

**PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
MEMPREDIKSI POTENSI WILAYAH DAMPAK ERUPSI GUNUNG
SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVAKUASI
(Study Kasus : Kab.Lumajang)**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

HANDRI SIDABUTAR

Nim. 1225083

**JURUSAN TEKNIK GEODESI GEOINFORMATIKA S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2017

2011

REKAM JEKUTAN KEMERDEKAAN RI
REKAM JEKUTAN KEMERDEKAAN RI
REKAM JEKUTAN KEMERDEKAAN RI

REKAM JEKUTAN
REKAM JEKUTAN
REKAM JEKUTAN

REKAM JEKUTAN

(REKAM JEKUTAN : KEMERDEKAAN RI)

REKAM JEKUTAN KEMERDEKAAN RI
REKAM JEKUTAN KEMERDEKAAN RI
REKAM JEKUTAN KEMERDEKAAN RI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
MEMPREDIKSI POTENSI WILAYAH DAMPAK ERUPSI GUNUNG
SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVAKUASI
(Studi Kasus: Kabupaten Lumajang, Jawa Timur)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelara Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Malang**

Oleh :

HANDRI SIDABUTAR

NIM 12.25.083

Menyetujui

Dosen Pembimbing I



(D.K Sunaryo, ST.,MT)

Dosen Pembimbing II



(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Mengetahui,



Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1

(M.Edwin Tjahjadi ST.,M.Geom.,Sc.Ph.D)

LEMBARAN PENGESAHAN

KEPADA YAHYAI DAN ANGGOTA DPA
MEMERIKSA POTENSI WILAYAH DAERAH ERISI EKONOMI
SEKELUAR DAN SELURUH JALUR EKONOMI
(Kantor Kepala Perwakilan Angkatan Laut Timor)

SERVIS

Ditujukan untuk memonitori pelaksanaan dalam mencapai
Gelar Sarjana Teknik (ST) Sains dan (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Manado

dan :

HANDRI SUDARMA

NIPT 122583

Keputusan

Keputusan I

Keputusan II



(Siprotek dan ST... M1)



(D.K. Sarjana ST... M1)

Keputusan

Keputusan Sarjana Teknik Geodesi S-1

[Handwritten signature]

(M. Sidiq [Jabatan] ST... M1)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 4176 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI SEMINAR HASIL SKRIPSI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : HANDRI SIDABUTAR
NIM : 12.25.083
JURUSAN : TEKNIK GEODESI
**JUDUL : PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
MEMPREDIKSI POTENSI WILAYAH DAMPAK ERUPSI GUNUNG
SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVAKUASI (Study Kasus:
Kab.Lumajang, Jawa Timur)**

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 (S-1)

Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 4 Februari 2017
Dengan nilai : _____ (angka)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Silvester Sari Sai, ST, MT)

Penguji I

(Hery Purwanto, ST, M,sc)

Dosen Pendamping

(D.K. Sunaryo, ST, MT)

Penguji II

(Bagus Subakti, ST,M.Eng)



FACULTAS TEKNIK SINDI DAN PERENCANAAN

Tempat dan tanggal pelaksanaan: ...

BERITA ACARA GUGAT KRIPSI (SINDI) DAN PERENCANAAN

- NAMA : HANTRI SUDABTER
- NIM : 1225083
- UJIAN : TEKNIK GUGURSI
- REVISI : PERENCANAAN SISTEM INFORMASI GUGURSI BENTUK
- MEMERIKAKAN POTENSI PELAYANAN BENTUK GUGURSI
- SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVALUASI (SINDI) PERENCANAAN
- (Sindri, Perencanaan, dan Sistem Informasi)

Telah Dipertahankan di hadapan Panitia Penguji tanggal ...

Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 4 Februari 2017
Dengan nilai : ...

Panitia Penguji
Kampus

(Sindri, Perencanaan, dan Sistem Informasi)

Pengetahui I (Hery Purwanto, ST, MT)
Dosen Pembimbing (D.K. Sumantri, ST, MT)
Pengetahui II (Ragus Zubain, ST, MT)

**PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
MEMPREDIKSI POTENSI WILAYAH DAMPAK ERUPSI GUNUNG
SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVAKUASI
(Study Kasus : Kab.Lumajang)**

Handri Sidabutar 1225083

Dosen Pembimbing I : D.K Sunaryo, ST., MT.

Dosen Pembimbing II : Silvester Sari Sai, ST., MT.

Teknik Geodesi-S1 ITN Malang

Abstraksi

Wilayah Kabupaten Lumajang terletak di dataran rendah di antara pegunungan Bromo Tengger dengan Argopuro di bagian Selatan pulau Jawa bagian Timur. Terdapat dua gunung api aktif di Kabupaten Lumajang ini yaitu G. Lamongan dan G. Semeru yang mempunyai ketinggian Puncak Mahameru 3676 m dpl. Dari peta Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi untuk prediksi wilayah dampak erupsi gunung semeru dapat memberikan informasi terhadap tingkat potensi erupsi gunung semeru yang, jika terjadi bencana letusan Gunungapi Semeru maka masyarakat yang tinggal di daerah sekitar bencana erupsi dapat mengantisipasi korban jiwa maupun kerugian yang diakibatkan dampak erupsi, terutama G. Semeru terutama di 5 Kecamatan karena berada di kaki G. Semeru. Kecamatan yang memiliki tingkat potensi erupsi gunung semeru adalah Kecamatan Candipuro luas potensi dampak erupsi 8,5896 (Ha) , Pasirian luas potensi dampak erupsi 1,5083 (Ha), Pasrujambe luas potensi dampak erupsi 4,6344 (Ha), Pronojiwo luas wilayah dampak erupsi 54,5164 (Ha), Tempursari luas potensi dampak erupsi 14,6524 (Ha). Solusi jalur evakuasi berada dikecamatan Candipuro berada di Desa Sumbermujur ada 3 (dua) jalur, Desa Sumberwuluh ada 2 Jalur, Dusun Sumber urip ada 2 (dua) jalur, Dusun Sumber sari. Untuk Kecamatan Pronojiwo ada 3 (tiga) jalur berada di desa Pronojiwo dengan panjang jalur.

Kata kunci : *Erupsi, Gunung Semeru, Potensi Dampak Erupsi, Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis.*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Handri Sidabutar

NIM : 12.25.083

Program Studi : Teknik Geodesi S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

**“PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK
MEMPREDIKSI POTENSI WILAYAH DAMPAK ERUPSI GUNUNG
SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVAKUASI”**

Adalah hasil karya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadar hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, Februari 2017

Yang membuat pernyataan



Handri Sidabutar

NIM : 12.25.083



LEMBAR PERSEMBAHAN

Karena Tuhanlah yang memberikan hikmat, dari mulut-Nya datang pengetahuan dan kepandaian (Amsal 2:6).

Berdoalah yang banyak agar hati tenang, Taburlah yang banyak agar menuai banyak, Bertanyalah yang banyak agar ilmu bertambah, Bacalah yang banyak agar jadi lebih bijak, Lihatlah yang banyak agar tambah pengalaman, Dengarlah yang banyak agar penuh pertimbangan, Kerjalah yang banyak agar tidak kekurangan.

“Karena apa yang ditabur orang, itu juga yang akan dituainya”

(Galatia 6:7)

Kupersembahkan Skripsi ini kepada :

- Oma Dohot Bapa yang telah memberikan segalanya buat anak-Mu ini, tanpa doa dan dukungan serta kerja keras kalian saya tidak bisa mencapai semua ini.
- Abang, Adek-adek yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
- Sanak Keluarga, Kak Oce, Kak Noni yang selalu memberi semangat
- Epen'k-HMKP yang selalu siap membantu dalam survei lapangan.
- Cristian Nuel dan kawan-kawan yang telah banyak memberikan semangat dan dukungan, serta ilmu pengetahuan dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
- Teman-Teman Geodesi khususnya angkatan 2012 dan teman-teman Ekstensi yang selalu memberikan semangat dan dukungan doa.
- Saudara-saudara HIMAKPA ITN Malang

“HORAS”



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penelitian berjudul **Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Memprediksi Potensi Wilayah Dampak Erupsi Gunung Semeru Dan Solusi Jalur Evakuasi** dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan pada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr.Ir. Nusa Sebayang, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi ITN Malang.
4. Bapak Dedy Kurnia Sunaryo, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan masukan-masukan yang membangun serta waktunya dalam penulisan penelitian skripsi.
5. Bapak Silvester Sari Sai, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah banyak membantu dalam penulisan penelitian skripsi.
6. Seluruh Staf dan Karyawan Teknik Geodesi ITN Malang yang telah membantu kelancaran pada proses pelaksanaan penelitian skripsi.
7. Orang tua yang memberikan doa dan dukungan dalam penulisan penelitian skripsi.
8. Seluruh teman-teman yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan penelitian skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan penelitian Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, 02 Februari 2017

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Handri Sidabutar', with a horizontal line extending to the left.

Handri Sidabutar
NIM 1225083

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
I.4. Batasan Masalah	3
I.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II. DASAR TEORI	
II.1. Definisi Erupsi Gunung Api.....	5
II.2. Jenis-jenis Erupsi.....	7
II.3. Tentang Gunung Semeru	9
II.3.1. Sejarah Letusan Gunung Semeru	11
II.4. Karakter Erupsi Gunung Semeru	14
II.5. Sistem Informasi Geografis (SIG).....	15
II.5.1. Subsistem pada Sistem Informasi Geografis (SIG).....	17
II.5.2. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG).....	19
II.5.3. Kemampuan SIG	20
II.5.4. Model Data SIG	21
II.5.5. Jenis-jenis Data Sistem Informasi Geografis (SIG)	24
II.5.6. Sumber Data SIG	26
II.5.7. Analisis Spasial Sistem Informasi Geografis (SIG).	27

II.6 Basis Data.....	32
II.6.1. Sistem Manejemen Basis Data (DBMS).....	33
II.6.2. Pemodelan Data	34
II.6.3 Model Entity Relationship.....	35
II.7. Kartografi	37
II.8. Penentuan Skoring untuk Daerah potensi Erupsi Gunung Semeru	45
II.9. Network Analisis	48
II.10. Jalur Evakuasi.....	49

BAB III. METODELOGI PENELITIAN

III.1. Gambaran Lokasi Penelitian	51
III.2. Data dan Alat Penelitian	52
III.2.1. Data Penelitian	52
III.2.2. Alat Penelitian.....	53
III.3. Langkah-langkah Pekerjaan	53
III.3.1. Pengumpulan dan Pemilihan Data	53
III.3.2. Diagram Alir Penelitian	54
III.4. Basis Data	56
III.5. Proses Pengolahan Data	62
III.5.1. Proses Pengolahan Data Kawasan Bencana Erupsi	62
III.5.2. Proses <i>Network Analyst</i> Untuk Jalur Evakuasi	70
III.5.3. Penyajian Hasil Peta (<i>Layout Peta</i>)	78

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil Penelitian	80
IV.1.1. Hasil Penelitian Kawasan Potensi Rawan Erupsi.....	80
IV.2. Parameter Identifikasi Daerah Rawan longsor	87
4.2.1. Penentuan Solusi Jalur Evakuasi	87

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan	93
V.2. Saran	94

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Instrusi/ekstrusi magma</i> Gunung Semeru	6
Gambar 2.2 Erupsi Gunung Semeru	10
Gambar 2.3 Peta Geologi Gunung Api Semeru, Jawa Timur	15
Gambar 2.4 Sistem Informasi Geografis.....	17
Gambar 2.5 Subsistem SIG	18
Gambar 2.6 Uraian Subsistem SIG	19
Gambar 2.7 Komponen SIG.....	19
Gambar 2.8 Model data <i>Vektor</i> dan <i>Raster</i>	21
Gambar 2.9 Contoh Data Spasial dan Data Atribut	25
Gambar 2.10 Sumber Data SIG	26
Gambar 2.11 Klasifikasi data	27
Gambar 2.12 Jaringan <i>Network Analysis</i>	28
Gambar 2.13 <i>Analysyst Overlay</i>	28
Gambar 2.14 <i>Union</i>	29
Gambar 2.15 <i>Intersect</i>	29
Gambar 2.16 <i>Buffering</i>	30
Gambar 2.17 <i>3D Analysis</i>	30
Gambar 2.18 Analisa Data	32
Gambar 2.19 Pemodelan Data Pada Fungsi Dasar Dari <i>The WadBOS</i>	34
Gambar 2.20 Skala Garis Pada Peta.....	41
Gambar 2.21 Legenda Peta	41
Gambar 2.22 Contoh Orientasi (tanda arah) Utara	42
Gambar 2.23 Simbol Titik	42
Gambar 2.24 Simbol Garis.....	43
Gambar 2.25 Simbol Area.....	43
Gambar 2.26 Contoh Gradasi Warna Kelerengan.....	44
Gambar 2.27 Garis Tepi Peta.....	44
Gambar 3.1 Peta Administrasi Daerah Penelitian.....	51
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	54

Gambar 3.3 Diagram <i>Obligatory/ non Obligatory</i>	57
Gambar 3.4 Diagram Entity Relationship.....	58
Gambar 3.5 Proses Menginput <i>File</i>	62
Gambar 3.6 Tampilan Data Spasial Penggunaan Lahan di <i>Arcgis</i>	62
Gambar 3.7 Tampilan Atribut Tabel	63
Gambar 3.8 Proses membuat <i>Colom Field</i>	63
Gambar 3.9 <i>Star Editing</i>	64
Gambar 3.10 <i>Editing</i> Nilai Skor	64
Gambar 3.11 <i>Stop Editing</i>	64
Gambar 3.12 Gambar Hasil Buffer Sungai.....	66
Gambar 3.13 Proses Overlay.....	67
Gambar 3.14 Hasil Overlay.....	67
Gambar 3.15 Proses Perhitungan Skor	68
Gambar 3.16 Simbolisasi Data Spasial	69
Gambar 3.17 Hasil Klasifikasi Data Untuk Potensi Bahaya Erupsi	69
Gambar 3.18 Proses Pembuatan <i>Geodatabase</i>	70
Gambar 3.19 Proses <i>Projected Coordinate Systems</i>	71
Gambar 3.20 Proses <i>Input Features</i>	71
Gambar 3.21 Proses <i>Planarize Line</i>	72
Gambar 3.22 Proses <i>New Network Dataset</i>	73
Gambar 3.23 Hasil <i>Network Database</i>	73
Gambar 3.24 Proses <i>Network analyst</i>	74
Gambar 3.25 Proses <i>Analysist Window</i>	75
Gambar 3.26 Proses <i>Route Properties</i>	75
Gambar 3.27 Hasil <i>Route Optimal</i> dari <i>Analyst Network</i>	76
Gambar 3.28 Jalur Evakuasi Bappeda	77
Gambar 3.29 Editing Tabel Pada Solusi Jalur Evakuasi	78
Gambar 3.30 Hasil <i>Layout</i> Peta KRB dan Solusi Jalur Evakuasi	79
Gambar 4.1 Peta Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan.....	81
Gambar 4.2 Peta Hasil Klasifikasi Kelerengan	82
Gambar 4.3 Hasil Klasifikasi Peta Geologi	83
Gambar 4.4 Hasil Klasifikasi Peta Daerah Aliran Sungai	84

Gambar 4.5 Peta Hasil Kawasan Erupsi Gunung Semeru	87
Gambar 4.6 Jembatan Kecamatan Pronojiwo	88
Gambar 4.7 Jalur Evakuasi Kecamatan Candipuro.....	89
Gambar 4.8 Titik Kumpul Kecamatan Candipuro	89
Gambar 4.9 Titik Pengungsian Kecamatan Supiturang	90
Gambar 4.10 Hasil <i>Analisis Network</i>	91
Gambar 4.11 Peta Hasil Jalur Evakuasi	94



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana (*hazard*) adalah suatu peristiwa di alam atau di lingkungan buatan manusia yang berpotensi merugikan kehidupan manusia, harta, benda atau aktivitas bila meningkat menjadi bencana. Perlunya kesadaran bahwa, negara Republik Indonesia termasuk negara kepulauan yang aktif tektonik, aktif vulkanik, beriklim tropis basah, berpenduduk padat dengan berbagai suku bangsa, sehingga tidak pernah luput dari risiko terhadap bencana baik bencana alam maupun bencana akibat ulah manusia. Dengan kata lain, di mana saja dan kapan saja masyarakat di Indonesia selalu menghadapi risiko bencana, baik gempa bumi, letusan gunungapi, tsunami, longsor, banjir, kekeringan, angin ribut, kebakaran hutan, dan kerusakan antar etnik. Masing-masing jenis bencana tersebut mempunyai tingkat kerawanan dan mengakibatkan korban jiwa dan kerugian harta yang tidak sedikit.

Berbagai peristiwa bencana yang terjadi telah menimbulkan kerugian harta benda dan korban jiwa dalam jumlah tidak sedikit. Keadaan ini menunjukkan bahwa risiko bencana alam di Indonesia masih cukup tinggi. Selain karena banyaknya jenis bahaya yang mengancam, risiko bencana juga disebabkan karena semakin meningkatnya jumlah manusia yang rentan terhadap ancaman bencana serta masih rendahnya kemampuan masyarakat dalam menghadapi bencana (Sudibyakto, 2007; Lavigne, 2010)

Penyediaan data dan informasi geospasial untuk mendukung analisa risiko bencana, merupakan satu langkah lebih lanjut dari penentuan tingkat kerawanan bencana. Daerah yang tingkat kerawanan terhadap satu jenis bencana tinggi, belum tentu mempunyai tingkat risiko yang tinggi, karena penduduknya jarang atau aktivitas ekonominya rendah. Sedangkan daerah yang tingkat kerawanan terhadap satu jenis bencana sedang hingga rendah, kemungkinan mempunyai tingkat risiko yang tinggi karena daerahnya padat penduduk dengan berbagai aktivitas ekonomi yang strategis.

Sistem Informasi Geografis (GIS) terbukti mampu menyediakan informasi data geospasial setiap objek dipermukaan bumi secara cepat. Sekaligus menyediakan sistem analisa keruangan yang akurat. Peta potensi wilayah dampak erupsi Gunung Semeru ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk membantu penanganan bencana alam secara cepat sehingga meminimalkan korban dan kerugian harta benda akibat bencana, terutama dalam menentukan atau mengarahkan daerah yang diprioritaskan untuk segera ditangani. Selain itu, siapapun dapat menggunakan informasi tersebut untuk mengantisipasi dampak bencana baik untuk respon darurat, pemulihan pasca bencana, penetapan strategi mitigasi bencana, ataupun perencanaan penggunaan lahan yang komprehensif dan menggabungkannya dengan pembangunan berkelanjutan.

Indonesia adalah negeri yang rawan bencana geologis gempa bumi, tanah longsor, erupsi gunung api, dan tsunami. Salah satunya adalah erupsi gunung semeru yang merupakan erupsi bencana yang sering terjadi di daerah kabupaten lumajang. Aktivitas vulkanik gunung semeru di lumajang jawa timur mulai meningkat. Peningkatan aktifitas gunung tertinggi di pulau jawa ini ditandai dengan jumlah gempa tremor yang sering terjadi dalam kurun waktu satu bulan terakhir. Informasi dari pos pemantauan gunung semeru di gunung sawur desa sumber wuluh Kecamatan candipuro, guguran lava terlihat dalam renggang waktu 15 hingga 20 menit. Jika magma yang membentuk kubah lava dan makin membesar dipuncak, dikawatirkan bila ada tekanan dari dapur magma akan terjadi awan panas. Jika terjadi awan panas, maka kemungkinan akan sampai ke pemukiman penduduk. Untuk mengantisipasi adanya korban jiwa ataupun kerugian material maka diperlukan adanya informasi tentang daerah yang berpotensi terkena dampak erupsi dan solusi untuk jalur evakuasi maupun titik kumpul/pengungsian.

Dengan latar belakang diatas, maka penulis berkeinginan untuk membuat peta wilayah erupsi dan jalur evakuasi dengan memanfaatkan system informasi geografis dengan judul penelitian "PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MEMREDIKSI POTENSI WILAYAH DAMPAK ERUPSI GUNUNG SEMERU DAN SOLUSI JALUR EVAKUASI".

1.1 Rumusan Masalah

Bencana erupsi gunung api sering terjadi di Indonesia, termasuk erupsi Gunung Semeru yang berada di kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Akan tetapi belum adanya informasi secara visual tentang sebaran daerah yang termasuk kedalam kawasan bencana erupsi dan jalur evakuasi membuat proses penanggulangan berjalan kurang efektif. Untuk itu perlu adanya Peta informasi untuk mengetahui wilayah yang berpotensi terkena dampak erupsi gunung semeru dan solusi jalur evakuasi.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi wilayah-wilayah yang menjadi dampak erupsi Gunung Semeru khususnya di wilayah Lumajang, sehingga dapat dibuat peta wilayah potensi dampak erupsi Gunung Semeru dan solusi jalur Evakuasi.

1.2.2 Manfaat

Peta potensi wilayah dampak erupsi Gunung Semeru ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk membantu penanganan bencana alam secara cepat sehingga meminimalkan korban dan kerugian harta benda akibat bencana, terutama dalam menentukan atau mengarahkan daerah yang diprioritaskan untuk segera ditangani. Selain itu, siapapun dapat menggunakan informasi tersebut untuk mengantisipasi dampak bencana baik untuk respon darurat, pemulihan pasca bencana, penetapan strategi mitigasi bencana.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan dengan tidak menyimpang dari inti pembahasan, dan penelitian ini hanya berada di daerah kaki semeru kabupaten lumajang yang berpotensi terkena dampak erupsi dan penelitian ini difokuskan pada pembuatan peta daerah rawan erupsi dan jalur evakuasi gunung semeru di Kab.Lumajang jawa timur.

1.4 Sistematika Penulisan

Penelitian ini ditulis dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN** : Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.
2. **BAB II DASAR TEORI** : Bab ini menjelaskan dasar teori baik dari buku-buku ilmiah, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dan mendukung penelitian ini.
3. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN** : Bab ini berisi data dan peralatan penelitian, metodologi yang digunakan dalam penelitian serta tahapan-tahapan penelitian.
4. **BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN** : Bab ini menjelaskan tentang hasil dari pelaksanaan penelitian sehingga dapat diketahui apa saja yg diperoleh dalam penelitian.
5. **BAB V KESIMPULAN dan SARAN** : Bab ini berisi uraian singkat tentang kesimpulan dan hasil pembahasan penelitian serta saran-saran untuk perbaikan atau pengembangan pada penelitian selanjutnya.



BAB II

DASAR TEORI

II.1. Definisi Erupsi Gunung Api

Gunung Api merupakan bentuk yang dihasilkan oleh magma yang muncul ke permukaan bumi (Bronto 2006). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, Erupsi di definisikan sebagai letusan gunung berapi atau semburan sumber minyak dan uap panas dari dalam bumi. Erupsi dapat dibedakan menjadi dua bagian yakni Erupsi Letusan (*Explosive Eruption*) dan Erupsi Non-letusan (*Non-explosive Eruption*). Jenis erupsi yang terjadi dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kekentalan magma, kandungan gas di dalam magma, pengaruh air tanah serta kedalaman dapur magma (*magma chamber*). Pada jarak 1-6 km, medan yang menghadapi bahaya aliran lava, abu dan gas mengalir, bahan piroklastik jatuh, aliran piroklastik yang meluncur hingga jarak 9 km dan lava mengalir diangkut sampai dengan jarak 20 km dari pusat erupsi (Verstappen, 2013; Sutikno et.al, 2007; Marfai et.al, 2012; Bronto, 2006). Gunung Api memiliki karakteristik magma kental yang berasal dari dapur magma di kedalaman antara yang didorong ke atas. Karakteristik magma termasuk asimilasi dengan berbagai jenis batuan di daerah sekitar Gunung Merapi memberikan efek pada proses dinamika vulkanisme yang terjadi seperti efek pada letusan yang cenderung eksplosif dan memproduksi berbagai jenis bahaya (Sutikno et.al 2007 dan Borisova et.al 2013).

