

BAB III

METODE

3.1 Desain Penelitian

Pada penelitian tingkat ancaman bencana gunung api di Kawasan Gunung Galunggung, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat, metode yang digunakan adalah metode analisis spasial dengan pendekatan keruangan. Metode *mixed reseacrh* yang merupakan upaya terencana, sistematis, terstruktur, dan terukur untuk memanfaatkan secara bersama-sama dua metode penelitian, yaitu kuantitatif dan kualitatif, sehingga dapat menekankan kelebihan dan meminimalisir kekurangan masing-masing metode tersebut (Putra & Hendarman, 2013). Sementara pendekatan keruangan didefinisikan sebagai Pendekatan keruangan adalah upaya dalam mengkaji rangkaian persamaan dari perbedaan fenomena geosfer dalam ruang (Yani & Ruhimat, 2007).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

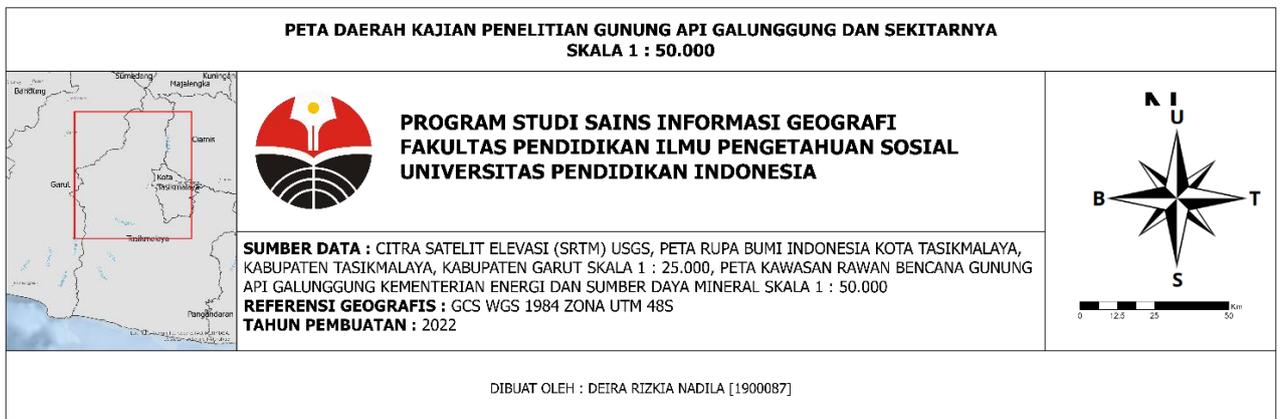
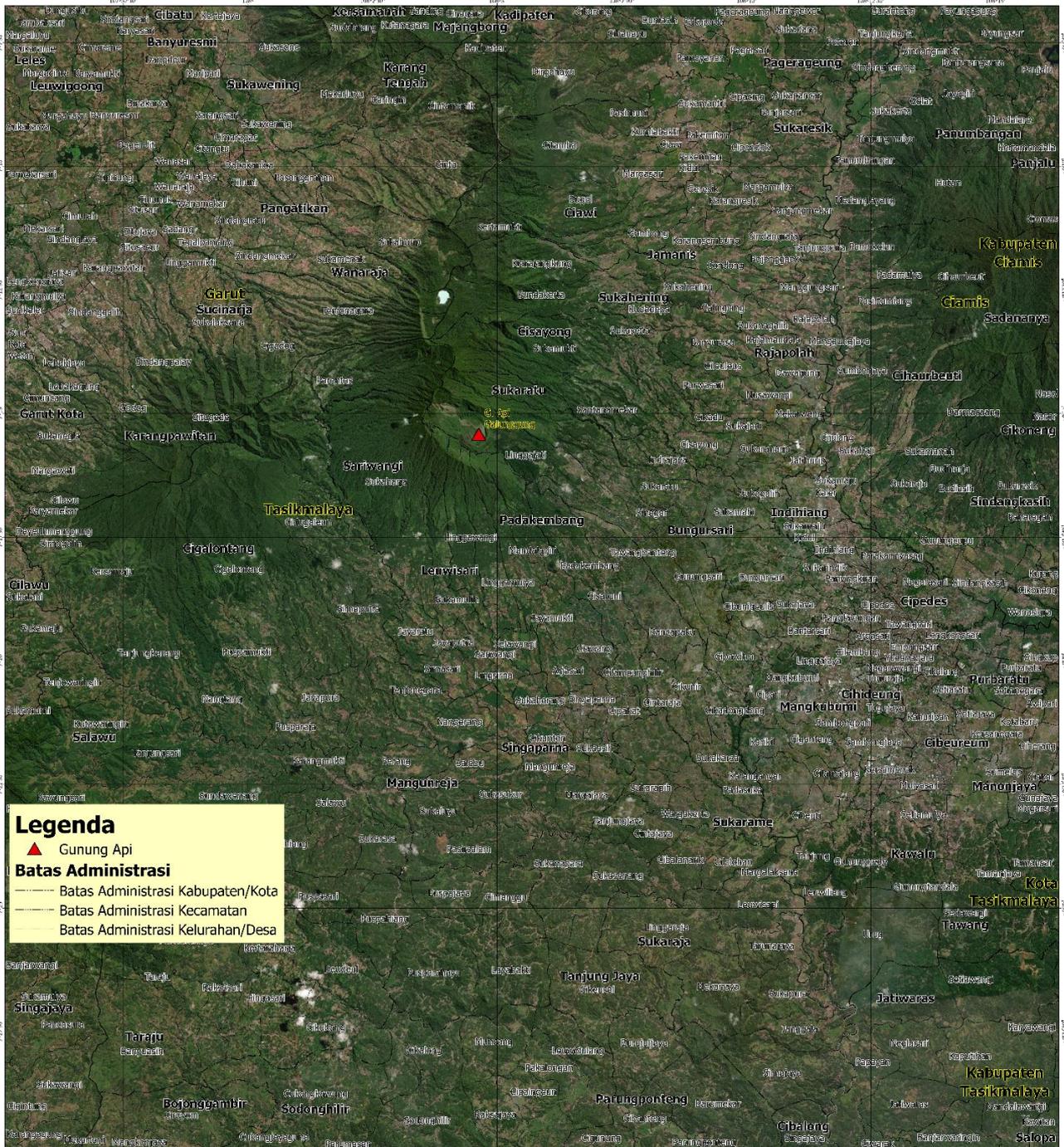
3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi dari penelitian berada pada kawasan Gunung Galunggung yang terletak pada Kabupaten Tasikmalaya, Kabupaten Garut, dan Kota Tasikmalaya berdasarkan pada Peta Kawasan Rawan Bencana yang diterbitkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi dengan modifikasi hasil analisis *watershed*.

