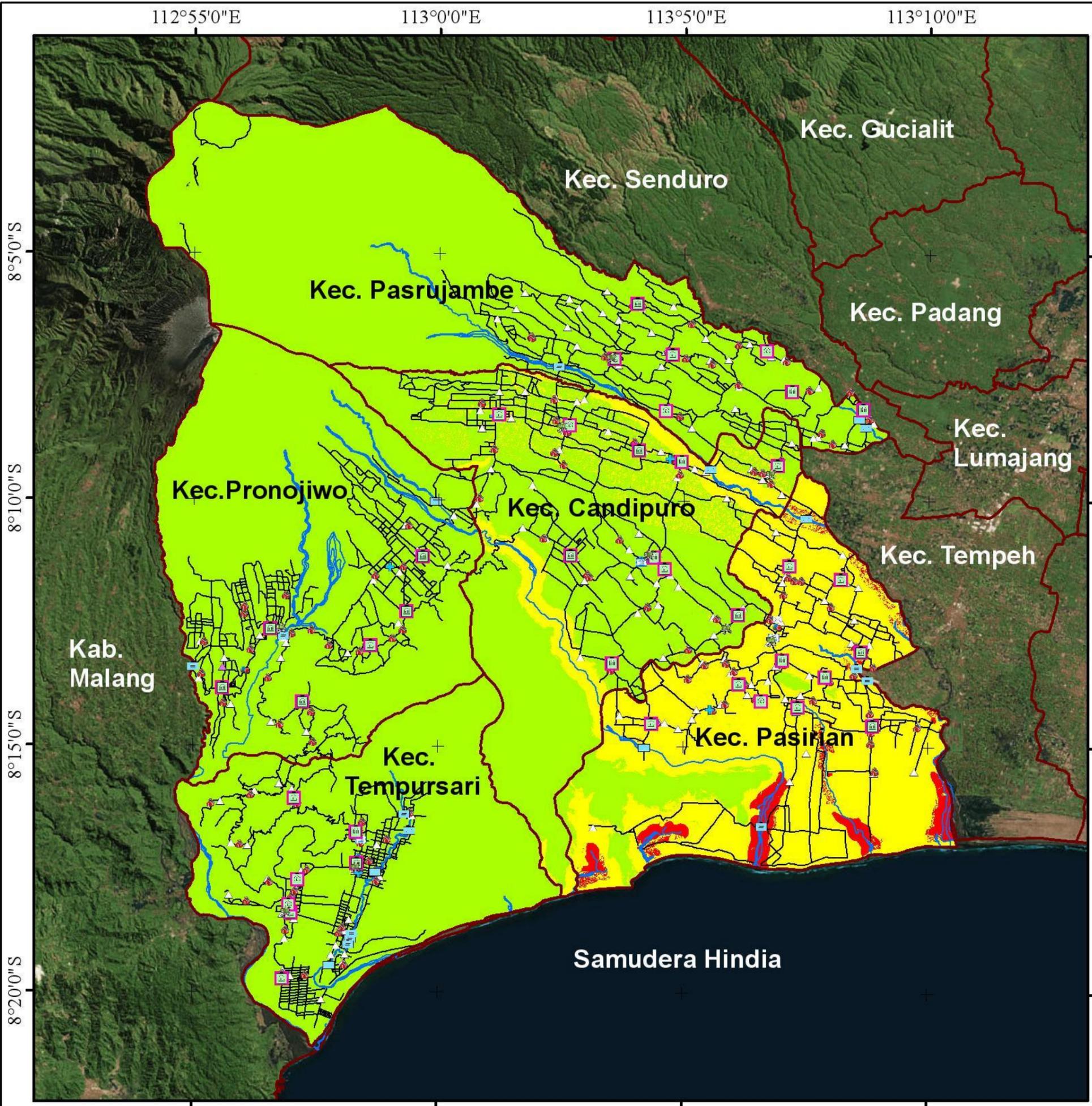
Indeks Peta:



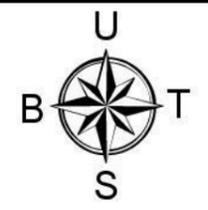
Dibuat Oleh:
 Zahra Rahma Larasati (3513100086)
 Dosen Pembimbing:
 Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
 Akbar Kurniawan ST., MT.