Gunung api terbentuk dari magma, yaitu batuan cair yang terdapat di dalam bumi. Magma terbentuk akibat panasnya suhu di dalam interior bumi. Pada kedalaman tertentu, suhu panas ini sangat tinggi sehingga mampu melelehkan batuan di dalam bumi. Saat batuan ini meleleh, dihasilkanlah gas yang kemudian bercampur dengan magma. Berikut merupakan salah satu bentuk erupsi gunung api yang terjadi di gunung api Semeru.



Gambar 2.1 *Instrusi/ekstrusi magma* Gunung Semeru (sumber:jaybodyinside)

Erupsi gunung berapi terjadi jika ada pergerakan atau aktivitas magma dari dalam perut bumi menuju ke permukaan bumi. Kegiatan Gunung Merapi dicirikan oleh perulangan antara kegiatan eksplosif dan efusif. Kegiatan ledakan dalam bentuk aliran piroklastik, sementara kegiatan berlebihan dalam bentuk aliran lava, dan pembentukan kubah lava yang menghasilkan Awan Panas (*Nuee Ardente*) dilongsoran Merapi Jenis. Selama ini, letusan Gunung Merapi cenderung mengarah ke sisi barat atau barat daya (Andreastuti et.al 2006; Sudradjat et.al, 2010; Putra et.al, 2011; Sudibyakto, 2011a).

- A. **Erupsi *Eksplusif*** adalah proses keluarnya magma, gas atau abu disertai tekanan yang sangat kuat sehingga melontarkan material padat dan gas yang berasal dari magma maupun tubuh gunung api ke angkasa. Erupsi eskplusif inilah yang terkenal sebagai letusan gunung berapi. Letusan ini terjadi akibat tekanan gas yang teramat kuat. Contoh *erupsi eksplosif* adalah letusan gunung Krakatau, letusan gunung Merapi, dll.
- B. **Erupsi *Efusif (Non Eksplosif)*** yaitu peristiwa keluarnya magma dalam bentuk lelehan lava. Erupsi elusif terjadi karena tekanan gas magmatiknya tidak seberapa kuat, sehingga magma kental dan pijar dari lubang kepundan hanya

tumpah mengalir ke lereng-lereng puncak gunung itu. Contoh *erupsi efusif* adalah erupsi gunung semeru, erupsi gunung merapi, dll.

Erupsi *efusif* yang rutin dapat mencegah terjadinya erupsi *eksplosif*. Hal ini karena dengan keluarnya lelehan lava, maka tekanan dalam perut bumi akan berkurang. Beberapa gejala terjadinya letusan gunung berapi adalah terhentinya erupsi efusif yang rutin. Contohnya erupsi efusif di gunung semeru. Para penduduk sekitar percaya, bahwa selama *Lava* masih keluar dari kepundan gunung semeru secara rutin maka kemungkinan gunung semeru akan meletus adalah sangat kecil. Tapi begitu erupsi efusif tidak terjadi, maka situasi akan di naikan menjadi siaga.

Magma yang keluar dari dalam perut gunung berapi ada yang melalui lubang kepundan ada pula yang keluar melalui celah. Kuat dan lemahnya tekanan saat terjadi letusan akan menghasilkan *bentuk lubang letusan* yang berbeda.

II.2. Jenis jenis Erupsi

Jika tekanan dari berbagai macam gas yang dikandung magma di dalam litosfer sudah sangat kuat, akan keluar ke permukaan Bumi. Jenis-Jenis erupsi dibedakan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu sebagai berikut (Sutikno et.al 2007 dan Borisova et.al 2013).

A. Jenis-jenis Erupsi Berdasarkan sifatnya erupsi dapat dibedakan:

1. Erupsi eksplosif (letusan), terjadi apabila letak dapur magma dalam, volume gas besar, sifat magma asam. Material yang dikeluarkan adalah piroklastik dengan kandungan SiO_2 tinggi, misalnya bongkah, bom, lapili, pasir, debu dan abu. Bentuk volkan adalah sharp cone.
2. Erupsi Effusif (lelehan), terjadi karena letak dapur magma dangkal, volume gas kecil, sifat magma basa. Material yang dikeluarkan berupa lava dengan kandungan SiO_2 kecil. bentuk volkan yang dihasilkan adalah rounded cone. Erupsi campuran, terjadi karena adanya variasi letak dapur magma, volume gas dan sifat magma yang tidak asam dan tidak basa (intermidier). Sebagian besar erupsi volkan di Indonesia bertipe campuran dengan material

intermidier yang cenderung basa. Bentuk volkan yang dihasilkan adalah strato (kerucut).

B. Berdasarkan bentuk dan lokasi kepundan tempat keluarnya magma, erupsi dibedakan:

1. Erupsi celah/linier (Fissure eruption), terjadi melalui retakan/celah batuan kerak bumi. Contoh: Plato Dekan di India tertutup lava dengan ketebalan rata-rata 667 meter, meliputi luas 5×10^5 km² sebagai akibat erupsi celah.
2. Erupsi areal (Areal Eruption), terjadi karena dinding atas/atap batholith runtuh sehingga magma keluar ke permukaan meliputi daerah yang luas. Proses ini sering disebut de roofing karena prosesnya menimpa bagian atap batholith. Contoh: Gunung api lumpur di Sumatra Selatan.
3. Erupsi pusat/Puncak (Central eruption/Pipe eruption/Summit eruption), terjadi melalui pipa kepundan, pada umumnya berlangsung singkat. Apabila magma agak kental/kental kadang-kadang pipa kepundann tersumbat oleh magma yang membeku, disebut sumbat lava (lava plug). sumbat lava tersebut akan menghalangi keluarnya magma. Gas-gas yang menyertai magma menyusun kekuatan di bawahnya, dan apabila sudah cukup kuat sumbat lava didobrak ke atas sehingga terjadi erupsi berikutnya. Kadang-kadang sumbat lava itu sangat kuat sehingga magma mencari jalan lain, menerobos batuan yang lebih lemah dan terbentuk kepundan baru. Sebagian besar volkan di dunia mempunyai tipe erupsi pusat ini.

C. Berdasarkan penyebabnya erupsi dapat digolongkan menjadi 4 tipe, yaitu:

1. Erupsi magma (Magmatic eruption) yaitu erupsi yang dihasilkan langsung dari magma.
2. Hidro erupsi (Hydro eruption) adalah erupsi yang disebabkan oleh uap yang berasal dari pemansan air di luar magma.

II.3.1. Sejarah Letusan Gunung Semeru

Sejarah letusan G. Semeru tercatat mulai 1818, urutan kegiatan dibawah ini dikutip dari Data Dasar Gunungapi Indonesia dengan beberapa penambahan. Berikut Sejarah Letusan Gunungapi Semeru yang sangat sering memperlihatkan peningkatan aktifitasnya seperti terlihat dalam tabel di bawah ini (ditampilkan dari tahun 2002).

Tabel 2.1. Sejarah Letusan Gn.Semeru, Kabupaten Lumajang (Sumber: *BPBD Kab.Lumajang*)

Tahun Kejadian	Keterangan
2002	<p>A. 11 Maret 2002 status Gunungapi Semeru dinaikkan dari “Aktif Normal” menjadi “Waspada” sehubungan dengan adanya peningkatan jumlah gempa-gempa vulkanik dangkal maupun dalam sejak Januari 2002 dan mencapai puncaknya di bulan April 2002, masing-masing 10 dan 57 kali.</p> <p>B. Terjadi peningkatan gempa tremor harmonis serie pertama di bulan Maret 2002 sampai dengan Juni 2002. Guguran lava pijar pun ikut meningkat secara tajam sejak April 2002 (610 kali) hingga Agustus 2002 (484 kali), namun sejak September hingga Desember 2002 menunjukkan penurunan (93-151 kali) kembali.</p> <p>C. Penurunan guguran lava pijar digantikan oleh kemunculan aliran awan panas yang cukup signifikan di bulan Desember 2002, yang mengikuti munculnya kembali serie kedua gempa-gempa tremor harmonis sejak Agustus 2002. Gempa-gempa tremor harmonis ini mencapai puncaknya di bulan Desember 2002, dan sampai tanggal 3 Januari 2003 telah terjadi beberapa kali gempa tremor harmonis dengan amplitudo maksimum mencapai 4 mm.</p> <p>D. 23 Desember 2002 terjadi 8 kali letusan di kawah utama.</p> <p>E. 25 Desember 2002 terjadi 1 kali letusan.</p>

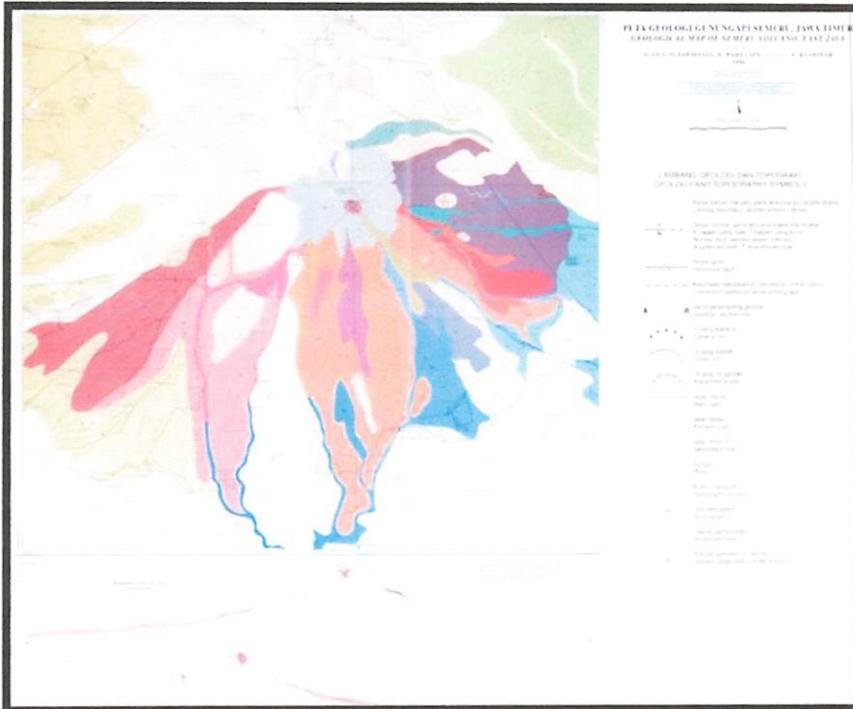
Tahun Kejadian	Keterangan
	<p>F. 26 dan 27 Desember 2002 terjadi juga letusan di kawah utama masing-masing 7 dan 8 kali, yang diikuti oleh guguran lava pijar memasuki bagian hulu Besuk Kembar sejauh 250 meter pada tanggal 27 Desember 2002.</p> <p>G. 29 Desember 2002 terjadi letusan di kawah utama sebanyak 7 kali.</p>
	<p>H. 30 November 2002 awan panas guguran berjarak 5000 meter memasuki bagian hulu Besuk Bang. Awan panas berikut terjadi pada tanggal 13 Desember memasuki bagian hulu Besuk Bang dengan jarak luncur 5000 meter. Pada tanggal 16 Desember 2002 awan panas guguran kembali memasuki bagian hulu Besuk Kembar sejauh 4000 meter. Awan panas berikutnya terjadi pada tanggal 25 Desember 2002 memasuki bagian hulu Besuk Kobokan sejauh 5000 meter. Pada tanggal 28 Desember dua kali aliran awan panas guguran (17:26 dan 17:30) memasuki bagian hulu Besuk Kobokan, masing-masing sejauh 4000 meter.</p>
	<p>I. Pukul 19:00 tanggal 29 Desember 2002 satu seri aliran awan panas guguran turun memasuki Besuk Bang sejauh 9000 meter mendekati dusun Supit Timur di sisi barat Besuk Bang, dan dusun Rawabaung di sisi timur Besuk Bang, masing-masing di ketinggian 750 meter dpl. Dusun Supit Timur terletak di punggung yang terjepit di pertemuan antara sungai Besuk Bang dan Besuk Supit.</p> <p>J. Aliran awan panas berikutnya terjadi pada tanggal 30 Desember 2002 pukul 07:20 memasuki Besuk Bang sejauh 2000 meter, dan kembali pada pukul 10:00 awan panas guguran memasuki Besuk Bang sejauh 2000 meter.</p>

Tahun Kejadian	Keterangan
	<p>K. Pada tanggal 29 Desember 2002 dari pukul 17:00 s/d pukul 21:00, seismograf di Pos Pengamatan Gunungapi Semeru di Gunung Sawur, mencatat pula adanya gempa banjir yang diperkirakan memasuki Besuk Bang, dan Besuk Kembangan.</p> <p>L. Sejauh ini tidak terjadi korban jiwa maupun kerusakan rumah atau fasilitas umum baik di dusun Supit Timur maupun di dusun Rawabaung. Pagi hari tanggal 30 Desember 2002, Dusun Supit Timur telah dikosongkan oleh sebagian penduduknya, terutama anak-anak dan orang tua berusia lanjut. Para pemuda dan lelaki dewasa lainnya tetap berjaga-jaga di malam hari demi keamanan dusun tersebut secara keseluruhan.</p>
2004	20 Januari 2004 terjadi Awan panas guguran yang masuk ke Besuk Bang sejauh 2500 m kemudian pada tanggal 7 oktober kembali terjadi awan panas dengan jarak luncur 1000 m ke Besuk Bang. Awan panas terjadi dengan frekwensi lebih banyak pada bulan November dan desember dengan jarak luncur antara 1000 – 3000 m menuju Besuk Bang.
2005	29 Desember 2005 terjadi Awan panas guguran yang masuk ke Besuk Bang sejauh masing-masing 1000, 1500 dan 2500 m.
2007	15 Nopember 2007 terjadi awan panas guguran yang masuk ke Besuk Bang sejauh 1000 meter.
2008	A. 15 Mei 2008 terjadi guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap dengan ketinggian \pm 600 m. Arah awan panas ke Besuk Bang dengan jarak luncur 2500 m.

Tahun Kejadian	Keterangan
	<p>B. 17 Mei 2008 terjadi guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap dengan ketinggian \pm 500 m. Arah awan panas ke Besuk Bang dengan jarak luncur 2000 m.</p> <p>C. 18 Mei 2008 terjadi 3x guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap dengan ketinggian 500 – 600 m. Arah awan panas ke Besuk Bang dengan jarak luncur 500, 1500, dan 2500 m.</p>
	<p>D. 19 Mei 2008 terjadi guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap. Arah awan panas ke Besuk Bang dengan jarak luncur 1500 m.</p> <p>E. 21 Mei 2008 terjadi 6x guguran awan panas. Arah awan panas ke Besuk Bang, Besuk kembar dan Besuk Kobokan dengan jarak luncur 1000 – 3000 m.</p>
	<p>F. 22 Mei 2008 terjadi 4x guguran awan panas. Arah awan panas ke Besuk Kobokan dengan jarak luncur 2500 m.</p>

II.4. Karakter Erupsi Gunung Semeru

Pusat aktifitas Gunung Semeru berada di Kawah Jonggring Saloko yang terletak disebelah tenggara puncak Mahameru. Erupsi Gunung Semeru umumnya erupsi abu bertipe Vulkanian dan Strombolian yang terjadi 3-4 kali setiap jam. Erupsi tipe Vulkanian dicirikan dengan erupsi eksplosif yang kadang-kadang menghancurkan kubah dan lidah lava yang telah terbentuk sebelumnya. Selanjutnya terjadi erupsi bertipe Strombolian yang diikuti dengan pembentukan kubah dan lidah lava baru. Pada saat terjadi erupsi eksplosif umumnya diikuti oleh terjadinya aliran awan panas yang mengalir kelembah-lembah sesuai dengan bukaan kawah Gunung Semeru. Arah bukaan kawah Gunung Semeru saat ini mengarah kearah tenggara atau mengarah ke Hulu Besuk Kembar (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi).



Gambar 2.3 Peta Geologi Gunung Api Semeru, Jawa Timur (Sumber:PVMBG)

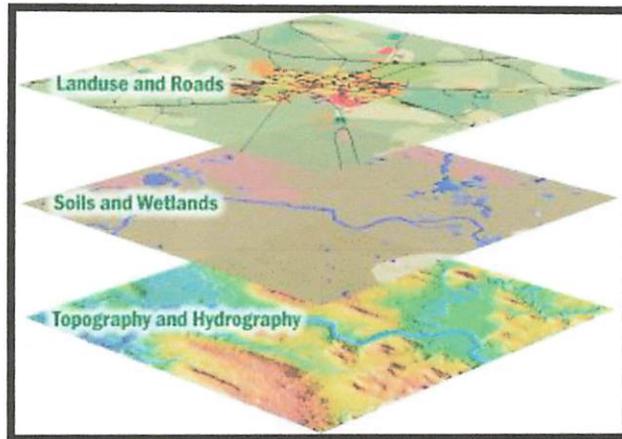
II.5. Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG (Sistem Informasi Geografis) adalah Salah satu model informasi yang berhubungan dengan data spasial (keruangan) mengenai daerah-daerah di permukaan bumi. Berikut adalah beberapa definisi SIG menurut para ahli:

- A. Marbel et al (1983), SIG merupakan sistem penanganan data keruangan.
- B. Burrough (1986), SIG adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk memasukan, menyimpan, mengelola, menganalisis dan mengaktifkan kembali data yang mempunyai referensi keruangan untuk berbagai tujuan yang berkaitan dengan pemetaan dan perencanaan.
- C. Berry (1988), SIG merupakan sistem informasi, referensi internal, serta otomatisasi data keruangan.
- D. Aronoff (1989), SIG adalah suatu sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data,

manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (output). Hasil akhir (output) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

- E. Gistut (1994), SIG adalah sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG yang lengkap mencakup metodologi dan teknologi yang diperlukan yaitu data spasial, perangkat keras, perangkat lunak dan struktur organisasi.
- F. Chrisman (1997), SIG adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia (brainware), organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi-informasi mengenai daerah-daerah di permukaan bumi.
- G. Menurut Eddy Prahasta (2009:110) bahwa "SIG merupakan sejenis perangkat lunak, perangkat keras (manusia, prosedur, basis data dan fasilitas jaringan komunikasi) yang dapat digunakan untuk memfasilitasi proses pemasukan, penyimpanan, manipulasi, menampilkan dan keluaran data/informasi geografis berikut atribut-atribut terkait".
- H. Menurut Andree Ekadinata et al (2008:2) bahwa SIG adalah "sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisa, serta menyajikan data dan informasi dari suatu objek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi".



Gambar 2.4 Sistem Informasi Geografis (Sumber: <http://valdirock.blogspot.co.id/>)

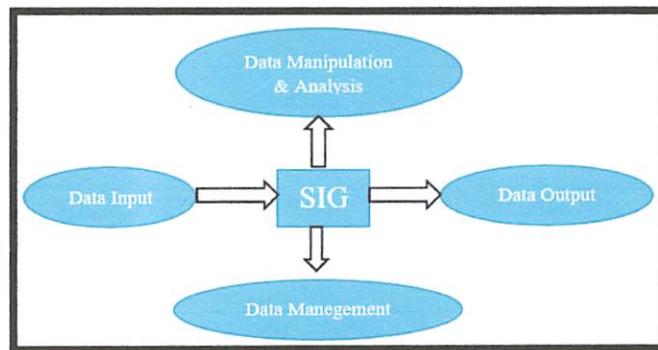
Berdasarkan beberapa pengertian di atas, maka SIG dapat berfungsi sebagai bank data terpadu, yaitu dapat memandu data spasial dan non spasial dalam suatu basis data terpadu. Sistem modelling dan analisa dapat digunakan sebagai sarana evaluasi potensi wilayah dan perencanaan spasial. Sistem pengelolaan yang bereferensi geografis, berguna untuk mengelola operasional dan administrasi lokasi geografis. SIG juga berguna sebagai sistem pemetaan komputasi yang dapat menyajikan suatu peta yang sesuai dengan kebutuhan.

II.5.1. Subsistem pada Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut Eddy Prahasta (2009:118) bahwa SIG dapat diuraikan menjadi beberapa sub-sistem berikut:

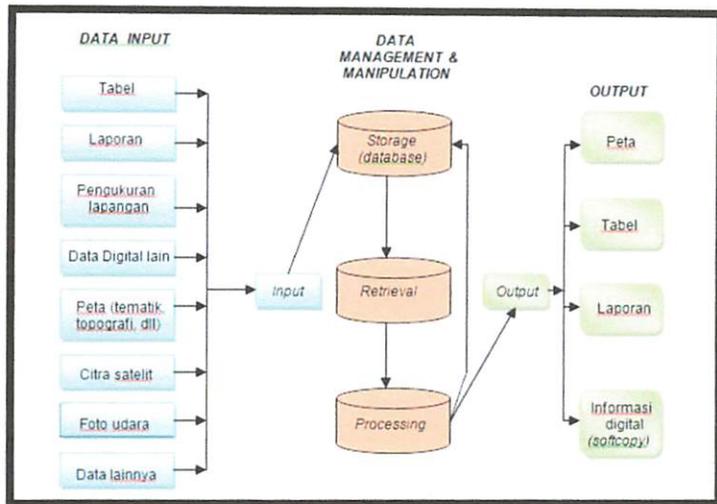
- A. Data Input : sub-sistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan dan menyimpan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Sub-sistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengkonversikan atau mentransformasikan format-format data aslinya ke dalam format (native) yang dapat digunakan oleh perangkat SIG yang bersangkutan.

- B. Data Output : sub-sistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk softcopy maupun bentuk hardcopy seperti halnya tabel, grafik, report , peta dan lain sebagainya.
- C. Data Management : sub-sistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil kembali atau diretrieve, diupdate dan diedit.
- D. Data Manipulation & Analysis : sub-sistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG dan melakukan manipulasi serta pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.



Gambar 2.5 Sub-Sistem SIG (sumber : [http://www.academia.edu/Wiko Fredy Guspa](http://www.academia.edu/Wiko_Fredy_Guspa))

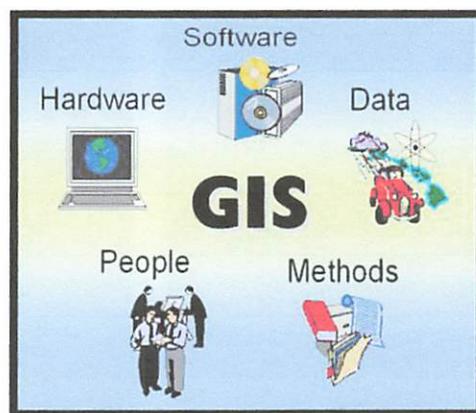
Jika subsistem SIG pada gambar 2.5 di atas diperjelas berdasarkan uraian jenis masukan, proses, dan jenis keluaran yang ada di dalamnya, maka sub-sistem SIG dapat juga digambarkan seperti gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6 Uraian SubSistem SIG (Sumber:Giscom/ProstoroveAnalyzy)

II.5.2. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)

Setiap instansi pemerintah daerah memerlukan SIG untuk merencanakan proses pembangunan di daerah tersebut. Sistem Informasi Geografis memiliki beberapa komponen agar dapat berfungsi. *John E. Harmon, Steve J. Anderson* berpendapat bahwa komponen SIG terdiri atas :



Gambar 2.7 Komponen SIG (Sumber: Harmon, J.E)

A. Manusia, dalam arti orang yang mengoperasikan atau menggunakan peranti SIG dalam pekerjaannya.

- B. Aplikasi, merupakan prosedur yang digunakan mengolah data menjadi informasi misalnya penjumlahan, klasifikasi, tabulasi dan lainnya.
- C. Data, berupa data spasial/grafis dan data atribut. Data spasial merupakan data berupa representasi fenomena permukaan bumi yang dapat berupa foto udara, citra satelit, koordinat dan lainnya. Data atribut adalah data yang merepresentasikan aspek deskriptif dari fenomena yang dimodelkan seperti data sensus penduduk, jumlah pengangguran dan lainnya.
- D. Software, merupakan perangkat lunak SIG berupa program aplikasi yang memiliki kemampuan pengolahan, penyimpanan, pemrosesan, analisis dan penayangan data spasial. Contoh software SIG yaitu Arc View, Map Inf, ILWIS.
- E. Hardware, yaitu perangkat keras yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem komputer seperti CPU, plotter, digitizer, RAM, hardisk dan lainnya.