Tabel 2 Daerah Kajian Penelitian

Kecamatan		
Bungursari	Leuwisari	Sukahening
Cigalontang	Mangkubumi	Sukaraja
Cihideung	Mangunreja	Sukarame
Cipedes	Padakembang	Sukaratu
Cisayong	Pangatikan	Tanjungjaya
Indihiang	Sariwangi	Tawang
Karangtengah	Singaparna	Tamansari
Kawalu	Sucinaraja	Wanaraja

Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana, 2016 dimodifikasi



Deira Rizkia Nadila, 2023
Gambar 3 Peta Kawasan Gunung Api Galunggung
PEMANFAATAN CITRA DIGITAL ELEVATION MODEL NASIONAL DAN ANALISIS WATERSHED UNTUK PEMODELAN TINGKAT
ANCAMAN BENCANA LAHAR GUNUNG API GALUNGGUNG
 (Sumber: Peta RBI skala 1:25000 Kab. Garut dan Tasikmalaya dan Basemap Esri Imagery)

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian yang digunakan oleh penelitian adalah sejak tanggal dikeluarkannya izin penelitian dalam waktu kurang lebih 5 (lima) bulan. Dua bulan pertama diisi dengan kegiatan kompilasi dan pengumpulan data, satu bulan kedua merupakan waktu pengolahan data, dan dua bulan terakhir merupakan waktu penyusunan dan penyajian dalam bentuk skripsi dan proses bimbingan berlangsung.