Departemen Teknik Geomatika
 Fakultas Teknik dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya
 2017

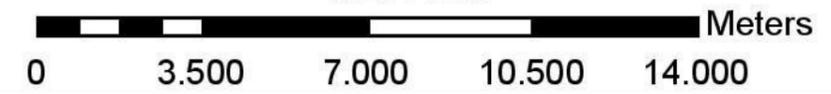
*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang



Peta Risiko Banjir Lahar Bulan Januari 2016 Gunung Semeru, Kab. Lumajang



Skala:
1:150.000



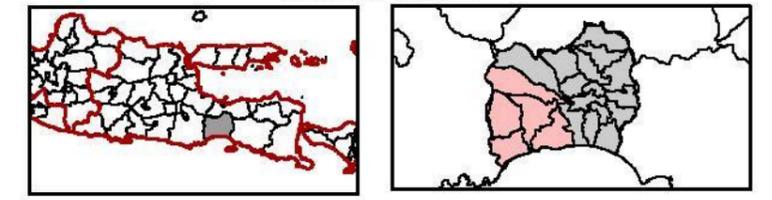
Legenda:

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Fasilitas Kesehatan | Terminal Bus |
| Gereja | Jalan |
| Jembatan | Batas Administrasi |
| Kantor Camat | Sungai |
| Kantor Kepala Desa | Tingkat Risiko Banjir Lahar: |
| Kantor Polisi | Tingkat Risiko Rendah |
| Kantor Pos | Tingkat Risiko Sedang |
| Masjid/Musolah | Tingkat Risiko Tinggi |
| Fasilitas Pendidikan | |
| Pura | |

Sumber Data:
 - Peta Administrasi Kabupaten Lumajang
 - Peta RBI Skala Tahun 1999
 - Peta Geologi Skala Tahun 1992
 - Peta Curah Hujan Bulan Januari 2016
 - Data DEM TerraSAR-X Tahun 2015
 - Lumajang Dalam Angka 2016

Proyeksi : UTM
 Zona : 49 S
 Datum : WGS 84

Indeks Peta:



Dibuat Oleh:
 Zahra Rahma Larasati (3513100086)
 Dosen Pembimbing:
 Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.
 Akbar Kurniawan ST., MT.

Departemen Teknik Geomatika
 Fakultas Teknik dan Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya
 2017

*) Peta sebenarnya dicetak dengan kertas ukuran A1 dengan skala 1:65.000, jika dicetak dengan kertas ukuran lain keterangan skala yang digunakan adalah skala batang

DAFTAR PUSTAKA

- Amhar, Fahmi dkk. 2008. Status Pemetaan dengan Radar di Bakosurtanal. Bogor. Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi – LIPI
- Amri, Mohd. Robi dkk .2013. Buku Risiko Bencana Indonesia. Jakarta. BNPB.
- Anonim. 2013. Modul 3 Analisis Spasial. Bandung, KEMENRISTEK.
- Aronoff, S. 1989. *Geographic Information System: A Management Perspective*. Ottawa. WDI Publications.
- Badan Informasi Geografis. 2010. Klasifikasi Penutupan Lahan. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional
- Fajarini, Rahmi. 2014. Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Dan Perencanaan Tata Ruang Di Kabupaten Bogor. Bogor. Institut pertanian Bogor.
- Hidayat, F. 2013. Pemodelan Risiko Banjir Lahar Hujan Pada Alur Kali Putih Kabupaten Magelang. *Journal Undip* , 895-904.
- Hidayat, Pratama Irfan. 2016. Analisis Kualitas Dem Dengan Membandingkan Metode Orthorektifikasi Memakai Citra Resolusi Tinggi (Studi Kasus:Kecamatan Limbangan,Kabupaten Kendal, Jawa Tengah). Semarang. Universitas Diponogoro.

- Husein, Rahmat. 2006. Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Yogyakarta: Komunitas Ilmu Komputer.
- Justice, C.O. and Townshend, J.R.G. 1981. A comparison of unsupervised classification procedures using Landsat MSS data for an area of complex surface conditions in Basilicata, southern Italy. *Remote Sensing of Environment*, 12, 407-420.
- Kiefer, dan Lillesand. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Diterjemahkan oleh Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi) Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kurnia, Imas. 2012. Dampak Bencana Banjir Lahar Dingin Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Penduduk di Desa Jumoyo Kecamatan Salam Kabupaten Magelang Tahun 2010-2011. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Latifu, M. Aziz. 2012. Pemetaan Tingkat Kerentanan Dan Tingkat Bahaya Banjir Daerah Aliran Sungai (Das) Bengawan Solo Bagian Tengah Di Kabupaten Bojonegoro. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta
- Latifu, M. Aziz. 2012. Pemetaan Tingkat Kerentanan Dan Tingkat Bahaya Banjir Daerah Aliran Sungai (Das) Bengawan Solo Bagian Tengah Di Kabupaten Bojonegoro. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta
- Lavigne, F. (1999). *Lahar Hazard Micro-Zonation and Risk Assessment in Yogyakarta City Indonesia*. Kluwer Academic Publishers ,173-183.