Metode, merupakan cara/tahapan yang dilakukan dalam pengoperasian SIG mulai dari awal sampai akhir.

II.5.3. Kemampuan SIG

Kemampuan SIG saat ini mencakup kemampuan untuk menampilkan, mencetak dan memanipulasi berbagai lapisan data termasuk gambar foto udara, informasi keselamatan demografi dan publik, kepemilikan properti, pajak, penggunaan lahan, dan informasi zona, lokasi utilitas, jalan, fitur alam, topografi dan fitur buatan manusia serta lingkungan lainnya (Eddy Prahasta, 2009:134).

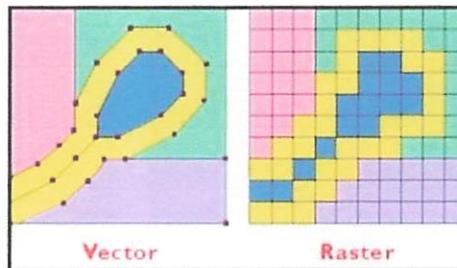
Pada dasarnya, dengan memperhatikan pengertian, definisi-definisi dan cara kerjanya, kemampuan suatu SIG sudah dapat dikenali. Berikut ini merupakan beberapa kemampuan dari SIG berdasarkan beberapa aspek acuan, yaitu (Eddy Prahasta, 2009:137-139):

Secara eksplisit, kemampuan SIG juga dapat dilihat dari pengertian atau definisinya. Berikut adalah kemampuan-kemampuan SIG yang diambil dari beberapa definisi-definisi SIG yang telah dituliskan pada bagian sebelumnya:

1. Memasukkan dan mengumpulkan data atribut dan spasial.
2. Mengintegrasikan data atribut dan spasial.
3. Memeriksa dan meng-update (meng-edit) data atribut dan spasial.
4. Menyimpan dan memanggil kembali data atribut.
5. Mempresentasikan atau menampilkan data spasial dan atribut.
6. Mengelola data geografis atribut dan spasial.
7. Memanipulasi data geografis atribut.
8. Menganalisa data geografis (spasial dan atribut).
9. Menghasilkan keluaran (output) data geografis dalam bentuk-bentuk peta tematik (view dan layout), tabel, grafik (chart), laporan (report) dan lainnya baik dalam bentuk hardcopy maupun softcopy.

II.5.4. Model Data SIG

Data geografis pada dasarnya tersusun oleh dua komponen penting yaitu data Vector dan data Raster (Andree Ekadinata et al, 2008:4). Keduanya masing-masing memiliki sifat, kecenderungan, kelemahan dan kelebihan sendiri.



Gambar 2.8 Model data Vector dan Raster (Sumber: Gislearning.wordpress)

Kedua model data ini saling melengkapi dan dapat saling dikonversikan satu sama lain. Kadangkala suatu perangkat GIS akan lebih baik jika menggunakan model data vektor dan kadang-kadang justru sebaliknya. Oleh karena itu, pengguna harus jeli mengidentifikasi model mana yang tepat sesuai kebutuhan. Pengguna dituntut untuk mengenal betul ciri khas masing-masing model data ini dengan segala kekurangan dan kelebihanannya.

A. Model Data Raster

Model data raster menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid (Prahasta, 2001:140). Grid tersebut berbentuk kotak berwarna tertentu sesuai dengan nilai yang dimilikinya dalam matriks. Jadi data raster tersebut dibentuk oleh kumpulan kotak-kotak (grid) berwarna tersebut. Satu kotak/grid atau sel ini memiliki atribut tersendiri termasuk koordinatnya yang unik. Tingkat akurasi model data raster disebut resolusi. Resolusi merupakan ukuran piksel (sel grid) dari data raster. Resolusi suatu data raster akan merujuk pada ukuran (atau luas) permukaan bumi yang direpresentasikan setiap pikselnya. Makin kecil ukuran atau luas permukaan bumi yang direpresentasikan oleh setiap pikselnya, maka semakin tinggi resolusi spasialnya.

Data raster umumnya digunakan untuk menampilkan data mentah (*raw data*) seperti peta dasar digitasi (biasanya hasil *scanning*), citra satelit, foto udara, dan sebagainya. Data mentah inilah yang dijadikan input spasial dasar dalam GIS. Data ini harus menjalani proses digitasi terlebih dahulu menjadi model data vektor agar bisa dianalisis lebih lanjut menggunakan *tools* GIS. Selain berfungsi sebagai data mentah, model data raster juga sangat berguna dalam menampilkan data kontinyu (non diskrit) seperti data temperatur, ketinggian/elevasi, tekanan, dan sebagainya.

B. Model Data Vektor

Model data vektor menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik (*points*), garis-garis (*lines*) atau kurva (*arc*), atau luasan (*polygons*), beserta atribut-atributnya (Prahasta, 2001: 151). Pada umumnya, data GIS disajikan dalam bentuk vektor. Dalam model data vektor, garis-garis atau kurva merupakan sekumpulan titik-titik yang dihubungkan. Sedangkan, luasan atau poligon juga disimpan sebagai sekumpulan titik-titik, dengan catatan bahwa titik awal dan titik akhir poligon memiliki nilai koordinat yang sama (poligon tertutup sempurna). Representasi

vektor dari suatu objek merupakan suatu usaha dalam menyajikan objek yang bersangkutan sesempurna mungkin. Oleh karena itu, ruang atau dimensi koordinat diasumsikan bersifat kontinyu (tidak dikuantisasi sebagaimana pada model data raster) yang memungkinkan semua posisi, panjang, dan dimensi didefinisikan dengan presisi. Maka tidak heran proses analisis GIS lebih banyak menggunakan model data vektor ketimbang model data raster.

Seperti telah diuraikan sebelumnya, data vektor terbentuk dari tiga jenis geometri yakni titik (*point*), garis (*line*), dan area (*polygon*). Oleh karena itu, objek-objek di permukaan bumi perlu divisualisasikan dalam ketiga geometri tersebut agar bisa diproses dengan GIS. Contoh visualisasi dunia nyata menjadi elemen gambar ketiga geometri tersebut antara lain *landmark* dan fasilitas sebagai titik, jalan dan sungai sebagai garis, dan daerah administrasi tertentu sebagai area. Berikut ini penjelasan lebih dalam mengenai ketiga entitas geometri tersebut.

1. Titik (*point*) meliputi semua objek grafis atau geografis yang dikaitkan dengan pasangan koordinat (x,y). Selain memuat informasi koordinat, data titik juga bisa saja merupakan suatu simbol yang memiliki keterkaitan dengan informasi lain. Satu buah objek titik memiliki satu baris dalam tabel atribut. Karakteristik-karakteristik dari titik ini dijelaskan oleh kolom-kolom yang dibentuk pada tabel atribut. Contoh-contoh objek dunia nyata yang biasa direpresentasikan sebagai titik antara lain kota, pelabuhan, bandara, rumah sakit, sekolah, dan sebagainya. Perlu diingat bahwa representasi ini sifatnya tidak mutlak melainkan relatif terhadap skala peta. Dalam skala peta yang lebih besar, kota dan bandara bisa saja direpresentasikan sebagai area/luasan (*polygon*).
2. Garis (*line*) merupakan semua unsur-unsur linier yang dibangun dengan menggunakan segmen-segmen garis lurus yang dibentuk oleh dua titik koordinat atau lebih (Burrough, 1994). Entitas garis yang paling sederhana memerlukan ruang untuk menyimpan titik awal dan titik akhir (dua pasangan

koordinat x,y) beserta informasi lain mengenai simbol yang digunakan untuk merepresentasikannya. Garis tunggal yang terbentuk dari titik awal dan titik akhir saja disebut sebagai *line*. Sedangkan garis bersegmen banyak yang terbentuk dari banyak titik (*vertex*) disebut *polyline*. Dalam GIS, baik *line* maupun *polyline* dianggap sebagai suatu entitas yang sama yakni *polyline*. Setiap satu entitas *polyline* memiliki satu baris dalam tabel atribut. Karakteristik dari entitas ini disimpan dalam kolom-kolom tabel atribut. Objek-objek dunia nyata yang sering direpresentasikan sebagai *polyline* antara lain jalan, sungai, jaringan air bersih, jaringan listrik, jaringan telepon, dan sebagainya.

3. Area (*polygon*) merupakan suatu objek tertutup yang memiliki luasan. *Polygon* dapat direpresentasikan dengan berbagai cara di dalam model data vektor. Karena kebanyakan peta tematik yang digunakan dalam GIS berurusan dengan *polygon*, metode-metode representasi dan pemanipulasian *entity* ini banyak mendapat perhatian. Seperti halnya titik dan *polyline*, satu objek poligon juga diwakili oleh satu baris pada tabel atribut. Poligon biasanya digunakan untuk merepresentasikan objek dunia nyata yang memiliki luasan seperti wilayah administrasi, danau, guna lahan, jenis tanah, dan sebagainya.

II.5.5. Jenis-Jenis Data Sistem Informasi Geografis

Data adalah fakta mengenai objek, peristiwa, dan aktivitas yang dinyatakan oleh nilai (angka, karakteristik, simbol). Sedangkan informasi geografis adalah data yang ditempatkan dalam konteks ruang dan waktu. Jenis-jenis data SIG (Andree Ekadinata et al, 2008:4) yaitu:

A. Data Spasial (keruangan)

Data yang mempresentasikan aspek keruangan dari suatu fenomena atau mengidentifikasi posisi geografis suatu fenomena. contoh data spasial antara

lain letak suatu wilayah, posisi sumber minyak bumi, dsb. Bentuk-bentuk data spasial :

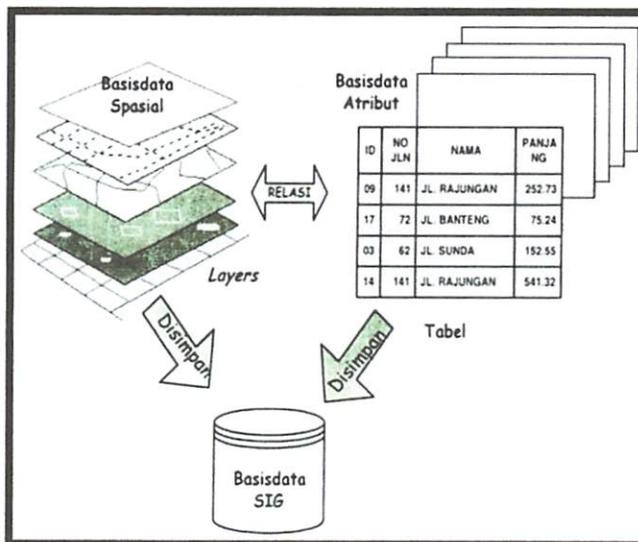
1. Titik (dot), contoh: posisi terminal
2. Garis (poly line), contoh: jaringan jalan raya
3. Area (polygon), contoh: wilayah kecamatan

B. Data Atribut (deskripsi)

Data yang mempresentasikan aspek-aspek deskripsi/penjelasan dari suatu fenomena di permukaan bumi dalam bentuk kata-kata, angka, atau tabel. contoh data atribut misalnya kepadatan penduduk, jenis tanah, dsb.

bentuk-bentuk data atribut:

1. Data kuantitatif (angka-angka/statistik), contoh: jumlah penduduk
2. Data kualitatif (kualitas/mutu), contoh: tingkat kesuburan tanah



Gambar 2.9 Contoh Data Spasial dan Data Atribut (sumber: <https://lh6.googleusercontent.com>)

II.5.6. Sumber Data SIG

Mendapatkan data adalah bagian yang penting pada setiap proyek pekerjaan dan pengolahan data menggunakan system informasi geografis (Arif Basofi, 2008). Hal-hal yang perlu diketahui :

1. Tipe-tipe data yang dapat digunakan dalam pengolahan SIG
2. Bagaimana mengevaluasinya
3. Dimana bisa mendapatkannya
4. Bagaimana cara membuat sendiri data tersebut

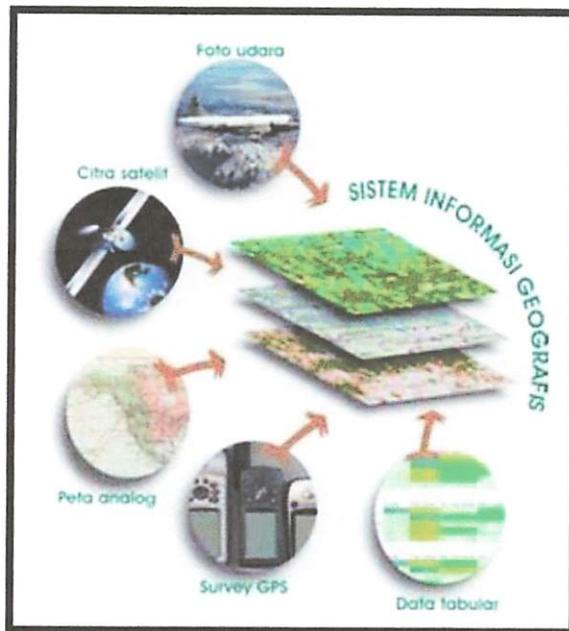
Menurut *Basofi, A.* (2008) ada dua tipe data sumber SIG yaitu:

a. Data Primer

Data yang diperoleh secara langsung (data primer) dari hasil survey, pengumpulan data lapangan, penginderaan jauh.

b. Data Sekunder

Data yang didapat dari peta yang sudah ada, table-tabel, atau sumber data lain.



Gambar 2.10 Sumber Data SIG (sumber: <http://3.bp.blogspot.com> WordPress.com)

II.5.7 Analisis Spasial Sistem Informasi Geografis (SIG)

Kemampuan SIG dapat juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum, sesuai dengan nature datanya terdapat dua jenis fungsi analisis di dalam SIG; fungsi analisis spasial dan atribut (basis data atribut). Fungsi analisis atribut (non-spasial) antara lain terdiri dari operasi-operasi dasar Database Management System (DBMS) beserta perluasannya (Eddy Prahasta 2009). Operasi-operasi atau fungsi analisis lain yang sudah rutin digunakan di dalam sistem basis data. (Eddy Prahasta 2009)

Berikut ini akan dijelaskan lebih mendalam mengenai fungsi analisis dari SIG diantaranya adalah :

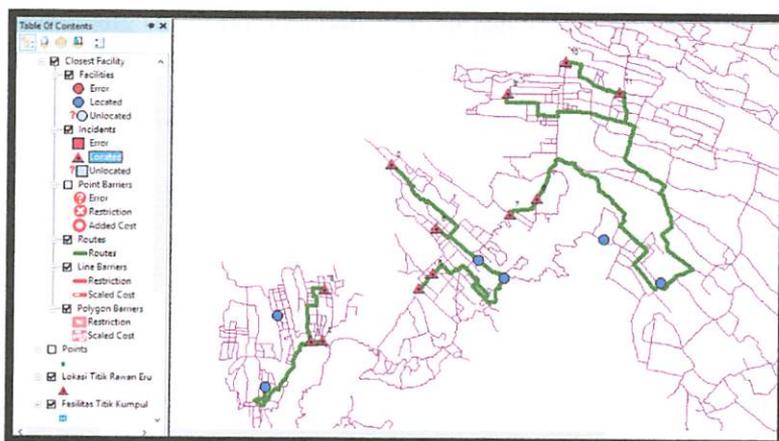
A. Fungsi analisis spasial dari SIG terdiri dari :

1. **Klasifikasi (reclassify)** : Fungsi ini mengklasifikasikan atau mengklasifikasi kembali suatu data spasial/atribut menjadi data spasial yang baru dengan menggunakan kriteria tertentu.

Skor kelas	Lereng	Keterangan
1	0-8%	Datar
2	8-15%	Landai
3	15-25%	Agak Curam
4	25-45%	Curam
5	>45%	Sangan Curam

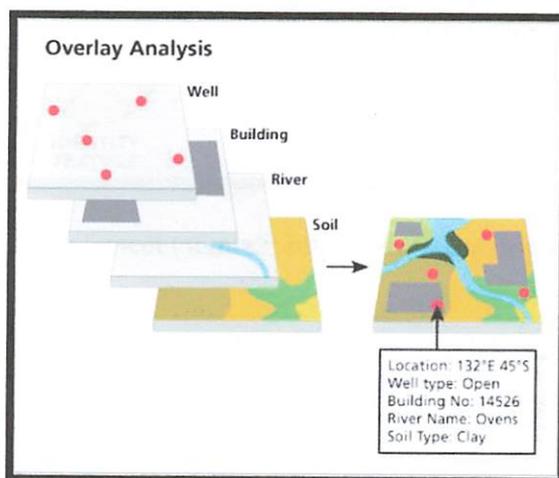
Gambar 2.11 klasifikasi data (sumber: <https://lh5.googleusercontent.com>)

2. **Jaringan (network)** : Fungsi ini menunjuk kepada data-data spasial yang berupa titik-titik atau garis-garis sebagai suatu jaringan yang tidak terpisahkan.



Gambar 2.12 Jaringan Network Analysis (sumber: <http://www.rastermaps.com/>)

3. Tumpang susun (overlay) : Fungsi ini menghasilkan data spasial baru dari minimal dua data spasial yang menjadi masukannya.

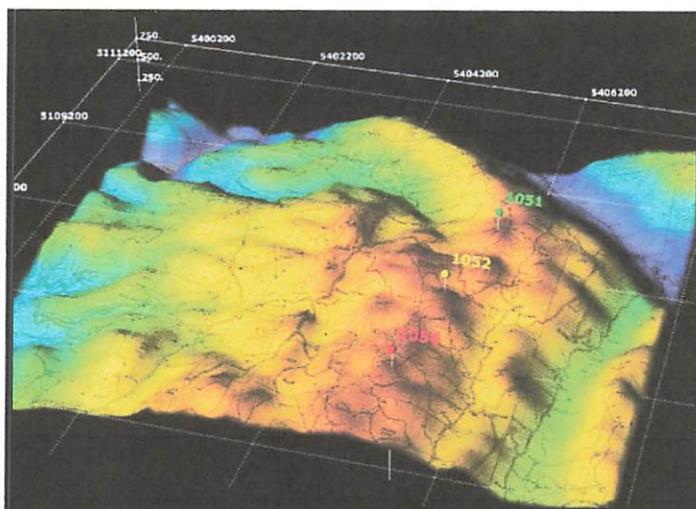


Gambar 2.13 *Analysyst Overlay* (Sumber: <https://www.Giscom/ProstoroveAnalyzy>)



Gambar 2.16 Buffering (<http://yoghaken.blogspot.co.id/>)

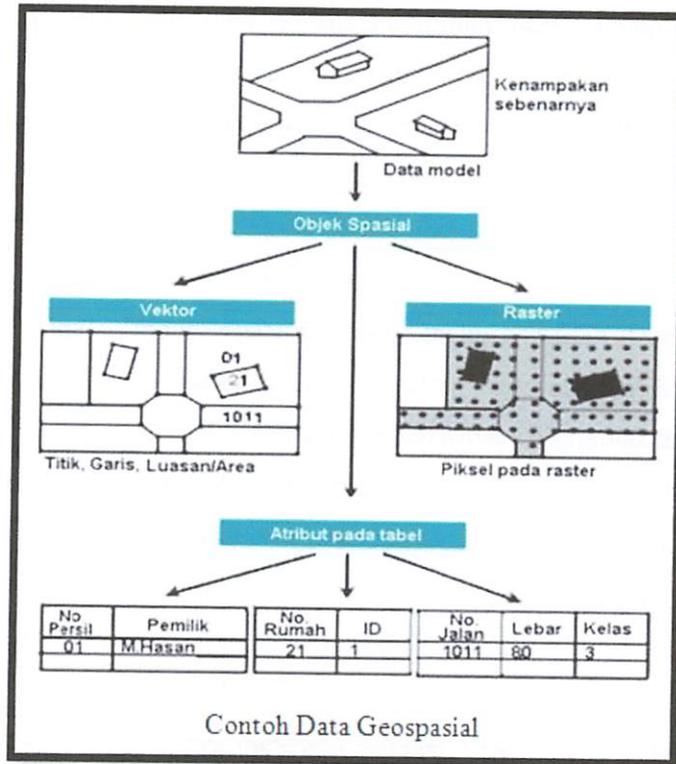
7. 3D analysis : fungsi ini terdiri dari sub-sub fungsi yang berhubungan dengan presentasi data spasial dalam ruang tiga dimensi.



Gambar 2.17 3D Analysis (sumber:<https://lh3.googleusercontent.com>)

- B. Fungsi analisis data atribut terdiri dari operasi dasar sistem pengelolaan basis data/ Database Management System (DBMS) dan perluasannya meliputi :
1. Operasi dasar basis data yang mencakup :
 - a. Membuat basis data baru (create database)

- b. Menghapus basis data (drop database)
 - c. Membuat tabel basis data (create table)
 - d. Menghapus tabel basis data (drop table)
 - e. Mengisis dan menyisipkan data (record) kedalam tabel (insert)
 - f. Membaca dan mencari data (field atau record) dari tabel basis data (seek, find, search, retrieve)
 - g. Mengubah atau mengedit data yang ada didalam tabel basis data (update edit)
 - h. Membuat indeks untuk setiap basis data
2. Perluasan operasi basis data :
- a. Membaca dan menulis basis data kedalam basis data yang lain (export/import)
 - b. Dapat berkomunikasi dengan sistem basis data yang lain (misalnya dengan menggunakan driver ODBC)
 - c. Dapat menggunakan bahasa basisdata standar SQL (Structure Query Language)
 - d. Operasi-operasi atau fungsi analisis lain yang rutin digunakan dalam sistem basis data.



Gambar 2.18 Analisa Data (Sumber: <http://rachmanadji.blogspot.co.id/>)

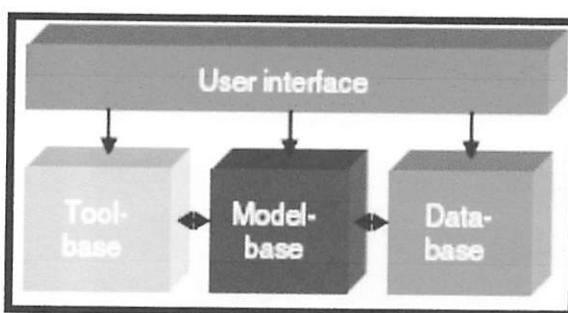
II.6. Basis Data

Basis data (bahasa Inggris: *database*), atau sering pula dieja basisdata, adalah kumpulan informasi yang disimpan di dalam komputer secara sistematis sehingga dapat diperiksa menggunakan suatu program komputer untuk memperoleh informasi dari basis data tersebut. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola dan memanggil kueri (*query*) basis data disebut sistem manajemen basis data (*database management system*, DBMS). Definisi basis data adalah kumpulan data yang dihubungkan secara bersama-sama, dan gambaran dari data yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan informasi dari suatu organisasi. Berbeda dengan sistem *file* yang menyimpan data secara terintegrasi. Basis data bukan menjadi milik dari suatu departemen, tetapi sebagai sumber daya perusahaan yang dapat digunakan bersama (Dedeofficialsite, 2009)

melakukan manipulasi data secara lebih mudah. Sebelum adanya DBMS, data pada umumnya disimpan dalam bentuk flat file, yaitu file teks yang ada pada sistem operasi (Eddy Prahasta, 2009).

II.6.2. Pemodelan Data

Pada dunia pemodelan sistem terdapat sejumlah cara pemodelan baik yang menggunakan representasi (notasi grafis) maupun yang tidak menggunakan notasi grafis. Namun demikian yang mudah dimengerti dan terkenal adalah pemodelan system menggunakan notasi grafis, diantaranya adalah HIPO (*hierarchy input process output*), *flowchart*, *entity relationship diagram*, diagram transisi status. Selain itu, Salah satu contoh mengenai pemodelan wilayah sebagai decision-support system telah dikembangkan oleh Engelen (Wainwright and Mulliga, 2004) pada system yang diberi nama The WadBOS Decision-Support System yang diimplementasikan pada Dutch Wadden Sea. Sistem ini merupakan gabungan antara teknologi dan skill yang menghasilkan instrument pendukung pengambilan keputusan yang berbasis pada model. Fungsi dasar dari system ini terdiri atas perangkat dasar (tool base), model dasar (model base), database, dan antar muka user (user interface).