3.3 Populasi dan Sampel

3.3.1 Populasi

Pada penelitian ini, populasi yang akan diteliti meliputi wilayah yang berada di sekitar Gunung Api Galunggung, baik yang berada pada daerah administrasi Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Garut. Populasi tersebut secara spesifik meliputi Kecamatan Pangatikan, Wanaraja, Sucinarja, Cigalontang, Sariwangi, Leuwisari, Sukaratu, Padakembang, Cisayong, Sukahening, Ciawi, Karang Tengah, Ciawi, Bungursari, Indihiang, Mangunreja, Singaparna, Sukarame, Tanjung Jaya, Sukaraja, Cipedes, Tawan, Kawalu dan Sindangkasih.

3.3.2 Sampel

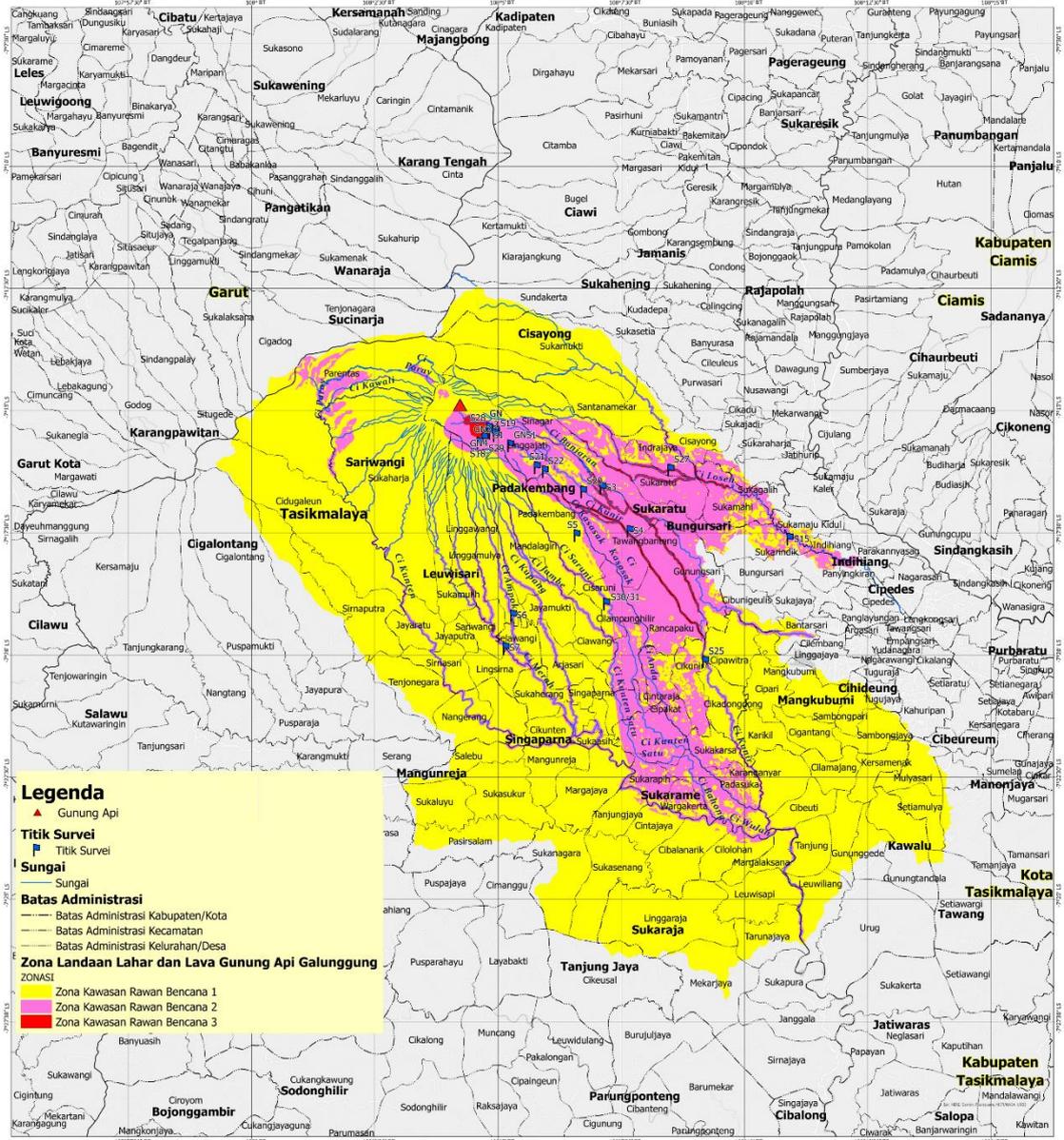
Pada penelitian ini, sampel yang digunakan didasarkan pada tingkat ancaman bahaya lahar Gunung Api Galunggung yang mengacu pada Kawasan Rawan Bencana (KRB) hasil analisis. Metode *sampling* yang digunakan adalah *Stratified Random Sampling* yang didasarkan pada Hansen and Hurwitz (1943), yakni setiap tingkat bahaya/KRB akan disurvei untuk mengetahui kondisi di lapangan pada setiap zona bahaya. Berikut merupakan tabel yang memuat koordinat dari titik sampel.