- Lo, CP. 1986 *Applied Remote Sensing*, New York: Logman.Inc
- Mahmudi, M dkk. 2015. Analisis Ketelitian Dem Aster Gdem, Srtm, Dan Lidar Untuk Identifikasi Area Pertanian Tebu Berdasarkan Parameter Kelerengan (Studi Kasus : Distrik Tubang, Kabupaten Merauke, Provinsi Papua. Semarang. Universitas Diponogoro.
- Noor, Djauhari. 2009. Pengantar Geologi. Bogor. Universitas Pakuan
- Peraturan Kepala BNPB Nomor 1 Tahun 1997 Tentang Pemetaan Penggunaan Tanah Perdesaan, Penggunaan Tanah Perkotaan, Kemampuan Tanah Dan Penggunaan Simbol/Warna Untuk Penyajian Dalam Peta
- Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana
- Peraturan Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana
- Prahasta. 2009. Sistem Informasi Geografis: Konsep - Konsep Dasar Perspektif Geodesi & Geomatika. Bandung. Informatika
- Pratomo. 2008. Analisis Kerentanan Banjir di Daerah Aliran Sungai Sengkarang Kabupaten Pekalongan Provinsi Jawa Tengah dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis. Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah. Surakarta
- Pristanto , Adhitya Irvan. 2010. Upaya Peningkatan Pemahaman Masyarakat Tentang Mitigasi Bencana Gempa Bumi di

Desa Tirtomartani Kecamatan Kalasan Kabupaten Sleman
Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta.
Universitas Negeri Yogyakarta.

Pusat Pendidikan Mitigasi Bencana. 2010. Mitigasi. Bandung.
Universitas Pendidikan Indonesia.

Rahman dkk. 2011. *Influence of georeference for saturated excess
overland flow modelling using 3D volumetric soft geo-
objects. Computers and Geosciences*. 2011;37(4):598-609.

Republik Indonesia, P. (2004). Undang - Undang No. 7 Tahun
2004 tentang Sumber Daya Air

Republik Indonesia, P. (2007). Undang - Undang No. 24 Tahun
2007 tentang Penanggulangan Bencana

Republik Indonesia, P. (2008). Undang - Undang No 21 Tahun
2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana

Sari, Maya. 2016. Banjir Lahar: Pengertian, Ciri-ciri, Penyebab
dan Dampaknya <[http://ilmugeografi.com/bencana-
alam/banjir-lahar](http://ilmugeografi.com/bencana-alam/banjir-lahar)> Di akses pada tanggal 17 Oktober 2016.

Sari, Santi. 2011. Studi Limpasan Permukaan Spasial Akibat
Perubahan Penggunaan Lahan (Menggunakan Model
Kineros). Malang. Universitas Brawijaya.

Shinta, Dewi. 2015. Mitigasi Bencana Lahar Hujan Gunungapi
Merapi Berbasis Sistem Informasi Geografis dan
Penginderaan Jauh di Sub DAS Kali Putih Kabupaten
Magelang. Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah
Surakarta.

- Sholawatul, Maharani dkk. 2012. Pola Adaptasi Penduduk dan Arahkan Mitigasi Pada Daerah Banjir Lahar Hujan di Bantaran Sungai Code. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Skmawati, Aprilia. 2006 Hubungan Antara Curah Hujan dengan Titik Panas (Hotspot) Sebagai Indikator Terjadinya Kebakaran Hutandan Lahan di Kabupaten Pontianak Provinsi Kalimantan Barat .Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Suherlan, E., 2001. Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung Menggunakan Sistim Informasi Geografis. Skripsi Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor.
- Thornbury, William D. 1969. *Principles of Geomorphology*. New York: John Wiley
- Tondobala, Linda. 2011. Pemahaman Tentang Kawasan Rawan Bencana dan Tinjauan Terhadap Kebijakan dan Peraturan Terkait. Manado. Universitas Sam Ratulangi.
- Utomo. 2004. Pemetaan Kawasan Berpotensi Banjir di DAS Kaligarang Semarang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. Tugas Akhir. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Zuidam, R.A. Van., 1985. *Aerial Photo-Interpretation Terrain Analysis and Geomorphology Mapping*. Smith Publisher The Hague, ITC.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis, Zahra Rahma Larasati dilahirkan di Jakarta 31 Januari 1996, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Al-muminin, SDN Serdang 09 Pagi, SMPN 1 Jakarta, dan SMA N 77 Jakarta dan lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan untuk perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan mengambil Jurusan Teknik Geomatika lewat jalur Program

Kemitraan dan Mandiri. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis cukup aktif di organisasi intra kampus yaitu sebagai staff Departemen Daya Kreasi Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE ITS) periode 2015-2016. Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan menejemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD. Penulis pernah mengikuti kegiatan Kerja Praktek/ Magang di PT Pertamina EP dan PT Aneka Tambang pada tahun 2016. Dalam penyelesaian syarat Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Geospasial, dengan Judul Tugas Akhir “Pemetaan Daerah Risiko Banjir Lahar Berbasis Sistem Informasi Geografis untuk Menunjang Kegiatan Mitigasi Bencana (Studi Kasus: Gunung Semeru, Kabupaten Lumajang)”. Jika ingin menghubungi penulis dapat menghubungi email: zahra31rl@gmail.com.