Gambar 2.19 Pemodelan Data pada Fungsi Dasar dari The WadBOS Decision-Support System (Sumber: Wainwright and Mulliga, 2004)

II.6.3. Model Entity Relationship

Menurut salah satu para ahli, Brady dan Loonam (2010), *Entity Relationship* diagram (ERD) merupakan teknik yang digunakan untuk memodelkan kebutuhan data dari suatu organisasi, biasanya oleh System Analysts dalam tahap analisis persyaratan proyek pengembangan system. *Entity Relationship* Diagram (ERD) didasarkan pada suatu persepsi bahwa real world terdiri atas obyek-obyek dasar tersebut. Penggunaan *Entity Relationship* Diagram (ERD) relatif mudah dipahami, bahkan oleh para pengguna yang awam. Bagi perancang atau analis sistem, *Entity Relationship* Diagram (ERD) berguna untuk memodelkan sistem yang nantinya, basis data akan dikembangkan. Model ini juga membantu perancang atau analis sistem pada saat melakukan analisis dan perancangan basis data karena model ini dapat menunjukkan macam data yang dibutuhkan dan kerelasiannya antardata didalamnya (Sutanta 2011:91).

Model *Entity Relationship* (ER) yang berisi komponen entity set dan relation set yang masing-masing dilengkapi dengan atribut-atribut yang mempresentasikan seluruh fakta dari sebagian dunia nyata, dapat digambarkan lebih baik dan sistematis dengan menggunakan *entity relationship* diagram ER (Pharasta, 2002) adapun simbol-simbol yang digunakan dalam penulisan diagram ini adalah :

1. Pesegi panjang yang mempresentasikan entity set
2. Elips yang menyatakan atribut-atribut set
3. Belah ketupat (diamond) yang menggambarkan relation set
4. Garis yang menghubungkan antara entity set dengan atribut-atributnya dan antara entity set dengan relation setnya

A. Diagram *entity relationship* (ER) untuk relasi satu ke satu

Dalam diagram dibawah ini menunjukkan adanya relasi antara entity set bangunan dan entity set hak guna. Relationship setnya dinamakan "memiliki". Dengan relasi ini, setiap bangunan memiliki satu hak guna, dan satu hak guna dimiliki oleh satu bangunan.



B. Diagram *entity relationship* (ER) untuk relasi satu ke banyak

Diagram berikut memperlihatkan adanya relasi anatar entity set kecamatan dan entity set kelurahan. Relationship setnya dinamai "memiliki". Dengan relasi ini setiap kabupaten memiliki beberapa kecamatan, dan beberapa kecamatan dimiliki satu kabupaten.



C. Diagram *entity relationship* (ER) untuk relasi banyak ke satu

Diagram berikut memperlihatkan adanya relasi anatar entity set kelurahan dan entity set kecamatan. Relationshipnya dinamakan "dimiliki" dengan relasi ini nilai beberapa kecamatan diasumsikan dimiliki oleh satu kabupaten, sementara satu kabupaten memiliki beberapa kecamatan.



D. Diagram *entity relationship* (ER) untuk relasi banyak ke banyak

Diagram berikut memperlihatkan adanya relasi anatar entity set daerah aliran sungai (DAS) dan entity set nilai kelerengan. Relationship setnya dinamakan "memiliki" lebih dari daerah aliran sungai (DAS) memiliki beberapa nilai kelerengan.



E. Tabel Skeleton

Tabel skeleton merupakan kumpulan tabel” yang menjelaskan hubungan antar entitas yang digunakan didalam suatu enterprise, tabel” yang direpresentasikan dengan menggunakan nama” tabel berikut field yang dimiliki, hubungan antar tabel dapat diketahui dengan melihat field kunci/primary key pada masing” tabelnya.

Tabel 2.2 Contoh Tabel Skeleton (sumber: <http://zonemarianayolanda.co.id/>)

ID	Daerah Aliran Sungai (DAS)	Klasifikasi	ID	Jarak Kepundan/Lubang Letusan	Klasifikasi
11	< 100 meter	Sangat dekat	21	<1 kilometer	Sangat dekat
12	100-500 meter	Dekat	22	5 kilometer	Dekat
13	500 meter-1 kilometer	Sedang	23	10 kilometer	Sedang
14	1-2 kilometer	Jauh	24	15 kilometer	Jauh
15	>2 kilometer (15 km)	Sangat Jauh	25	>25 kilometer	Sangat Jauh

II.7. Kartografi

Kartografi adalah seni , ilmu pengetahuan dan teknologi tentang pembuatan peta-peta , sekaligus mencakup studinya sebagai dokumen-dokumen ilmiah dan hasil karya seni (*International Carthography Association*, 1973). Peta merupakan penggambaran secara grafis atau bentuk skala (perbandingan) dari konsep mengenai bumi. Hal ini berarti bahwa peta merupakan alat untuk menyampaikan informasi mengenai ilmu bumi. Sebuah peta merupakan kumpulan gagasan, penggambaran tunggal, konsep-konsep mengenai ilmu bumi yang secara terus menerus mengalami perubahan (Merriam, 1996)

Proses kartografi adalah proses grafis sampai sebuah gambar menjadi peta yang terlihat informative (map composition) (Yowono, 2000). Unsur-unsur yang harus dipenuhi, yaitu :

A. Unsur Primer

Unsur primer merupakan bagian peta yang memberikan penjelasan mengenai informasi yang disajikan dalam proses pembuatan peta.

1. Proyeksi

Permukaan bumi adalah bidang lengkung, dan peta – baik yang tercetak maupun dalam bentuk gambar di layar komputer – adalah bidang datar. Artinya, semua peta tidak terkecuali globe (bola dunia) mengalami distorsi dari bumi yang sebenarnya. Untuk wilayah yang lebih kecil, distorsi tidak signifikan karena wilayah yang kecil dalam globe kelihatan seperti permukaan datar. Untuk wilayah yang lebih luas atau untuk tujuan yang butuh akurasi yang tinggi, bagaimanapun distorsi merupakan hal yang sangat penting. Beberapa jenis proyeksi yang umum adalah silinder/tabung (cylindrical), kerucut (conical), bidang datar (zenithal) dan gubahan (arbitrary). Jenis proyeksi yang sering kita jumpai sehari-hari adalah proyeksi gubahan, yaitu proyeksi yang diperoleh melalui perhitungan. Salah satu proyeksi gubahan yang sering digunakan adalah proyeksi Mercator. Proyeksi ini merupakan sistem proyeksi Silinder, Konform, Secant, Transversal.

2. Skala

Ukuran peta dalam hubungannya dengan bumi disebut dengan skala, biasanya dinyatakan dengan pecahan atau rasio/perbandingan. Pembilang, yang terletak di bagian atas pecahan merupakan satuan unit peta dan penyebut yang terletak di bagian bawah pecahan merupakan angka dalam unit yang sama yang menunjukkan jarak yang sebenarnya di lapangan/bumi. Sebagai contoh skala 1/10.000 artinya jarak satu centimeter di peta ekuivalen dengan 10.000 centimeter di lapangan. Sebagai perbandingan, skala ini akan ditunjukkan sebagai 1:10.000. Jika penyebut makin besar atau pecahan makin kecil maka semakin luas permukaan bumi yang dapat ditunjukkan dalam peta tunggal. Oleh karena itu, peta berskala kecil akan menunjukkan bagian bumi yang lebih luas dan peta berskala besar relatif menunjukkan bagian bumi yang lebih kecil. Skala peta digital bisa lebih bervariasi

yang dapat dirubah dengan “zoom”. Memperbesar zoom dan lebih memperdekat ke bumi akan menggambarkan skala yang lebih besar.

3. Koordinat

Secara teori, koordinat merupakan titik pertemuan antara absis dan ordinat. Koordinat ditentukan dengan menggunakan sistem sumbu, yakni perpotongan antara garis-garis yang tegak lurus satu sama lain. Sistem koordinat yang dipakai adalah koordinat geografis (geographical coordinate). Sumbu yang digunakan adalah garis bujur (bujur barat dan bujur timur) yang tegak lurus dengan garis katulistiwa, dan garis lintang (lintang utara dan lintang selatan) yang sejajar dengan garis katulistiwa. Garis bujur adalah garis khayal yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan, mengukur seberapa jauh suatu tempat dari meridian. Sedangkan garis lintang adalah garis khayal di atas permukaan bumi yang sejajar dengan khatulistiwa, untuk mengukur seberapa jauh suatu tempat di utara/selatan khatulistiwa. Koordinat geografis dinyatakan dalam satuan derajat, menit dan detik. Derajat dibagi dalam 60 menit dan tiap menit dibagi dalam 60 detik. Sebagai contoh Menara Eiffel di Paris mempunyai koordinat 48° 51' 3" Lintang Utara dan 2° 17' 35" Bujur Timur. Kadang-kadang koordinat ditunjukkan dalam desimal sebagai ganti dari menit dan detik. Jadi koordinat Menara Eiffel dapat juga ditulis sebagai 48,515333 Lintang Utara dan 2,175833 Bujur Timur.

4. Legenda

Peta ini menggunakan simbol untuk menggambarkan letak objek yang sebenarnya. Legenda adalah penjelasan simbol-simbol yang terdapat dalam peta. Gunanya agar pembaca dapat dengan mudah memahami isi peta. Contoh simbol legenda adalah ikon-ikon yang melambangkan bangunan, perbedaan warna yang melambangkan elevasi, perbedaan jenis garis yang melambangkan batas-batas atau jenis ukuran jalan, titik dan lingkaran yang menunjukkan populasi suatu kota. Jika

detail peta kelihatan tidak familiar, mempelajari legenda peta akan sangat membantu sebelum melanjutkan proses lebih jauh.

5. Arah

Simbol arah dicantumkan dengan tujuan untuk orientasi peta. Arah utara lazimnya mengarah pada bagian atas peta. Kemudian berbagai tata letak tulisan mengikuti arah tadi, sehingga peta nyaman dibaca dengan tidak membolak-balik peta. Lebih dari itu, arah juga penting sehingga si pemakai dapat dengan mudah mencocokkan objek di peta dengan objek sebenarnya di lapangan.

6. Elevasi

Salah satu unsur yang penting lainnya pada suatu peta adalah informasi tinggi suatu tempat terhadap rujukan tertentu. Unsur ini disebut dengan elevasi, yaitu ketinggian sebuah titik di atas muka bumi dari permukaan laut. Kartograf menggunakan teknik yang berbeda untuk menggambarkan ketinggian, misalnya permukaan bukit dan lembah.

B. Unsur Sekunder

Unsur sekunder merupakan bagian peta yang memberikan penjelasan mengenai informasi yang disajikan pada muka peta

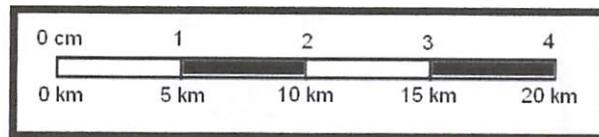
1. Judul Peta

Judul peta merupakan komponen yang sangat penting, karena sebelum memperhatikan isi peta pasti judul yang terlebih dahulu dibaca. Judul peta hendaknya memuat informasi sesuai dengan isi peta.

2. Skala Peta

Skala adalah perbandingan jarak antara dua titik sembarang dipeta dengan jarak sebenarnya dipermukaan bumi dengan satuan ukuran yang sama. Skala dibagi menjadi 2, yaitu:

- a. Skala angka. Contohnya 1 100.000 artinya 1cm di peta sama dengan 100.000 cm di jarak sebenarnya.
- b. Skala garis. Skala ini dibuat dalam bentuk garis horizontal yang memiliki panjang tertentu, dan tiap ruas berukuran 1 cm atau lebih untuk mewakili jarak tertentu yang diinginkan oleh pembuat peta.



Gambar 2.20 Skala Garis pada Peta (sumber:wordpress)

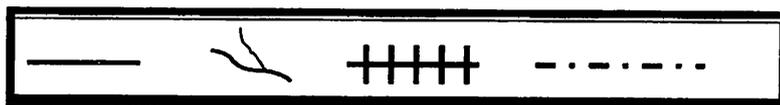
3. Legenda

Legenda pada peta menerangkan arti simbol-simbol yang terdapat pada peta. Legenda harus dapat dipahami oleh pembaca peta, agar tujuan pembuatan peta itu tercapai sasaran.



Gambar 2.21 Legenda Peta (Sumber:wordpress)

ditampilkan dengan menggunakan simbol piktorial, geometrik maupun simbol huruf.



Gambar 2.24 Simbol Garis (sumber:Modul kartografi Ig,Indradi, T.Subroto)

c. Simbol Area atau Luasan

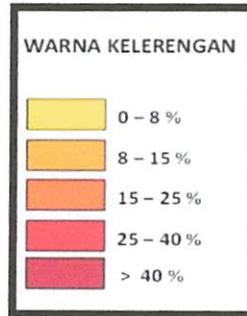
Simbol area digunakan untuk menampilkan unsur-unsur yang berhubungan dengan suatu luasan. Seperti pada simbol titik, simbol area tergantung pada skala petanya. Simbol area ini dibuat harus memperhatikan bentuk dan isi area sehingga simbol area tersebut dapat mewakili unsur-unsur di permukaan bumi yang akan digambarkan pada peta, misalnya simbol yang mewakili bidang tanah, penggunaan tanah, kemiringan tanah dan lain sebagainya.



Gambar 2.25 Simbol Area (sumber:Modul kartografi Ig,Indradi, T.Subroto)

6. Warna Peta

Warna peta digunakan untuk membedakan kenampakan atau objek dipermukaan bumi, dan keperluan estetika peta. Sedangkan untuk menunjukkan adanya perbedaan tingkat digunakan satu jenis warna atau pola.misalnya untuk membedakan besarnya erupsi digunakan warna merah dimana warna tersebut semakin cerah maka erupsi semakin rendah begitu juga sebaliknya.



Gambar 2.26 Contoh gradasi warna kelerengan (sumber:greenbox.web)

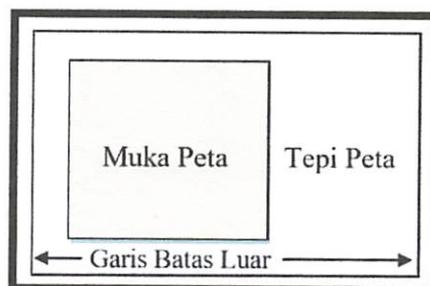
7. Inset

Inset merupakan peta kecil yang disisipkan dipeta utama. Macam-macam inset antara lain:

- Inset petunjuk lokasi, berfungsi menunjukkan letak daerah yang belum dikenali.
- Inset penjelas, berfungsi untuk memperbesar daerah yang dianggap penting.
- Inset penyambung, berfungsi untuk menyambung daerah yang terpotong dipeta utama.

8. Garis Tepi Peta

Garis tepi peta adalah suatu garis yang membatasi muka peta. Jika area/daerah yang dipetakan akan diberi garis batas (kerangka), kerangka tersebut dapat berbentuk bujur sangkar, persegi panjang, ataupun bentuk yang tidak beraturan, mengikuti batas terluar dari area yang dipetakan.



Gambar 2.27 Garis Tepi Peta (sumber:Modul kartografi Ig,Indradi, T.Subroto)

II.8. Penentuan Skoring untuk Daerah Potensi Erupsi Gunung Semeru

Penentuan parameter merupakan faktor yang mempengaruhi terjadinya erupsi gunung semeru di Kab.Lumajang, Jawa Timur. Dalam penelitian pembuatan peta daerah potensi erupsi diperoleh dengan cara tumpang susun (*overlay*) peta. Dimana Jarak dari pusat kepundan yang langsung berhubungan dengan saluran fluida panas (saluran dalam wujud cair atau lava) yang merupakan penyebab terjadinya erupsi diberikan nilai bobot yang paling tinggi sedangkan daerah yang jauh dari pusat kepundan memberikan bahaya yang paling rendah sehingga dalam pembobotannya diberikan nilai bobot yang paling rendah (Subhan 2006, Febriana 2004, Alhasanah 2006). Dalam penelitian ini penulis menentukan daerah rawan bencana erupsi gunung semeru berdasarkan beberapa parameter sebagai satuan analisis untuk ditumpang susunkan (*overlay*) antara lain:

1. Peta Kelerengan
2. Peta Penggunaan Lahan
3. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS)
4. Peta Geologi

Untuk menentukan tipologi suatu kawasan rawan bencana erupsi dengan cara melakukan skoring, yaitu perkalian antara “pembobotan” dengan “nilai kemampuan”, dari hasil nilai perkalian tersebut dibuat suatu rentang nilai kelas yang menunjukkan nilai kemampuan lahan dalam menghadapi bencana alam kawasan rawan erupsi. Dari hasil perkalian tersebut maka dapat dibuat “*land capability ratings*” atau tingkat kemampuan lahan sebagai berikut: (sumber:Peraturan Menteri PU No.21 Th.2007)

Tabel. 2.3 Klasifikasi dan Pengharkatan Kelerengan (Sumber: Hadi,1992 dengan menyesuaikan).

No.	Kemiringan Lereng	Klasifikasi	Bobot	Nilai Kemampuan	Total Skor %
1	<0-15 %	Datar	15	1	15
2	15- >45%	Sangat Curam		5	75

Tabel 2.4 Klasifikasi dan Pengharkatan Geologi (sumber: Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007)

No.	Geologi	Nilai Kemampuan	Bobot	Total Skor %
1	Old Kuartar vulkanik	1	5	5
2	Batuan Alluvium			10
3	Miosen Sedimentary	2		15
4	Batuan Vulkanik	3		20
5	Batuan Alluvium	4		

Tabel 2.5 Klasifikasi dan Pengharkatan Penggunaan Lahan (sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 1999)

No.	Penggunaan Lahan	Nilai Kemampuan	Bobot	Total Skor %
1	Hutan, Rawa, Padang Rumput, Danau, Pasir Laut	1	1	1
2	Lahan Kosong, Ladang/tegalan, sawah tadah hujan	3	4	12
3	Pemukiman	4	20	80

Tabel II.6 Klasifikasi dan Pengharkatan Daerah Aliran Sungai (DAS) (Sumber: Sudaryono, 2011 dengan penyesuaian)

No	Daerah Aliran Sungai (DAS)	Klasifikasi	Skoring	Bobot	Total Skor
1	< 250 meter	Dekat	5	15	75
2	250-500 meter	sedang	3		45
3	500-1000	Jauh	2		30
	1000-15000	Sangat jauh	1		15

Diantara Peta Kelerengan, Daerah Aliran Sungai (DAS), Peta Penggunaan Lahan, Peta Geologi ditumpang susunkan menghasilkan peta wilayah yang berpotensi terkena dampak Erupsi.

Rumus umum yang digunakan untuk pengharkatan (skoring) dalam menentukan potensi tingkat kerawanan erupsi adalah sebagai berikut (Van Zuidam, 1979).

$$\text{Tingkat Kerawanan Potensi Bencana Erupsi} = \text{TSk} + \text{TSg} + \text{TSpl} + \text{TSdas} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

TSk : Total Skor Kelerengan

TSg : Total Skor Geologi

TSdas : Total Skor Daerah Aliran Sungai

TSpl : Total Skor Penggunaan Lahan

Kriteria tingkat potensi terhadap erupsi Gunung Semeru diklasifikasikan menjadi empat (3) kelas, yaitu:

1. Berpotensi Rendah
2. Berpotensi Sedang
3. Berpotensi Tinggi

Penentuan kelas potensi erupsi menggunakan metode penjumlahan (skoring) nilai *variable* yang mempengaruhi tingkat potensi erupsi dengan perhitungan interval kelas sebagai berikut:

Berdasarkan 3 kelas tingkat kerawanan yang berbeda diperoleh jumlah harkat untuk potensi Erupsi dengan nilai tertinggi = 250 dan jumlah harkat terendah = 36, sehingga interval kelasnya adalah 71.333.

$$\text{Interval Erupsi} = \frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\text{jumlah kelas}}$$

$$\text{Interval Erupsi} = \frac{250 - 36}{3} = 71.333$$

Tabel. II.9 Kawasan Rawan Bencana Erupsi (*sumber: Hasil Hitungan*)

No.	Kelas Potensi	Nilai Skor
1	Rendah	36 – 107
2	Sedang	108 - 178
3	Tinggi	179 - 250

Dari potensi bahaya erupsi yang diperoleh, kemudian diklasifikasikan berdasarkan peta jaringan jalan didaerah yang berpotensi tersebut, guna untuk mempertimbangkan perencanaan titik kumpul, jalur evakuasi dan titik pengungsian. Uji hasil analisis dengan cara survey lapangan dimana jalur tersebut sesuai atau tidaknya untuk rencana jalur evakuasi. Jalur evakuasi tentunya dipilih dengan kriteria jalur tersebut tidak melewati daerah yang sangat berpotensi terjadi erupsi dan menjauhi aliran sungai yang berdampak langsung terhadap aliran lava. Sehingga jika menyeberangi sungai, lokasi jembatan harus berada di daerah yang aman dari potensi bahaya erupsi.

II.9. Network Analisis

Network Analyst merupakan salah satu extention yang disediakan pada software ArcGis yang memiliki kemampuan untuk melakukan analisa jaringan, dimana dalam melakukan analisa jaringan Network Analyst akan menemukan jalur yang paling kecil impedansinya, yang termasuk jaringan pada Network Analyst disini yaitu seperti: jaringan jalan, jaringan Jembatan, jaringan titik evakuasi, dan jaringan pos pengungsian. Network Analyst ArcGis memiliki kemampuan untuk membuat network dataset dan melakukan analisa pada jaringan tersebut. Extention ini dibuat dengan menggunakan beberapa bagian aplikasi dari ArcGis yaitu ArcCatalog untuk membuat network dataset, ArcMap untuk melakukan analisis dan ArcToolbox untuk melakukan proses geogrosesing. Network dataset wizard di dalam ArcCatalog akan memudahkan untuk membuat sebuah dataset dari sebuah geodatabase atau shapefile, wizard ini akan membantu untuk mengidentifikasi feature class yang akan digunakan, menetapkan

aturan di dalam jaringan dan mengidentifikasi atribut di dalam jaringan. Network Analyst ArcGis dapat menemukan jalan terbaik dari satu lokasi ke lokasi lain atau menemukan jalan terbaik untuk mengunjungi beberapa lokasi. Lokasi dapat ditentukan secara interaktif dengan menempatkan titik-titik pada layer, dengan memasukkan alamat atau dengan menggunakan titik dalam fitur yang ada pada fitur kelas (ESRI, 1998).

II.10. Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi adalah lintasan yang digunakan sebagai pemindahan langsung dan cepat dari orang-orang yang akan menjauh dari ancaman atau kejadian yang dapat membahayakan (Abrahams, 1994). Ada dua jenis evakuasi yang dapat dibedakan yaitu evakuasi skala kecil dan evakuasi skala besar. Contoh dari evakuasi skala kecil yaitu penyelamatan yang dilakukan dari sebuah bangunan yang disebabkan karena ancaman bom atau kebakaran. Contoh dari evakuasi skala besar yaitu penyelamatan dari sebuah daerah karena banjir, letusan gunung berapi atau badai. Dalam situasi ini yang melibatkan manusia secara langsung atau pengungsi sebaiknya didekontaminasi sebelum diangkut keluar dari daerah yang terkontaminasi. Analisa penentuan jalur evakuasi menggunakan metode analisis jaringan (*Network Analyst*). Dalam modul Siap Siaga Bencana Alam (2009:36) dikemukakan syarat-syarat jalur evakuasi yang layak dan memadai tersebut adalah:

1. Keamanan Jalur Jalur evakuasi yang akan digunakan untuk evakuasi haruslah benar-benar aman dari benda-benda yang berbahaya yang dapat menimpa diri.
2. Jarak Tempuh Jalur Jarak jalur evakuasi yang akan dipakai untuk evakuasi dari tempat tinggal semula ketempat yang lebih aman haruslah jarak yang akan memungkinkan cepat sampai pada tempat yang aman.
3. Kelayakan Jalur Jalur yang dipilih juga harus layak digunakan pada saat evakuasi sehingga tidak menghambat proses evakuasi.



BAB III METODE PENELITIAN

III.1. Gambaran Lokasi Penelitian

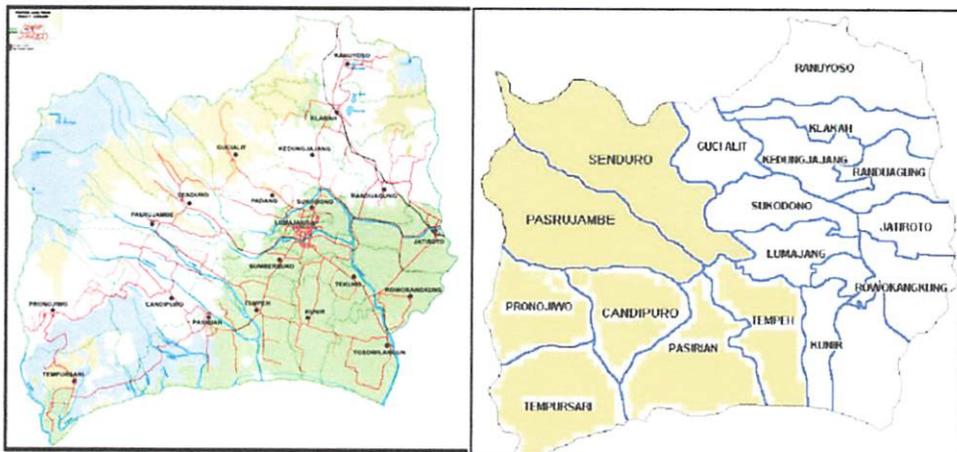
Kabupaten Lumajang merupakan salah satu kabupaten yang termasuk dalam wilayah Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Lumajang terletak pada 112°53' - 113°23' Bujur Timur dan 7°54' - 8°23' Lintang Selatan. Luas wilayah keseluruhan Kabupaten Lumajang adalah 1790,90 km².

Kabupaten Lumajang terdiri dari dataran yang subur karena diapit oleh tiga gunung berapi yaitu:

1. Gunung Semeru (3.676 m)
2. Gunung Bromo (2.329 m)
3. Gunung Lemongan (1.651 m)

Adapun batas-batas wilayah Kabupaten Lumajang adalah sebagai berikut:

1. Sebelah utara: Kabupaten Probolinggo
2. Sebelah timur: Kabupaten Jember
3. Sebelah selatan: Samudera Indonesia
4. Sebelah barat: Kabupaten Malang



Gambar III.1. Peta Administrasi Daerah Penelitian (sumber:BPBD Lumajang)

III.2. Data dan Alat Penelitian

Data-data dan alat-alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dengan keterangan sebagai berikut :

III.2.1 Data Penelitian

Data yang penulis gunakan dalam penelitian ini terdiri dari data spasial dan data atribut dengan spesifikasi sebagai berikut:

A. Data Spasial

1. Peta Administrasi 1:200.000
2. Peta Kelerengan 1:200.000
3. Peta Penggunaan Lahan 1:200.000
4. Peta Jaringan Jalan 1:200.000
5. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) 1:200.000
6. Peta Geologi 1 : 200.000

B. Data Atribut

1. Data Administrasi
2. Data Kelerengan
3. Data Jaringan Jalan
4. Data Penggunaan Lahan
5. Data Daerah Aliran Sungai
6. Data Geologi

Data-data tersebut diperoleh dari Bappeda Kabupaten Lumajang, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kab.Lumajang, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dan data yang didapatkan dari proses survey lapangan. Analisis yang digunakan antara lain analisis bahaya secara deskriptif dengan pengharkatan, analisis SIG dengan teknik *overlay*, *buffering*, dan *network analisyst*.

III.2.2. Alat Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini baik itu perangkat lunak (*software*) maupun perangkat keras (*hardware*) antara lain:

A. Perangkat Keras (*Hardware*)

1. Laptop Lenovo AMD A8
2. Global Positioning System (GPS)
3. Dan Alat Tulis

B. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Microsoft Word 2013 (untuk penyusunan laporan).
2. Microsoft Excel 2013 (untuk proses data atribut)
3. Software ArcGis 10.1

III.3. Langkah-Langkah Pekerjaan

Langkah pekerjaan merupakan urutan pekerjaan/proses atau tahapan yang akan dikerjakan dalam sebuah penelitian. Langkah pekerjaan dideskripsikan mulai dari persiapan sampai dengan proses dan hasil dari pekerjaan penelitian yang dilaksanakan.

III.3.1. Pengumpulan dan Pemilihan Data

Pengumpulan dan pemilihan data merupakan proses untuk mendapatkan materi atau data yang diperlukan untuk penelitian.. Data-data awal yang dikumpulkan dan diambil sebagai data masukan antara lain sebagai berikut:

A. Data spasial terdiri dari:

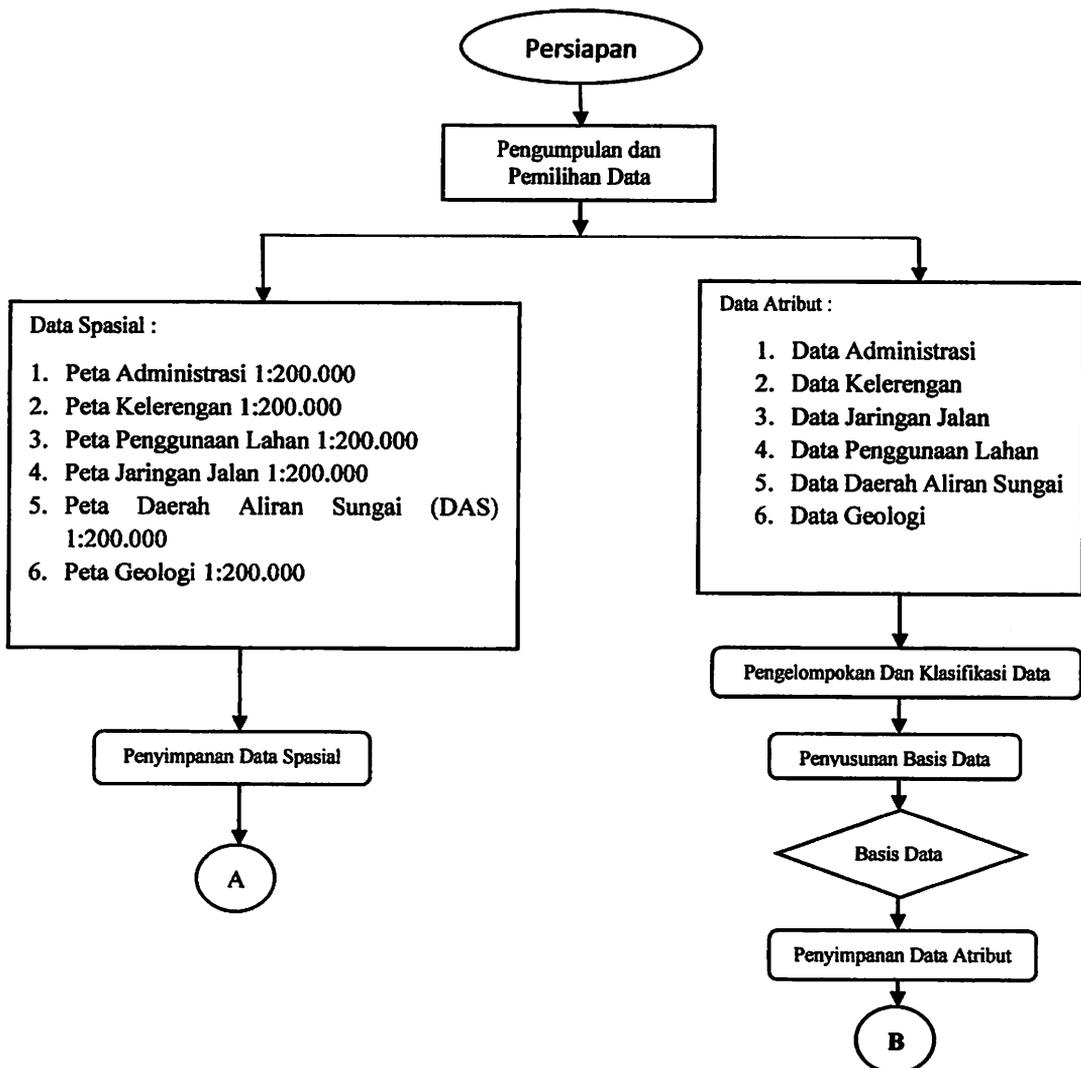
1. Peta Administrasi 1:200.000
2. Peta Kelerengan 1:200.000
3. Peta Penggunaan Lahan 1:200.000
4. Peta Jaringan Jalan 1:200.000

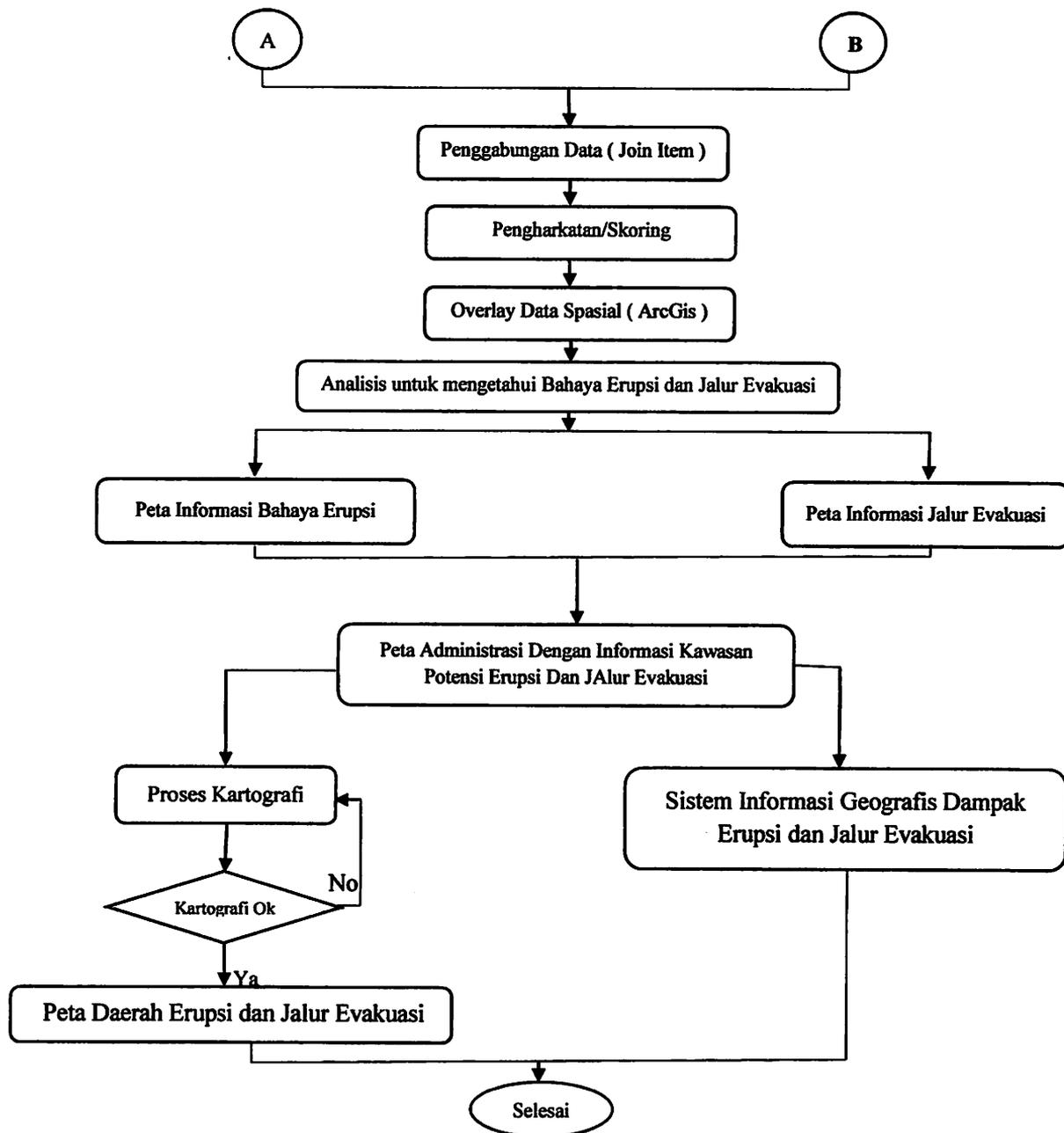
5. Peta Geologi 1 : 200.000
6. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) 1:200.000

B. Data Atribut merupakan data berbentuk tabel atau deskripsi yang menerangkan gambaran dari data spasial.

III.3.2. Diagram Alir Penelitian

Dalam sebuah penelitian perlu dibuat alur langkah kerja untuk memudahkan proses penelitian. Diagram alir penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

III.4. Basis Data

Basis data merupakan kumpulan dari berbagai data yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya. Database merupakan salah satu komponen penting dalam sistem informasi karena memberikan informasi kepada user. Penyusunan basis data dalam penelitian ini antara lain:

1. Entitas/ *entity*

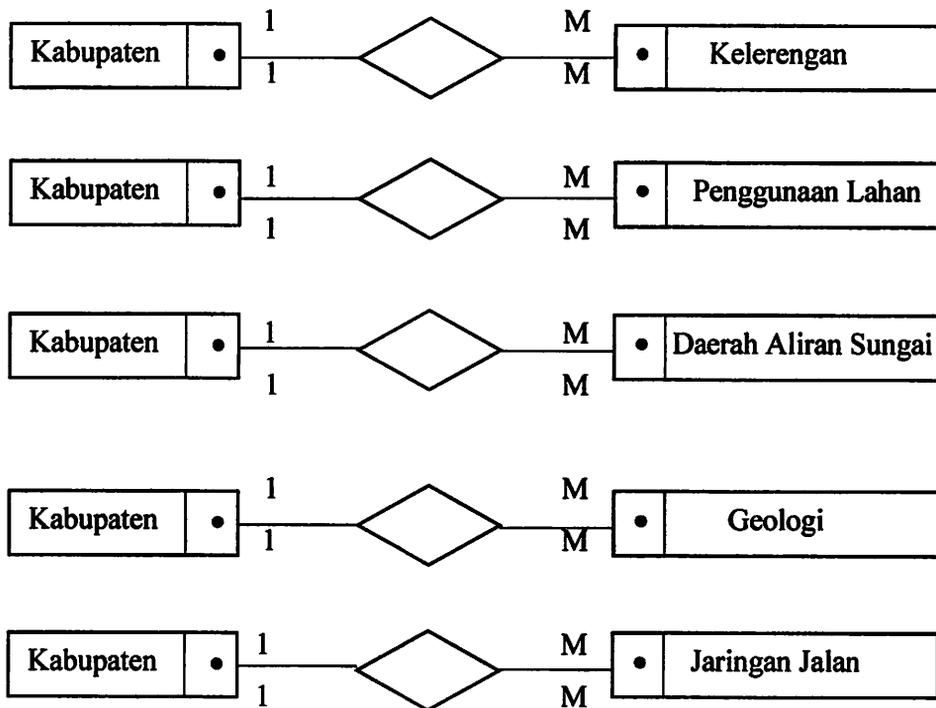
- a. Peta Administrasi
- b. Peta Kelerengan
- c. Peta Penggunaan Lahan
- d. Peta Daerah Aliran Sungai
- e. Peta Geologi
- f. Peta Jaringan Jalan

2. *Enterprise Rule*

- a. Satu kabupaten pasti memiliki beberapa tingkat kelerengan
- b. Tingkat kelerengan yang beranekaragam pasti ada dalam satu kabupaten
- c. Dalam satu kabupaten pasti mempunyai beberapa jenis penggunaan lahan
- d. Beberapa jenis penggunaan lahan pasti ada dalam sebuah kabupaten
- e. Satu kabupaten pasti mempunyai beberapa daerah aliran sungai
- f. Beberapa daerah aliran sungai pasti ada dalam satu kabupaten
- g. Satu kabupaten pasti memiliki peta kawasan rawan bencana
- h. Peta kawasan rawan bencana pasti ada dalam satu kabupaten
- i. Satu kabupaten pasti memiliki beberapa jaringan jalan
- j. Beberapa jaringan jalan pasti ada dalam satu kabupaten

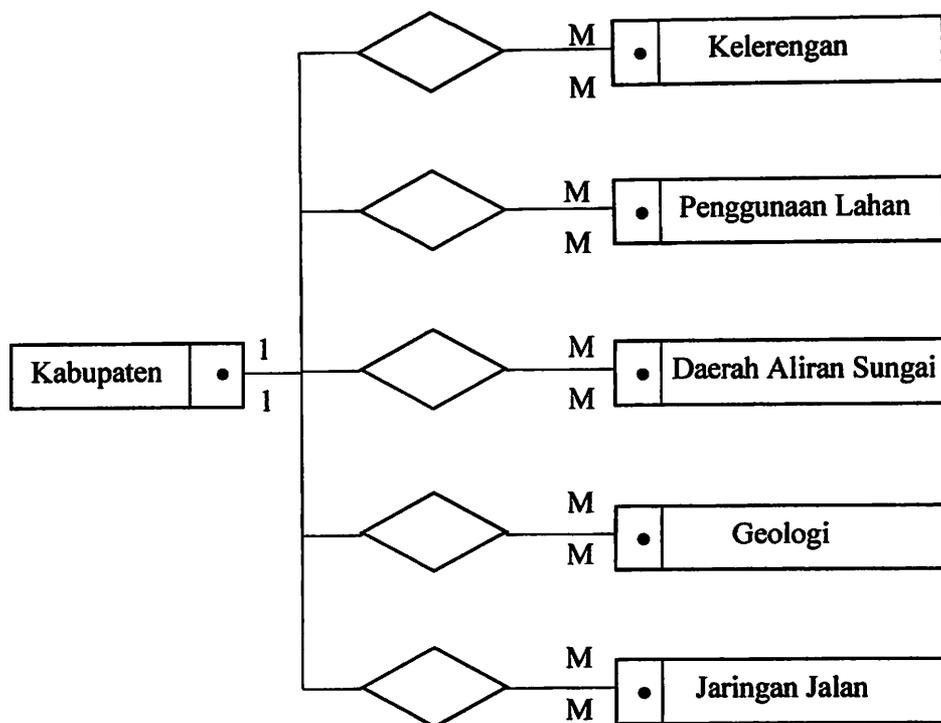
3. Hubungan antara *Entitas* dan *Obligatory*

Hubungan antar *Obligatory* maupun non *obligatory* yang ada pada penelitian ini dideskripsikan pada diagram dibawah ini:



Gambar 3.3 Diagram *Obligatory/non Obligatory*

4. Diagram Entity Relationship



Gambar 3.4 Diagram *Entity Relationship*

5. Tabel Skeleton

Tabel skeleton dalam penelitian ini adalah informasi atribut data spasial yang digunakan. Data spasial tersebut terdiri dari beberapa parameter antara lain:

Tabel 3.1 Atribut Administrasi

ID KEC *	KECAMATAN	KABUPATEN	AREA	PERIMETER	HECTARES
122603	Candipuro	Lumajang	142483582,492	77295,597	14248,358
122618	Gucialit	Lumajang	100007633,255	51228,903	10000,763
122612	Jatiroto	Lumajang	57958470,415	45762,775	5795,847
122609	Kunir	Lumajang	54512190,606	38007,175	5451,219
122606	Lumajang	Lumajang	28540046,724	43997,933	2854,005
122604	Pasirian	Lumajang	125607927,689	62032,012	12560,793
122616	Pasurjambé	Lumajang	165483257,025	76952,752	16548,326
122602	Pronojiwo	Lumajang	145066444,205	55713,256	14506,644
122611	Rowokangkung	Lumajang	56811182,603	47659,558	5681,118
122614	Sukodono	Lumajang	27985375,932	37948,246	2798,538
122607	Sumbersuko	Lumajang	25942532,739	33182,915	2594,253
122608	Tekung	Lumajang	30596745,209	36886,642	3059,675
122605	Tempeh	Lumajang	75456072,014	55777,315	7545,607
122601	Tempursari	Lumajang	103942266,732	50430,62	10394,227
122610	Yosowilangun	Lumajang	70526041,792	39866	7052,604
122619	Kedungjajang	Lumajang	69270708,883	52530,184	6927,071
122615	Padang	Lumajang	56506304,1	38655,551	5650,63
122617	Senduro	Lumajang	181161104,571	85032,619	18116,11
122621	Ranuyoso	Lumajang	113174264,84	65475,588	11317,426
122620	Klakah	Lumajang	74168577,208	62056,188	7416,858
122613	Randuagung	Lumajang	100512708,005	63772,765	10051,271

Tabel 3.2 Atribut Kelerengan

FID	Shape *	ID	GRIDCODE	Keterangan	Luas	Kelas Info
0	Polygon	747	2	2 - 4 %	234313000	Landai_Berobak
1	Polygon	788	3	4 - 8 %	232657000	Agak_Miring
2	Polygon	789	4	8 - 15 %	265093000	Miring
3	Polygon	790	5	15 - 30 %	306902000	Agak_curam
4	Polygon	150	7	>45 %	8329380	Sangat_curam
5	Polygon	150	6	30 - 45 %	74505700	Curam
6	Polygon	771	1	0 - 2 %	1373,11	Datar

Tabel 3.5 Atribut Geologi

FID	Shape *	ID KEC	KABUPATEN	KET	Skor Geolo
0	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
1	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
2	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
3	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
4	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
5	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
6	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
7	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
8	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
9	Polygon	122603	Lumajang	Batuan Alluvium	20
10	Polygon	122603	Lumajang	Old Kuartar vulkanik	5
11	Polygon	122603	Lumajang	Old Kuartar vulkanik	5
12	Polygon	122603	Lumajang	Old Kuartar vulkanik	5
13	Polygon	122603	Lumajang	Old Kuartar vulkanik	5

Tabel 3.6 Atribut Jaringan Jalan

FID	Shape *	KODE UNSUR	TOPONIM	Lenght
0	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	67,77377
1	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	69,917588
2	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	159,1643
3	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	65,92915
4	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	147,324238
5	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	95,529508
6	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	74,297211
7	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	65,943347
8	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	521,858424
9	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	95,89769
10	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	62,379596
11	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	65,54068
12	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	21,985604
13	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	510,834051
14	Polyline ZM	20116	Jalan Lingkungan	94,634767

III.5. Proses Pengolahan Data

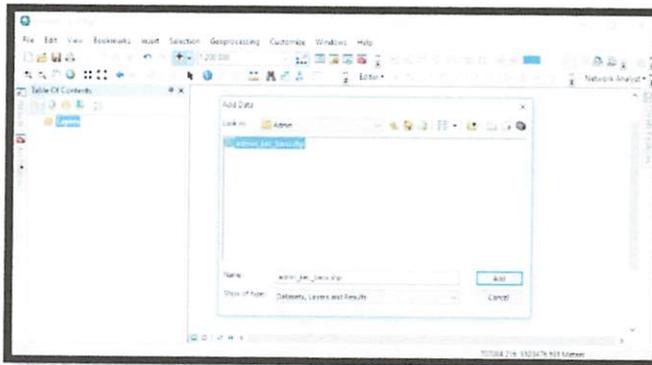
Proses pengolahan data dalam penelitian ini meliputi dua tahap yaitu pengolahan data untuk prediksi kawasan erupsi gunung semeru dan proses solusi jalur evakuasi. Berikut merupakan tahapan pada kawasan bencana erupsi.

III.5.1. Proses Pengolahan Data Kawasan Bencana Erupsi

Proses pertama yaitu pengolahan data untuk kawasan rawan bencana erupsi gunung semeru adalah sebagai berikut :

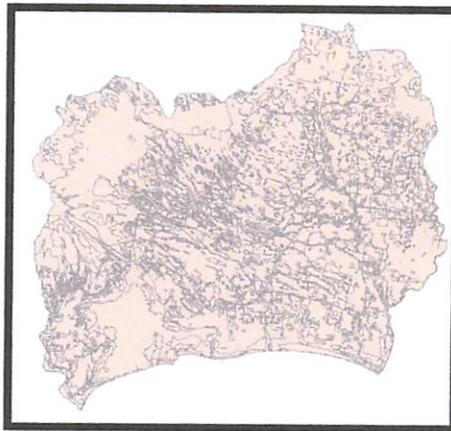
A. Menampilkan Data Spasial Di *software Arcgis 10.1*

1. Buka *software arcgis* >lalu pilih *add data*, pilih *file* yang akan ditampilkan.



Gambar 3.5 Proses menginput *file*

2. Berikut adalah tampilan data spasial yang berhasil di *input*.



Gambar 3.6 Tampilan data *spasial* Penggunaan Lahan di *Arcgis*

B. Editing Attribute Table

1. Klik kanan pada salah satu *layer* (Misal : administrasi) lalu pilih open *attribute table*.

ID	Shape	D.KEC	KECAMATAN	KABUPATEN	ABSA	PERMETER	HEKTARE	Jumlah	kepadatan	luas seban	perkebunan	Struktur	Shape_Leng	Shape_Area
1	Polygon	122010	Candora	Lumajang	14243501.454	77291.597	14243.550	55205	441	144.92	Perdesaan	PKLp I	73094.859145	142559770.177
2	Polygon	122010	Quawat	Lumajang	100007633.255	51220.903	10000.763	25100	348	72.83	Perdesaan	PKLp IV	51207.023978	100472760.110
3	Polygon	122012	JMrote	Lumajang	57950470.416	45762.770	5795.047	43161	500	77.06	Perdesaan	PKLp III	45743.16160	58006401.3670
4	Polygon	122020	Kunir	Lumajang	44542190.600	30207.170	44541.219	49088	994	56.16	Perdesaan	PKLp III	39380.91822	64859021.7232
5	Polygon	122050	Lumajang	Lumajang	28640068.724	43999.633	2864.006	76051	2931	30.26	Perdesaan	PKL	44004.298118	286616134.268
6	Polygon	122004	Pakrae	Lumajang	126607027.600	62032.011	12660.703	86287	484	103.91	Perdesaan	PKLp I	62441.271786	126664206.306
7	Polygon	122016	Pakuyame	Lumajang	165403267.026	76964.762	16540.326	36066	378	97.1	Perdesaan	DKLp IV	76940.204919	165654307.609
8	Polygon	122002	Pringyo	Lumajang	145006444.200	50710.260	145006.444	34929	992	30.74	Perdesaan	PKLp I	50996.502470	145264030.782
9	Polygon	122011	Rovikangung	Lumajang	50881162.001	47659.500	5081.110	35212	459	77.95	Perdesaan	PKLp III	47924.554950	50914007.0500
10	Polygon	122014	Sukadima	Lumajang	276865196.932	37844.240	2768.650	48978	1607	36.79	Perdesaan	PKL	37896.072641	276808166.5445
11	Polygon	122007	Sumberuko	Lumajang	24642612.739	33182.918	2464.261	54148	1287	26.64	Perdesaan	PKL	33188.238662	24640781.0268
12	Polygon	122005	Tekung	Lumajang	20598746.200	36880.642	2059.876	33931	1116	30.4	Perdesaan	PKLp III	36890.918919	206026248.4743
13	Polygon	122000	Tempel	Lumajang	7426072.014	62777.391	7426.007	81422	922	30.05	Perdesaan	PKLp I	62924.604500	7421262.4030
14	Polygon	122001	Tembakan	Lumajang	103942006.732	35439.001	10394.207	23320	259	101.30	Perdesaan	PKLp I	51304.543050	103942006.950
15	Polygon	122010	Yokokhangung	Lumajang	70526041.792	39066.726	7052.604	58440	719	81.3	Perdesaan	PKLp III	40264.274164	71388497.4938
16	Polygon	122019	Kelumpang	Lumajang	69270700.863	62830.164	6927.071	45071	488	92.33	Perdesaan	PKLp I	62648.264273	69312078.6681
17	Polygon	122016	Pakang	Lumajang	66608104.11	38844.481	6660.81	36083	874	52.79	Perdesaan	PKL	18862.868024	66620781.8296
18	Polygon	122012	Sendo	Lumajang	181181804.071	80030.890	18118.11	46000	197	220.65	Perdesaan	PKLp IV	80297.682595	181437130.930
19	Polygon	122021	Ranyosk	Lumajang	110174204.04	66476.000	11017.420	41640	423	96.42	Perdesaan	PKLp I	66136.904462	110172800.920
20	Polygon	122020	Kawan	Lumajang	7416677.000	62056.100	7416.000	50890	600	83.07	Perdesaan	PKLp I	62029.402177	7420072.0002
21	Polygon	122012	Rambuangung	Lumajang	100942700.005	63772.706	10091.271	65301	632	103.41	Perdesaan	PKLp I	64473.831022	100942700.592

Gambar 3.7 Tampilan Atribut Table

2. Menambahkan kolom *file* baru untuk memberikan nilai skor dengan cara > pilih *Table options*, *add field* berikan nama skor kemudian simpan dengan *format short integer*.

Add Field

Name:

Type:

Field Properties

Precision:

OK Cancel

Gambar 3.8 Proses membuat *colom field* baru

3. Untuk melakukan *editing* tabel klik *editor > star editing*



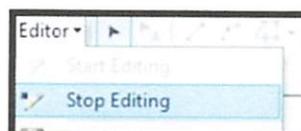
Gambar 3.9 Star Editing

4. Setelah *star editing*, maka kita sudah bisa melakukan *editing* pada atribut data spasial, dengan cara klik kanan pada *layers* yang akan di *edit* (misal : kedalaman-airtanah), pilih *open atribut table*, kemudian akan muncul atribut data spasial tersebut seperti, kemudian isi nilai skor pada tabel skoring.

FID	Shape *	FID Clip K	Keterangan	Kelas Info	Skor Keter
12	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
13	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
14	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
15	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
16	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
17	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
18	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
19	Polygon	0	2 - 4 %	Landai_Berobak	2
20	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
21	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
22	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
23	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
24	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
25	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
26	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
27	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
28	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
29	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
30	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
31	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
32	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
33	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
34	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
35	Polygon	1	4 - 8 %	Agak_Miring	2
36	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
37	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
38	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
39	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
40	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
41	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
42	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4
43	Polygon	2	8 - 15 %	Miring	4

Gambar 3.10 Editing nilai skor

5. Jika sudah selesai melakukan *editing* klik *editor > stop editing*



Gambar 3.11 Stop Editing

6. Lakukan hal yang sama terhadap semua parameter yang digunakan dalam menentukan wilayah erupsi.

C. Pengharkatan / Skoring Parameter

Nilai skoring yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.7 Skor Kelerengan

No.	Kemiringan Lereng	Klasifikasi	Bobot	Nilai Kemampuan	Total Skor %
1	<0-15 %	Datar	15	1	15
5	15- >45%	Sangat Curam		5	75

Tabel 3.8 Skor Geologi

No.	Geologi	Nilai Kemampuan	Bobot	Total Skor %
1	Old Kuartar vulkanik	1	5	5
2	Batuan Alluvium			10
3	Miosen Sedimentary	2		15
4	Batuan Vulkanik	3		20
5	Batuan Alluvium	4		

Tabel 3.9 Skor Penggunaan Lahan

No.	Penggunaan Lahan	Nilai Kemampuan	Bobot	Total Skor %
1	Hutan, Rawa, Padang Rumput, Danau, Pasir Laut	1	1	1
2	Lahan Kosong, Ladang/tegalan, sawah tadah hujan	3	4	12
3	Pemukiman	4	20	80

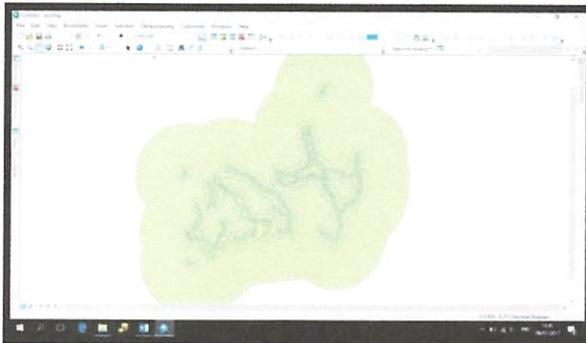
Tabel 3.10 Skor Daerah aliran Sungai

No	Daerah Aliran Sungai (DAS)	Klasifikasi	Skoring	Bobot	Total Skor
1	< 250 meter	Dekat	5	15	75
2	250 - 500 meter	sedang	3		45
3	500-1000 meter	Jauh	2		30
	1000-15000 meter	Sangat jauh	1		15

D. Buffer

Dalam penelitian ini ada beberapa parameter yang harus dibuffer sebelum di overlay diantaranya adalah Sungai, Jarak dari kepundan. Berikut merupakan proses buffer.

1. Klik *acr toolbox > analisis tools > proximiti > multifle ring buffer* Brows peta pad *input features* – pilih Sungai, kemudian pilih folder tempat penyimpanan hasil *multiple ring buffer* pada *output features*, Masukkan jarak *buffer* dari mata air sesuai dengan kriteia yang sudah di tentukan , jika sudah makan klik *ok*. Dibawah ini merupakan hasil buffer sungai.



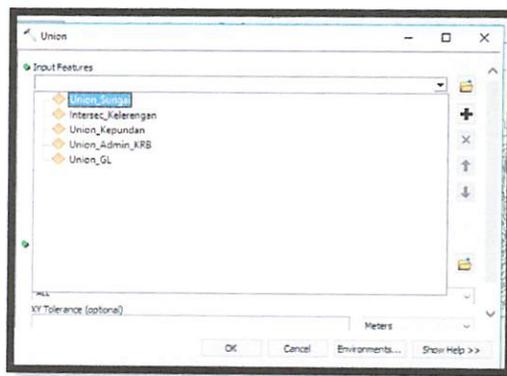
Gambar 3.12 Hasil Buffer sungai

E. Overlay Peta

Setelah atribut setiap parameter sudah benar, maka langkah selanjutnya adalah melakukan overlay terhadap setiap parameter, *feature* yang digunakan pada proses

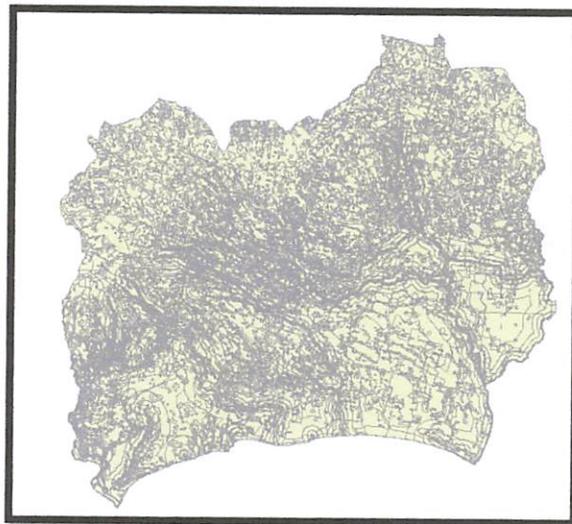
overlay menggunakan *union* agar kedua *coverage* tercakupi, Berikut proses *overlay* pada *arcgis* :

1. Dengan mengaktifkan feature arc toolbox > analysis tools > overlay > union. kemudian browse data spasial Penggunaan Lahan, Kelerengan, Daerah Aliran Sungai, dan Curah Hujan, kemudian pada output features, berikan nama hasil overlay yakni Hasil Overlay Union serta pilih folder lokasi penyimpanan hasil overlay, kemudian klik OK.



Gambar 3.13 Proses Overlay

2. Setelah proses overlay selesai maka akan muncul hasil overlay



Gambar 3.14 Hasil Overlay

F. Klasifikasi Data Spasial

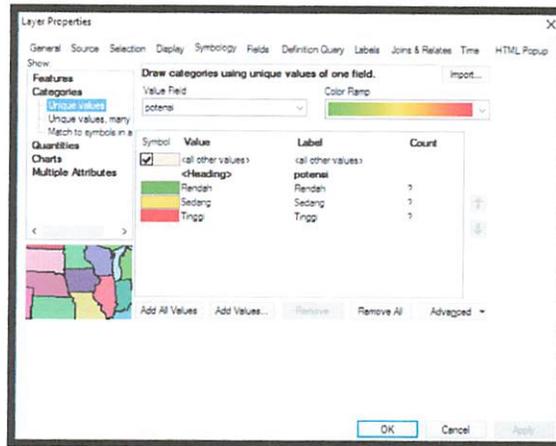
Tahapan klasifikasi data spasial terlebih dahulu dilakukan dengan proses penjumlahan nilai skor pada tiap-tiap parameter.

1. Langkah pertama adalah membuat field baru untuk hasil penjumlahan skor dengan cara membuka *open atribut table > table option > add field* kemudian beri nama "Total skor", kemudian lakukan penjumlahan skor dengan perhitungan melalui *field calculator* untuk skor pada masing-masing parameter seperti pada gambar 3.15



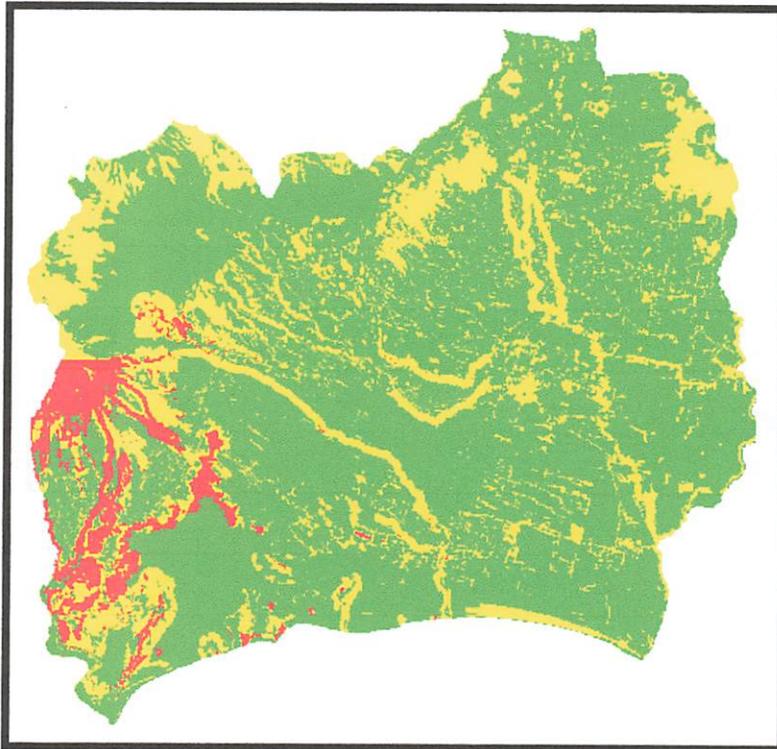
Gambar 3.15 Proses perhitungan skor

2. Setelah didapatkan total skor kemudian nilai harkat tersebut diklasifikasikan berdasarkan interval kelas untuk Kawasan Rawan Bencana Erupsi dengan cara membuat field baru dengan nama "Potensi" untuk klasifikasi tingkat potensi. Untuk memberikan simbolisasi pada data spasial dilakukan tahapan dengan membuka *layer properties*, pada kolom label *Symbology > Categories > Value field* ganti nama *layer* yang telah dibuat (Potensi), setelah itu *add all values* kemudian ok.



Gambar 3.16 Simbolisasi data spasial

3. Maka hasilnya dari klasifikasi data untuk potensi bahaya erupsi akan terlihat seperti gambar 3.14.



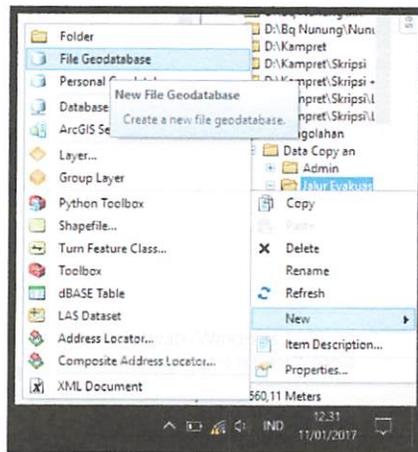
Gambar 3.17 Hasil klasifikasi data untuk potensi bahaya erupsi

G. *Network Analyst* Untuk Jalur Evakuasi

Untuk menentukan jalur evakuasi terhadap kawasan bencana erupsi menggunakan analisis network, berikut cara pembuatannya.

1. Tahap pertama, *Network Analysis* ialah mempersiapkan data yang akan digunakan karena data GIS standar dalam bentuk shapefile tidak dapat langsung digunakan sebagai input, akan tetapi harus diubah ke dalam format khusus. Pada ArcGis, format data yang dapat digunakan untuk proses *Network Analysis* ialah format *Geodatabase*. Setelah data dalam bentuk Shapefile diubah menjadi geodatabase, langkah berikutnya ialah membuat *Network Dataset* dimana kita bisa mensetting data dan parameter yang digunakan untuk *Network Analysis*. Berikut ini adalah langkah-langkah penyusunan file database:

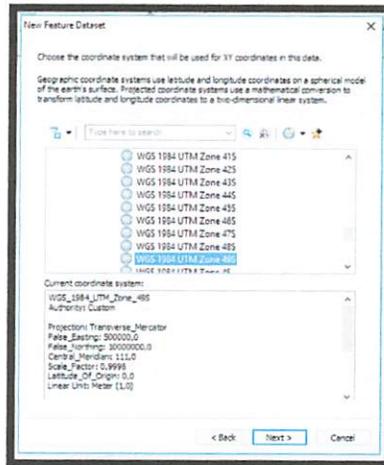
- a. Klik ikon *ArcCatalog* Pilih folder yang dibutuhkan (folder sesuai dengan tempat penyimpanan user). Buat *Geodatabase* baru dengan tipe *File Geodatabase* (format *Shapefile* harus diubah ke format yang baru yaitu *Geodatabase*) yaitu dengan cara klik kanan pada ruang yang kosong dan pilih *New – File Geodatabase*.



Gambar 3.18 Proses pembuatan *Geodatabase*

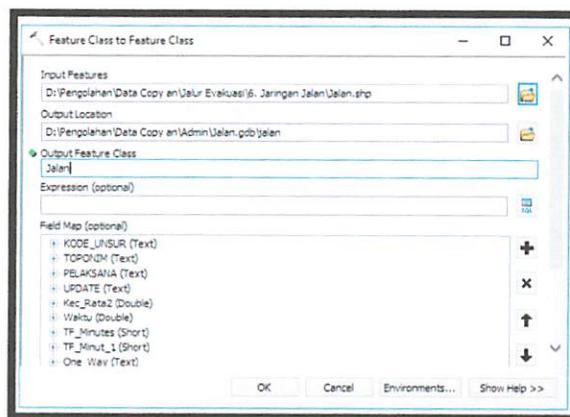
- b. Lalu Rename file tersebut dengan nama “Jalan”, lalu klik kanan pada file *Geo-Database* baru tersebut, pilih *New – Feature Dataset*, tuliskan “Jalan” pada kolom isian nama *New Feature Dataset*, lalu klik Next. Pilih *Projected*

Coordinate Systems – UTM – WGS 1984, Lalu pada *WGS 1984*, pilih *Zone 49N*. Lalu, klik *Next*. klik *Next* lagi, lalu *Finish*. Kemudian akan muncul tampilan *file Jalan* dengan *type File Geodatabase Feature Dataset*.



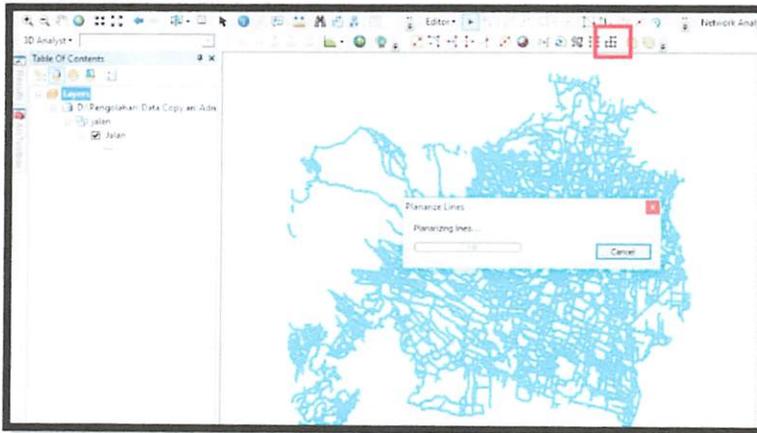
Gambar 3.19 Proses *Projected coordinate systems*

- c. Langkah selanjutnya yaitu klik kanan pada *Jalan* dengan *type File Geodatabase Feature Dataset* lalu pilih *Import – Feature Class (single)*, *Add Input Features* dengan cara buka folder sebelumnya lalu pilih *Jalan.shp*, setelah diklik maka *Field Map (optional)* dengan otomatis akan terisi, untuk *Output Feature Class*, isikan “*jalan*” didalamnya, Setelah itu OK.



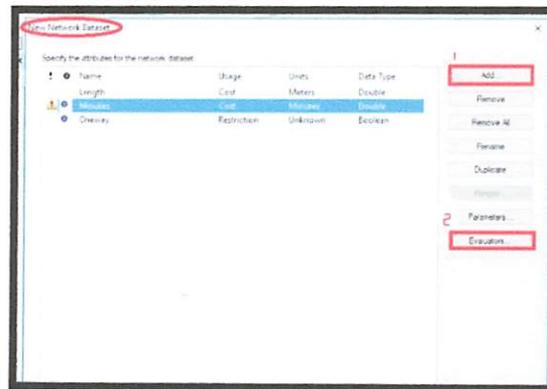
Gambar 3.20 Proses *Input Features*

- d. Agar benar-benar tersambung harus pakai *planarize*,> blok semua garis, jika di toolbar tidak ada *planarize*, klik kanan pada menu bar, pilih *tipology* pada argis 10.0, pada argis 10.1 pilih *advance setting*. Maka akan Nampak menu *advance*. Kemudian pilih *planarize line*.



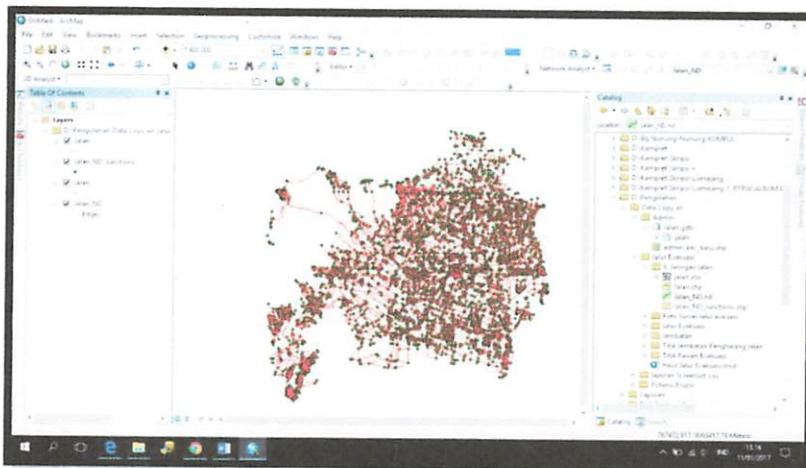
Gambar 3.21 Proses *Planarize Line*

- e. Setelah *diplanarize line*, lalu klik kanan di ruang kosong, pilih *New – Network Dataset*, ketik “Jalan” lalu klik *Next*, Lalu klik *Next* lagi, Selanjutnya akan muncul tampilan *New Network Dataset* klik *Next* >klik *Next*>klik *Next*, Lalu muncul tampilan *New Network Dataset* yang mengharuskan kita mengisi *Specify the attributes for the network dataset*, dengan cara klik *Add* lalu lengkapi *Add New Attribute* yang ada diantaranya isikan waktu pada kolom *Name*, *Cost* untuk *Usage Type*, *Minutes* untuk *Units* dan *Double* untuk *Data Type*, lalu klik *OK*.



Gambar 3.22 Proses *New Network Dataset*

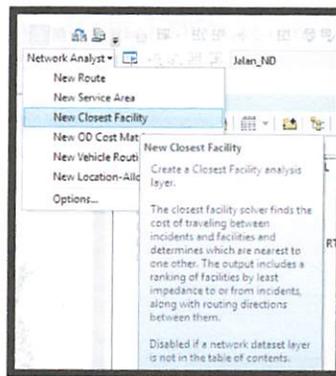
- f. Lalu klik *Evaluators* yang berada di sudut kanan bawah lalu pilih “*Field*” untuk masing-masing *Type* begitupun untuk *Value*. Untuk *Value* jalan dengan *Direction From – To*, pilih *FT* dan pilih *TF* untuk *Direction To – From*. Lalu, OK. Lalu klik *Next*, klik *Next*.
- g. Setelah muncul tampilan *Summary*, kemudian klik *Finish*. Pilih, Yes, maka tahapan *Building the Network Dataset* (dengan menggunakan *ArcCatalog*) telah berhasil.



Gambar 3.23 Hasil *Network Database*

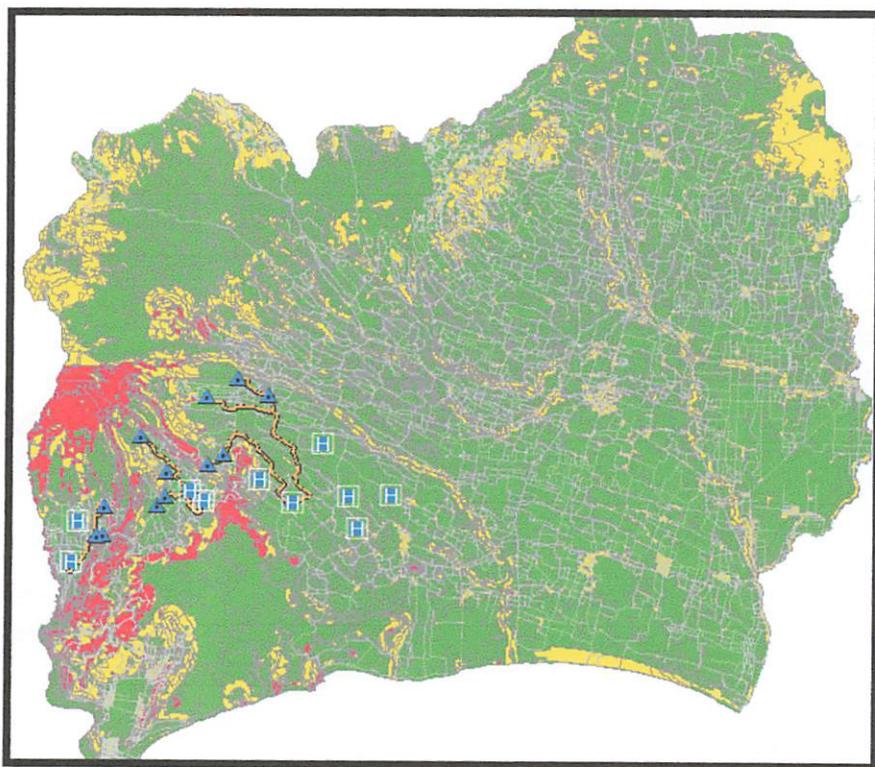
2. Tahap kedua, route analyst dapat menentukan *route* optimal dimana terdapat dua atau lebih titik yang harus dilewati. Penentuan rute optimal tersebut dapat berdasarkan jarak, waktu ataupun indikator lainnya. Hasil analisis *route* yaitu memberikan informasi semua *route* yang mungkin dari jalan (*start*) menuju jalan lain (*finish*) dengan batasan jarak tertentu dan jumlah frekuensi jalan yang dilalui. Berikut ini adalah langkah-langkah penyusunan route analyst :

- a. Pada *ArcMap*, pilih *add* data pilih *shapefile*, Lokasi rawan potensi dan Lokasi Titik Evakuasi. Lalu klik *Add*, selanjutnya klik *Add Data*. Pilih *Jalan.gdb* (*double click*) – *Jalan* – *Jalan*. Lalu, pilih *Add*, klik *Network Analyst* – pilih *New Route*.



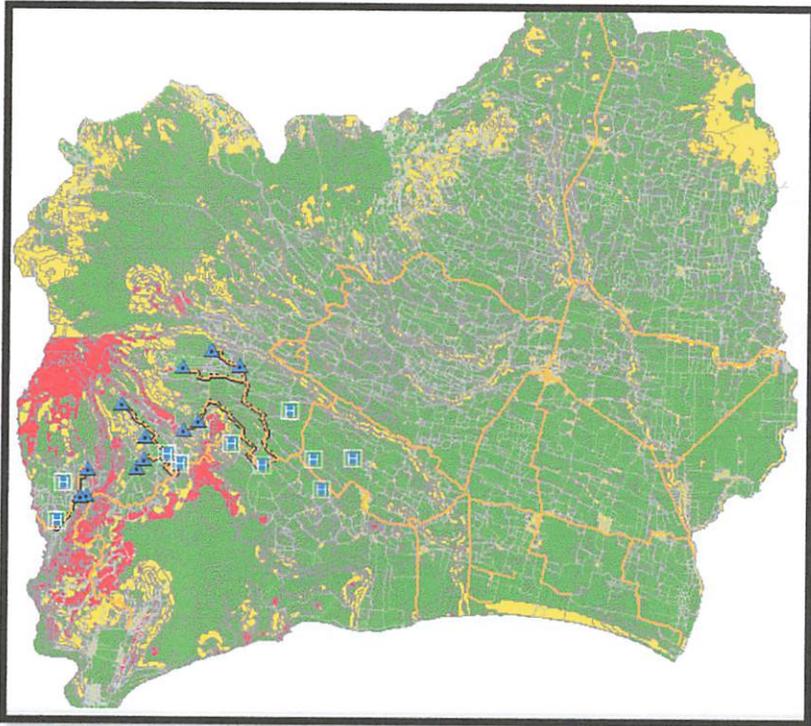
Gambar 3.24 Proses *Network Analyst*

- b. Pilih *network analyst window* >klik kanan pada *facilities* >*load locations* >isikan titik tempat pengungsian>*ok*, klik kanan pada *incidents* >*load locations* >isikan titik incident,<i>ok.



Gambar 3.27 Hasil *Route Optimal* dari *Analyst Network*

- e. Tampilan *start editing*, kemudian pilih jalur evakuasi, lalu ok. Pada *toolbar editor* pilih *trace* untuk digitasi secara otomatis mengikuti garis *route*. Pada *toolbar editor* pilih *save edit*, lalu *stop editing*, selesai. Hasil digitasi berupa *shapefile* jalur evakuasi.
- f. Dari hasil analisis network untuk solusi jalur evakuasi kawasan erupsi gunung semeru diatas, maka selanjutnya akan di evakuasi ke lokasi yang jauh dari kawasan rawan erupsi yang berkriteria tinggi dan sedang, dimana sebagian jalur ini merupakan jalan raya utama Malang-Lumajang yang dijadikan jalur evakuasi oleh dinas Bappeda lumajang. Jalur warna orange merupakan jalur evakuasi yang ditentukan oleh Bappeda, seperti pada gambar 3.27



Gambar 3.28 Jalur evakuasi Bappeda

g. Aditing Tabel

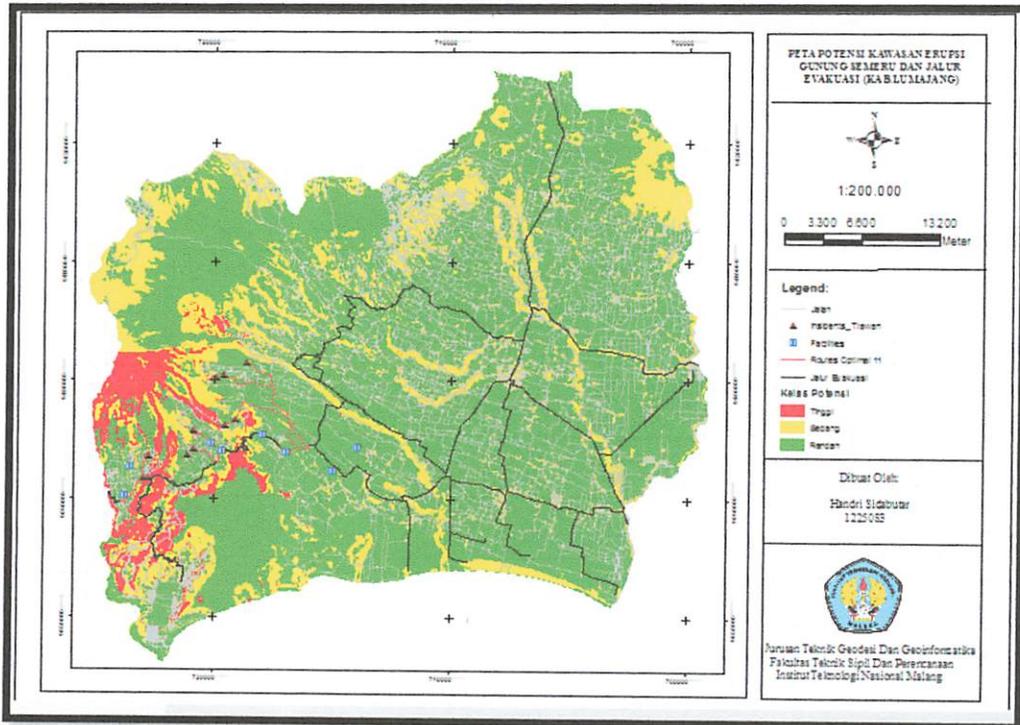
Klik kanan pada salah satu layer (misalnya : Solusi jalur evakuasi) lalu pilih open attribute table> pilih *Table options, add field* berikan nama “Doc.Jalur” kemudian simpan dengan *format Tex*, kemudian *editing* tabel klik *editor > star editing*.

FID	Shape *	Id	Nama Jalur	Doc Jalur	Keterangan
0	Polyline	1	Evakuasi 1	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Raya Utama
1	Polyline	2	Evakuasi 1	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Raya Utama
2	Polyline	3	Evakuasi 1	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lokal Cor Coran
3	Polyline	4	Evakuasi 2	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lokal Aspal
4	Polyline	5	Evakuasi 2	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lingkungan Aspal dan
5	Polyline	6	Evakuasi 2	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lingkungan Cor
6	Polyline	7	Evakuasi 2	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lingkungan Cor
7	Polyline	8	Evakuasi 3	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lingkungan Aspal
8	Polyline	9	Evakuasi 3	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lingkungan Aspal
9	Polyline	10	Evakuasi 4	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lokal
10	Polyline	11	Evakuasi 4	<img src= "D:\Hasil Pengolahan\Doc. Survei Jalur	Jalan Lokal

Gambar 3.29 Editing tabel pada solusi jalur evakuasi

H. Penyajian Hasil Peta (*Layout Peta*)

Penyajian hasil peta merupakan pengaturan tata letak peta (*layout*) dengan memperhatikan kaidah-kaidah kartografi. Proses kartografi terutama untuk desain warna kelas tingkat kesesuaian dalam bentuk symbol. Proses pembuatan layout peta dengan mengaktifkan view dari (*layout view*) kemudian mengaktifkan insert dari tampilan project untuk membuat judul peta (*insert tile*). “Peta Daerah Erupsi Dan Jalur Evakuasi” kemudian masukan pula legend, north arrow, scale bar, dan informasi lainnya sebagai pelengkap informasi dalam peta.



Gambar 3.30 Hasil *Layout* Peta KRB dan Jalur Evakuasi



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Penelitian

Hasil akhir dari penelitian berupa peta prediksi kawasan rawan bencana erupsi Gunung Semeru dan solusi jalur evakuasi di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur.

IV.1.1 Hasil Penelitian Kawasan Potensi Rawan Erupsi

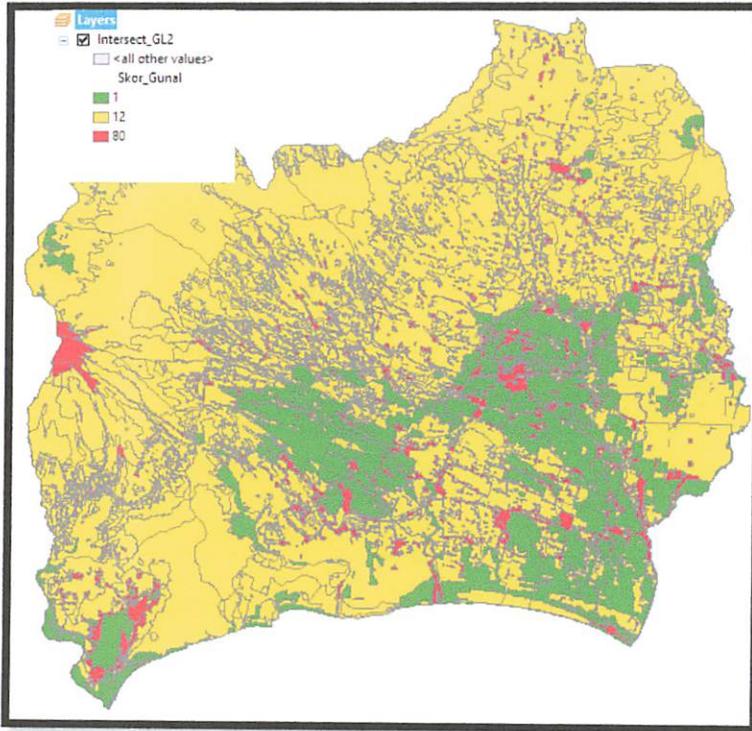
Hasil penelitian peta kawasan potensi erupsi gunung semeru dilakukan dengan proses penjumlahan skoring dan pembobotan. Dalam Pombobotan penelitian ini menggunakan konsep penilaian pengaruh terhadap kawasan erupsi, dimana parameter yang mempunyai pengaruh besar terhadap potensi wilayah bencana erupsi, mendapat bobot yang lebih tinggi dibandingkan dengan parameter yang lainnya. Sebaliknya parameter yang mempunyai pengaruh rendah terhadap potensi wilayah bencana erupsi, mendapat bobot yang lebih rendah terhadap parameter lainnya.

Berikut merupakan klasifikasi parameter-parameter yang mempengaruhi potensi wilayah dampak erupsi gunung semeru.

A. Parameter Penggunaan Lahan

Parameter penggunaan lahan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dalam penentuan kawasan erupsi, dimana alih fungsi lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya menyebabkan rawan terhadap dampak erupsi gunung semeru. Parameter penggunaan lahan kemudian diklasifikasikan berdasarkan tingkat kemampuan dan bobot yang telah ditentukan. Gambar 4.1 merupakan hasil dari penjumlahan tingkat kemampuan dan bobot terhadap penggunaan lahan.

Dari hasil klasifikasi pada parameter penggunaan lahan didapat luas wilayah kabupaten lumajang yang berpotensi terhadap bencana erupsi, seperti terlihat pada tabel 4.1.



Gambar 4.1 Peta Hasil klasifikasi Penggunaan Lahan

Tabel.4.1 Luas kawasan hasil klasifikasi parameter penggunaan lahan

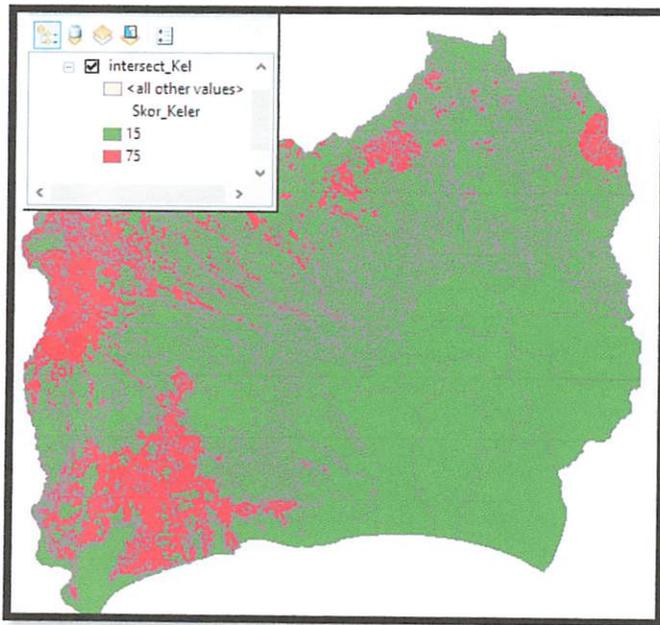
Kabupaten	Kelas_Potensi	Skor	Luas_Potensi (Ha)
Lumajang	Tinggi	80	15574,9143
	Sedang	12	135396,0284
	Rendah	1	29905,4701

B. Parameter Kelerengan

Tingkat parameter kelerengan yang telah ditentukan adalah kriteria datar, berkelombang dan kriteria agak curam, curam, sangat curam. Peta hasil klasifikasi parameter kelerengan dapat dilihat pada gambar 4.2.

Sedangkan untuk Klasifikasi nilai skoring daerah datar dan bergelombang dengan kelerengan 0-15% diberi skor 15, untuk daerah agak curam, curam dan sangat curam dengan kelerengan 15-40% diberi skor 75. Hasil dari klasifikasi pada peta kelerengan terdapat luas daerah yang kemiringannya 15 - >45% mencapai 38973,7481 Ha, sedangkan untuk luas

daerah yang kemiringannya 0 – 15% adalah 141890,5032 Ha. Dari hasil klasifikasi kelerengan ini, dapat dilihat bahwa parameter kelerengan merupakan salah satu yang mempengaruhi potensi wilayah erupsi gunung semeru. Atribut dari klasifikasi parameter kelerengan dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.2 Peta Hasil Klasifikasi Kelerengan

Tabel 4.2 Klasifikasi Parameter Kelerengan

No.	Kemiringan Lereng (%)	Klasifikasi	Skor	Luas Wilayah (Ha)
1	<0-15 %	Datar, Bergelombang	15	141890,5032
2	15- >45%	Agak curam, Curam, Sangat Curam	75	38973,7481

C. Parameter Geologi

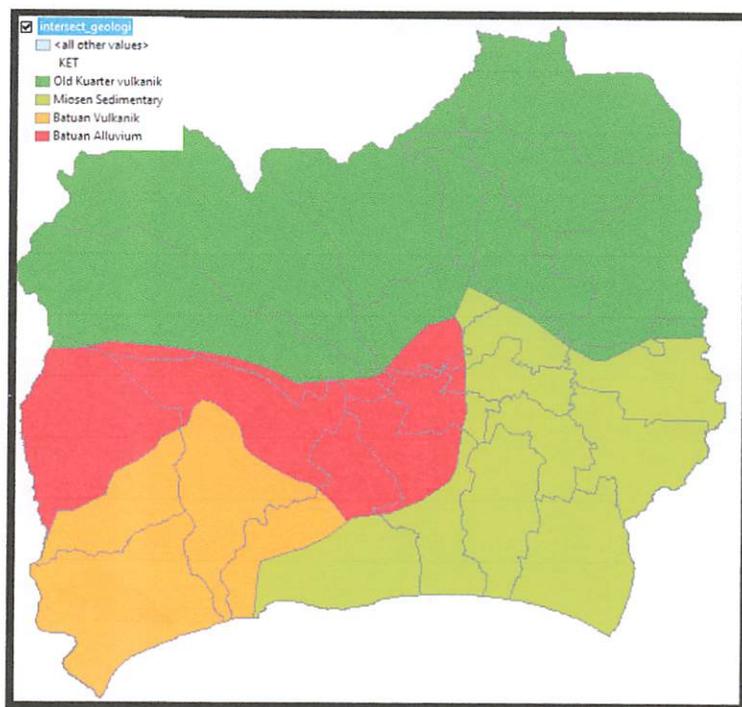
Dari hasil klasifikasi pada parameter geologi, jenis Old kuarter vulkanik lebih luas dibandingkan dengan jenis yang lainnya, akan tetapi nilai skor dari old kuarter vulkanik berada ditingkat rendah dengan nilai 5. Sedangkan untuk

nilai skor yang paling tinggi terdapat pada jenis Batuan Alluvium dengan nilai 20. Tabel 4.3 merupakan hasil dari klasifikasi pada parameter geologi.

Tabel 4.3 Klasifikasi Parameter Geologi

No.	Jenis_Klasifikasi	Skor	Luas_Geologi (Ha)
1	Batuan Alluvium	20	29307,9984
2	Batuan Vulkanik	15	25759,3709
3	Miosen Sedimentary	10	42369,5580
4	Old Kuarter vulkanik	5	83040,7817

Parameter geologi termasuk salah satu penentu kawasan erupsi gunung semeru. Dimana batuan yang dihasilkan dari endapan air, dapat mempengaruhi terjadinya erupsi. Peta hasil klasifikasi parameter geologi dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar.4.3 Hasil Klasifikasi Peta Geologi

D. Peta Daerah Aliran Sungai

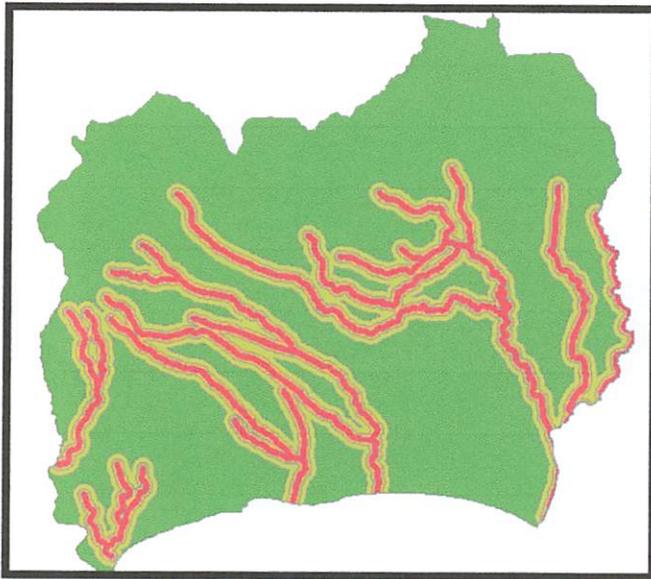
Parameter daerah aliran sungai merupakan bagian dari alam sebagai sumber air yang berada di kawasan gunung semeru. Daerah aliran sungai

yang ada digunung semeru dapat mempengaruhi tingkat potensi erupsi, karena berhubungan dengan parameter kelerengan sehingga ketika terjadi erupsi maka sungai menjadi jalur aliran untuk material yang dikeluarkan pada saat erupsi. Parameter sungai juga dapat berpengaruh terhadap daerah pemukiman yang berada di dataran rendah. Tabel 4.4 merupakan Hasil klasifikasi terhadap parameter sungai.

Tabel 4.4 Klasifikasi Parameter Daerah Aliran Sungai

No.	Kelas_Potensi	Jarak_Buffer (Meter)
1	Dekat	>250
2	Sedang	250 - 500
3	Jauh	500 – 1000
4	Sangat Jauh	1000 - 15000

Pada penelitian ini, parameter sungai kemudian dibuffer untuk mengetahui jarak terhadap pemukiman yang dapat menimbulkan ancaman dari dampak erupsi gunung semeru. Peta Hasil klasifikasi buffer parameter sungai dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar.4.4 Hasil Klasifikasi Peta Daerah Aliran Sungai

Dari hasil klasifikasi disetiap parameter, dapat diketahui bahwa kondisi geologi dengan daerah bahaya tingkat tinggi adalah daerah yang secara genetik terbentuk dari endapan dari beberapa jenis bahan yang meliputi lava, awan panas, lahar, atau jatuh material. Selain itu, faktor kemiringan dan bantuan unit juga menentukan tingkat bahaya di tempat tertentu. Dengan demikian, distribusi tingkat bahaya erupsi Gunung Semeru dipengaruhi oleh peta penggunaan lahan, geologi dan daerah aliran sungai yang menentukan frekuensi untuk mengekspos ke bahaya dan variasi dari berbagai jenis bahaya yang menimbulkan ancaman.

Penentuan kawasan bencana erupsi terdiri dari tingkat bahaya Tinggi, Sedang, dan Rendah. Dari hasil overlay dan analisa penjumlahan skoring pada parameter yang telah ditentukan bobotnya untuk memprediksi kawasan erupsi gunung semeru, dapat diketahui bahwa total luas potensi dampak erupsi gunung semeru dengan kelas tinggi diperoleh 8390,4607 Ha , sedangkan untuk kelas sedang diperoleh 43692,3906 Ha, dan untuk kelas rendah didapatkan 128260,4627 Ha, seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

Berdasarkan hasil penelitian untuk Kawasan Rawan Bencana Gunung Semeru, jika terjadi bencana erupsi Gunung Semeru maka penduduk yang berisiko terkena bencana erupsi paling tinggi adalah masyarakat yang tinggal di daerah sekitar G. Semeru terutama di 5 Kecamatan karena berada di kaki G. Semeru. Secara garis besar 5 kecamatan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6.

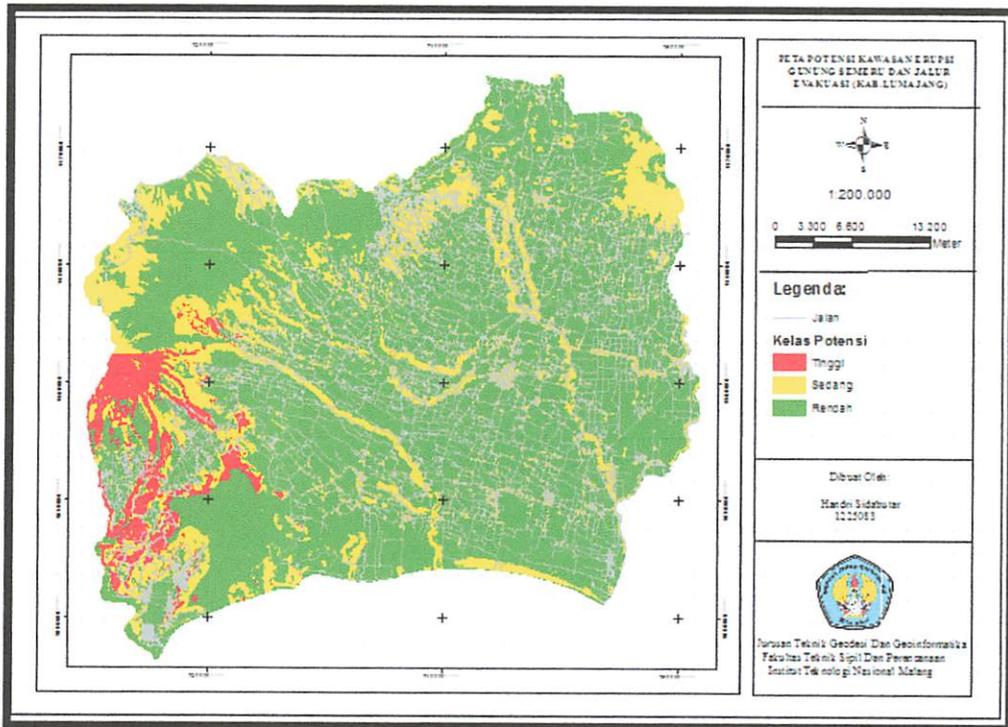
Peta hasil kawasan erupsi gunung semeru didapat dari hasil overlay pada setiap parameter yang mempengaruhi tingkat potensi kawasan erupsi. Sebelum di overlay parameter-parameter tersebut di klasifikasikan menggunakan analisis skoring dan pembobotan. Peta hasil klasifikasi parameter untuk penentuan Kawasan potensi dampak Erupsi Gunung Semeru dapat dilihat pada gambar 4.5.

Tabel.4.5 Hasil Klasifikasi Potensi Di setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Luas_Kelas_Potensi (Ha)		
		Tinggi	Sedang	Rendah
1	Lumajang	0	795,2664	1830,1721
2	Candipuro	859,0306	1901,4396	11051,4094
3	Gucialit	0	3228,8669	6776,3252
4	Jatiroto	0	1212,3611	4811,2944
5	Kedungjajang	0	2552,8784	4373,6987
6	Klakah	0	1813,4492	5456,9255
7	Kunir	0	870,327	4579,3466
8	Padang	0	985,8234	4688,0358
9	Pasirian	150,8792	2471,6051	9932,4161
10	Pasrujambe	463,4758	6270,445	9784,0265
11	Pronojiwo	5451,8136	3408,0272	5644,2758
12	Randuagung	0	2483,1609	7719,7317
13	Ranuyoso	0	2354,5271	8850,7349
14	Rowokangkung	0	997,286	4686,477
15	Senduro	0	5252,5456	12842,3364
16	Sukodono	0	607,1045	2082,5823
17	Sumbersuko	0	382,4752	2508,1171
18	Tekung	0	462,7607	2633,0468
19	Tempeh	0	1210,7143	6513,4753
20	Tempursari	1465,2615	3310,839	5611,8131
21	Yosowilangun	0	1120,488	5884,222
	Total	8390,4607	43692,3906	128260,4627

Tabel.4.6 Kecamatan yang terkena Bencana Erupsi Tinggi

No	Kecamatan	Luas Area Kecamatan (Ha)	Luas Area Erupsi (Ha)
1	Candipuro	14248,35825	859,0306
2	Pasirian	12560,79277	150,8792
3	Pasrujambe	16548,3257	463,4758
4	Pronojiwo	14506,64442	5451,8136
5	Tempursari	10394,22667	1465,2615



Gambar 4.5 Peta Hasil Kawasan Erupsi Gunung Semeru

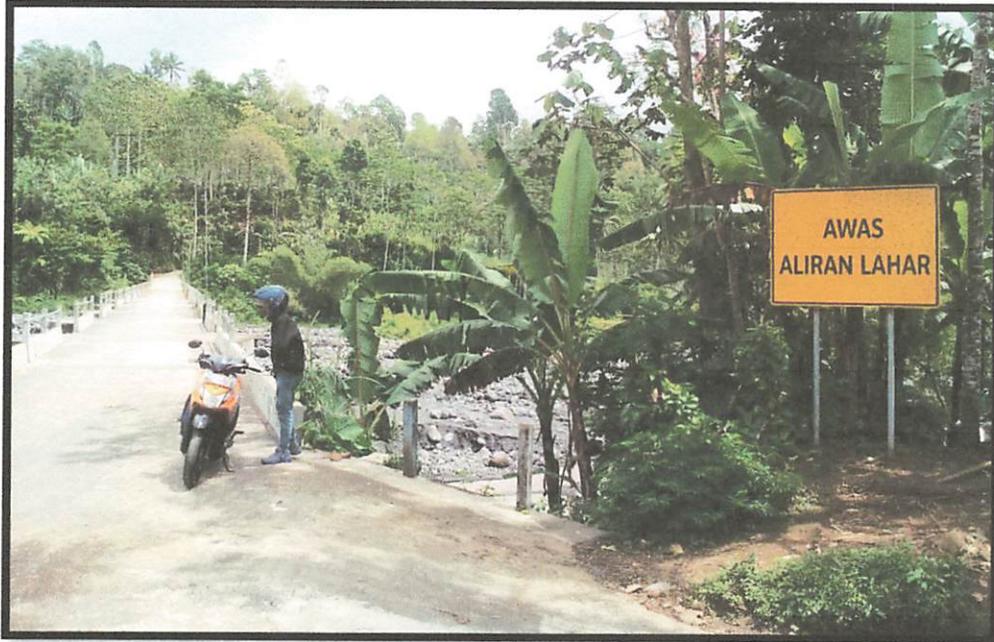
IV.2 Hasil Solusi Jalur Evakuasi

Penentuan solusi jalur evakuasi menggunakan metode analisis network yang disediakan dalam software arcgis. Jalur evakuasi di peroleh dari parameter jaringan jalan yang kemudian disurvei kelapangan untuk menentukan titik-titik evakuasi dan titik pengungsian berdasarkan titik yang sudah ditentukan oleh pemerintah lumajang kemudian disesuaikan dengan peta hasil kawasan yang berdampak erupsi Gunung Semeru.

IV.2.1. Penentuan Solusi Jalur Evakuasi

Setelah peta hasil kawasan potensi dampak erupsi gunung semeru diketahui maka dapat ditentukan jalur evakuasi pada kawasan yang berpotensi terhadap dampak erupsi gunung semeru. yang pertama dilakukan dengan survei lapangan pada jembatan yang berada didaerah kawasan erupsi guna untuk memastikan jalur yang dipakai tidak melewati jembatan yang terhubung aliran sungai utama pada kawasan erupsi Gunung Semeru. Salah satu contoh jembatan yang tidak bisa di

gunakan dalam penentuan jalur evakuasi yang ada di kecamatan pronojiwo dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Jembatan Kecamatan Pronojiwo

Selain jembatan faktor jalan juga sangat berpengaruh terhadap jarak dan waktu tempuh dari titik kumpul sementara untuk sampai ke titik pengungsian. Dari hasil survei lapangan jalan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jalan yang dapat dilalui oleh roda 4 (Empat), sehingga dalam proses evakuasi tidak memakan waktu. satu contoh jalur evakuasi yang ada di desa Sumber Sari Kecamatan Candipuro dapat dilihat pada gambar 4.7.

Sedangkan untuk titik kumpul merupakan daerah yang terkena dampak erupsi dengan lokasi yang dapat dijangkau oleh kendaraan roda 4 (empat) guna untuk mempermudah evakuasi. Gambar 4.8 merupakan contoh salah satu titik kumpul yang ada di kecamatan candipuro.



Gambar 4.7 Jalur Evakuasi Kecamatan Candipuro



Gambar 4.8. Titik Kumpul Kecamatan Candipuro

Dalam penentuan titik pengungsian berdasarkan acuan titik pengungsian yang sudah ditetapkan oleh Pemerintah Kabupaten Lumajang dengan pertimbangan terhadap kawasan yang terdampak potensi erupsi gunung semeru. Gambar 4.9 merupakan salah satu titik pengungsian yang ada di Kecamatan Supiturang.

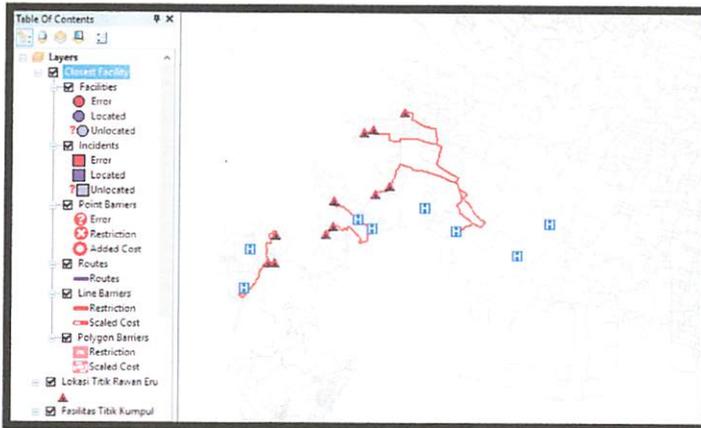


Gambar 4.9 Titik Pengungsian Kecamatan Supiturang

Proses penentuan jalur dengan metode analisis network dalam penelitian ini data spasial jaringan jalan. Kemudian dari hasil survei lapangan didapat titik *insident* atau titik kumpul tujuannya untuk mempermudah dalam evakuasi ke tempat pengungsian. Sedangkan untuk titik facility/titik pengungsian merupakan lokasi pengungsian yang jauh dari kawasan dampak erupsi yang kelas potensinya tinggi dan sedang. Untuk mendapatkan route yang lebih maksimal dalam mengevakuasi, penelitian ini menggunakan titik penghalang. Dasar dari pembuatan titik penghalang ini adalah jalur yang dilalui tidak melewati jembatan yang berada dialiran sungai jalur lava, kemudian untuk memilih jalur yang lebih baik sesuai hasil survei dilapangan.

Dari hasil survei lapangan pada jalan, titik kumpul, titik evakuasi dan titik penghalang maka didapat hasil *route analisis* yang diproses *disoftware arcgis* menggunakan analisis network. Setelah proses di analisis network selesai kemudian

digabungkan dengan peta potensi kawasan rawan bencana erupsi. Berikut merupakan hasil dari proses analisis network yang dapat dilihat pada gambar 4.10



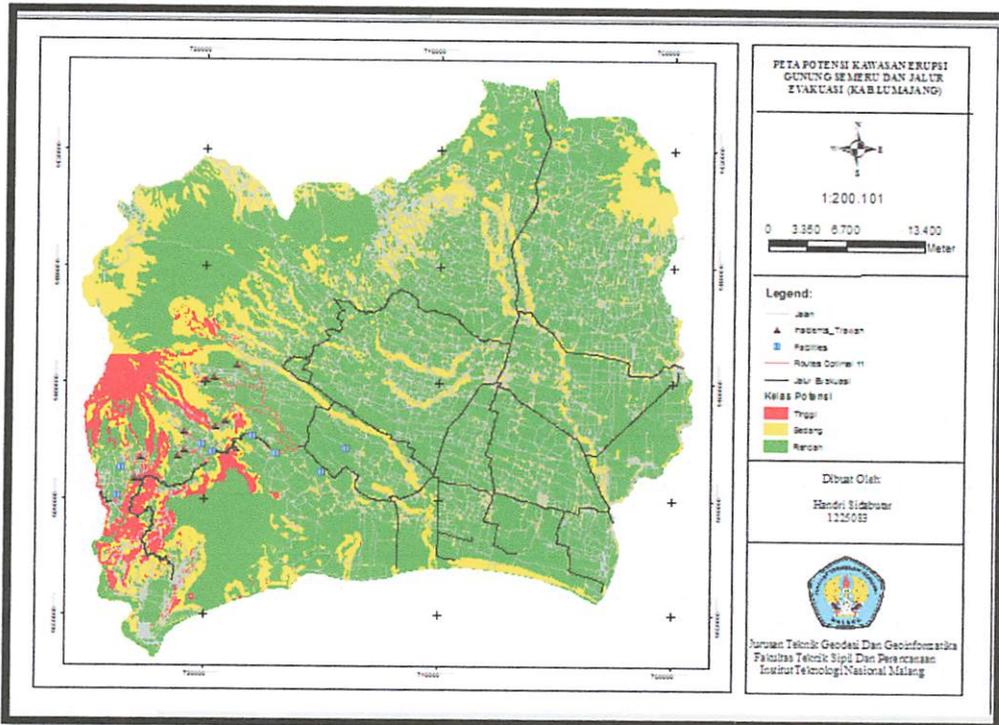
Gambar 4.10 Hasil Analisis Network

Tabel jaringan jalan pada hasil jalur evakuasi untuk kawasan bencana erupsi gunung semeru dapat dilihat pada tabel 4.7.

Berdasarkan hasil proses pembuatan jalur evakuasi, maka didapat route optimal untuk evakuasi antara lain, kecamatan Pronojiwo berada di Desa Tulungan dan Terminal Pronojiwo. Dari lokasi jalur evakuasi yang dihasilkan akan dievakuasi menuju desa Didomulyo yang merupakan titik evakuasi yang ada di wilayah Kecamatan Pronojiwo. Sedangkan untuk Desa Sumber Urip, Dusun Kamar A, Desa Sumber Sari dievakuasi ke Lapangan desa Supiturang. Untuk Kecamatan Candipuro berada di desa Sumber Rejodan dan desa Sumber Mujur akan dievakuasi ke Titik Pengungsian di lapangan desa Sumber Wuluh. Dari solusi jalur dan titik pengungsian semuanya bersifat sementara, tergantung dari aktifitas erupsi gunung semeru, jika terlalu berbahaya akan di evakuasi menuju titik pengungsian yang telah disediakan oleh pemerintah kabupaten Lumajang ke wilayah yang berpotensi rendah terhadap dampak erupsi gunung semeru. Data dokumentasi dan koordinat titik-titik yang digunakan dalam penentuan jalur evakuasi terdapat di lampiran. Peta hasil jalur evakuasi daerah potensi erupsi gunung semeru dapat dilihat pada gambar 4.11.

Tabel. 4.7 Data atribut pada Analisis Network

FID	Shape *	TOPDNIM	UPDATE	Kec	Rata2	Waktu	Lenght
0	Polyline ZM	Jalan Kolektor	20070510		40	2	84,170713
1	Polyline ZM	Jalan Kolektor	20070510		40	13	526,74994
2	Polyline ZM	Jalan Kolektor	20070510		40	9	374,62536
3	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	108	2166,342158
4	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	23	345,722716
5	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	42	633,379224
6	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	39	585,97784
7	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	24	363,459051
8	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	13	188,811586
9	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	36	541,929372
10	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	18	269,071686
11	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	11	167,407631
12	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	37	547,570754
13	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	53	1050,723374
14	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	68	983,12247
15	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	80	1194,495333
16	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	12	184,347671
17	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	73	1097,242955
18	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	25	381,114339
19	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	43	644,955498
20	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	12	249,055983
21	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	8	183,152171
22	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	3	61,030733
23	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	18	269,288922
24	Polyline ZM	Jalan Kolektor	20070510		40	3	125,010634
25	Polyline ZM	Jalan Kolektor	20070510		40	8	331,513184
26	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	5	100,460086
27	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	17	335,239235
28	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	11	220,940323
29	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	7	102,173835
30	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	28	394,217599
31	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	18	243,673228
32	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	34	677,508743
33	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	24	470,573394
34	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	8	166,392099
35	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	8	156,757839
36	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	9	173,271101
37	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	8	151,133897
38	Polyline ZM	Jalan Lokal	20070510		20	8	166,940759
39	Polyline ZM	Jalan Lingkungan	20070510		15	28	424,664488



Gambar 4.11 Peta Hasil Jalur Evakuasi



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian penentuan kawasan potensi erupsi Gunung Semeru ini sebagai berikut:

- A. Dari hasil penelitian, bahwa kawasan yang sangat berpotensi terhadap dampak erupsi gunung semeru adalah Kecamatan Candipuro luas wilayah kecamatan 14248,35825 (Ha) dengan luas potensi dampak erupsi 859,0306 (Ha) , Pasirian luas wilayah kecamatan 12560,79277 (Ha) dengan luas potensi dampak erupsi 150,8792 (Ha), Pasrujambe luas wilayah kecamatan 16548,3257 (Ha) dengan luas potensi dampak erupsi 463,4758 (Ha), Pronojiwo luas wilayah kecamatan 14506,64442 (Ha) dengan luas wilayah dampak erupsi 5451,8136 (Ha), Tempursari luas wilayah kecamatan 10394,22667 (Ha) dengan luas potensi dampak erupsi 1465,2615 (Ha). Karena kondisi lahan yang secara geologis terbangun dari jenis batuan alluvium dan batuan vulkanik (endapan piroklastik) yang sifat fisiknya lemah, dilalui oleh sungai utama atau dekat dengan sungai utama, dengan kemiringan lereng dari datar – sangat curam.
- B. Berdasarkan hasil proses pembuatan jalur evakuasi, maka didapat 11 Route Optimal evakuasi yang tersebar di beberapa desa antara lain, kecamatan Candipuro berada di Desa Sumbermujur ada 3 (dua) jalur, dengan tiap jalur panjang jalan 13,438 km², dan 13,645 km² dan 13,897 km². Sedangkan untuk Desa Sumberwuluh ada 2 Jalur dengan panjang jalan 10,250 km², dan 11,480 km². Dusun Sumber urip ada 2 (dua) jalur dengan panjang tiap jalan 6,322 km² dan 5,660 km². Dusun Sumber sari 2,603 km². Untuk Kecamatan Pronojiwo ada 3 (tiga) jalur berada di desa Pronojiwo dengan panjang jalur 4,663 km², jalur kedua 4,244 km² dan ketiga 7,395 km². Dari solusi jalur dan titik pengungsian semuanya bersifat sementara, tergantung dari aktifitas erupsi gunung semeru, jika terlalu berbahaya akan di evakuasi menuju titik pengungsian yang telah disediakan oleh pemerintah kabupaten Lumajang ke wilayah yang berpotensi rendah terhadap dampak erupsi gunung semeru.

V.2 Saran

Saran yang ditunjukkan pada penelitian ini, untuk kawasan yang terkena dampak potensi erupsi Gunung Semeru adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya dalam menentukan prediksi potensi wilayah dampak erupsi gunung semeru diperlukan tambahan parameter yang lebih mengarah ke karakteristik gunung tersebut.
2. Dalam penentuan jalur evakuasi diperlukan tambahan parameter untuk mendukung keamanan jalur yang akan dilalui.
3. Dari hasil pembuatan peta kawasan erupsi ada baiknya dimanfaatkan dalam rangka arahan pemanfaatan penggunaan lahan, terutama pemanfaatan penggunaan lahan yang berada didaerah dengan tingkat kerawanan bencana yang tinggi dan penduduk sekitar.
4. Untuk masyarakat yang berada di wilayah potensi yang tinggi diharapkan tidak melakukan alih fungsi lahan yang tidak sesuai peruntukannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Abrahams, John. (1994). *Fire Escape in Difficult Circumstances Design Against Fire*. United State Of America
- Alberfisi October 2, 2012 "*All about Geographic Information System*" Jambi. Uncategorized.
- Andreastuti et.al 2006; Sudradjat et.al, 2010; Putra et.al, 2011; Sudibyakto, 2011. *Penyusunan Sistem Informasi Bahaya Dan Risiko Bencana Erupsi Gunungapi Merapi Pasca Erupsi 2010 Berbantuan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis*. Geografi FIS UNY.
- Ardana, Doma Madhan. 2013. *Penentuan Jalur Evakuasi Dan Dampak Banjir Lahar Dingin Gunung Merapi Magelang, Jawa Tengah*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gajah Mada.
- Arif Ashari, Bambang Syaeful Hadi, Sriadi Setyawati. 2010. *The Analysis Of Eruption Hazard Of The Merapi Volcano After 2010 Eruption Disasters*. (Geography Education Department Faculty of Social Sciences UNY).
- Arliandy Pratama, Arief Laila N, Arwan Putra W. Oktober 2014. *Pemodelan Kawasan Rawan Bencana Erupsi Gunung Api Berbasis Data Penginderaan Jauh*. Studi Kasus: Di Gunung Api Merapi.
- Berry, 1988. Use of a geographic information system for storm runoff prediction for small urban watersheds. *Environmental Management* 11:21–27.
- Basofi, Arif, 2008. *Map Surface & Coordinate System*.
- Eddy Prahasta. (2009). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Koh, 2005, dalam Janner Simarmata & Imam Paryudi 2006: 33. Malcolm Brady, John Loonam, 2010. "Exploring the use of entity-relationship diagramming as a technique to support grounded theory inquiry". *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, Vol. 5 Iss: 3, pp.224 – 237.
- Prasetyo, Aris. 2011. *Modul Dasar ArcGIS 10 Aplikasi Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- ROCHANI, S.Sos. 12 februari 2012. *Rencana Kontinjensi Semeru Badan Penanggulangan Bencana Daerah*. Kabupaten Lumajang. BPBD

- Setiyawidi, Iwan Setiawan, & Lili Somantri. Oktober 2011. *Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Zonasi Tingkat Kerawanan Bencana Letusan Gunung Api Tangkubanparahu*. Geografi FPIPS UPI
- Sutikno et.al 2007 dan Borisova et.al 2013. *Pengertian Dan Definisi Erupsi Dalam Geografi*. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wiko Fredy Guspa. Desember 2014. "*Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Geografis Untuk Persebaran Base Transceiver Station (Bts) Wilayah Sumbar Pada Pt. Xl Axiata*". Padang. STMIK Indonesia
- Zuidam, R.A. Van, and Zuidam, C.F.I. Van, 1979, *Terrain and Analysis and Classification Using Aerial Photography, A. Geomorphological Approach*, ITC. Enchede.