Tabel 3 Titik Koordinat Sampel

Kode Sampel	Kelas Kawasan Rawan Bencana	Watershed	X	Y
S15	KRB 1	Ci Loseh	108.181902	-7.29366
S25	KRB 1	Ci Wulan	108.153394	-7.335541
S30/31	KRB 1	Ci Wulan	108.119926	-7.315812
S5	KRB 1	Ci Wulan	108.109922	-7.292503
S7	KRB 1	Ci Wulan	108.085999	-7.330932
GN 3	KRB 2	Ci Wulan	108.082637	-7.258366
GN2	KRB 2	Ci Banjaran	108.082581	-7.256994

GN4	KRB 2	Ci Wulan	108.079313	-7.257381
GNS1	KRB 2	Ci Wulan	108.087495	-7.261871
S1	KRB 2	Ci Banjaran	108.08026	-7.257298
S18	KRB 2	Ci Banjaran	108.07708	-7.260957
S19	KRB 2	Ci Wulan	108.082655	-7.257618
S20	KRB 2	Ci Wulan	108.112192	-7.277568
S21	KRB 2	Ci Wulan	108.096493	-7.269301
S22	KRB 2	Ci Wulan	108.09915	-7.270668
S28	KRB 2	Ci Banjaran	108.080283	-7.256024
S29	KRB 2	Ci Banjaran	108.078732	-7.25939
S6	KRB 2	Ci Wulan	108.088417	-7.319833
S27	KRB 3	Ci Loseh	108.141675	-7.270154
S3	KRB 3	Ci Banjaran	108.118667	-7.276299
S4	KRB 3	Ci Wulan	108.127891	-7.291052

Sumber: Hasil Analisis 2022



PETA SEBARAN TITIK SAMPEL SKALA 1 : 50.000

	<p>PROGRAM STUDI SAINS INFORMASI GEOGRAFI FAKULTAS PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA</p>	
<p>SUMBER DATA : CITRA SATELIT ELEVASI (SRTM) USGS, PETA RUPA BUMI INDONESIA KOTA TASIKMALAYA, KABUPATEN TASIKMALAYA, KABUPATEN GARUT SKALA 1 : 25.000, PETA KAWASAN RAWAN BENCANA GUNUNG API GALUNGGUNG KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL SKALA 1 : 50.000</p> <p>REFERENSI GEOGRAFIS : GCS WGS 1984 ZONA UTM 48S</p> <p>TAHUN PEMBUATAN : 2022</p>		
<p>DIBUAT OLEH : DEIRA RIZKIA NADILA [1900087]</p>		

Deira Rizkia Nadila, 2023

PEMANFAATAN CITRA DIGITAL ELEVATION MODEL NASIONAL DAN ANALISIS WATERSHED UNTUK PEMODELAN TINGKAT ANCAMAN BENCANA LAHAR GUNUNG API GALUNGGUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 4 Sebaran Titik Sampel
(Sumber: Hasil Analisis 2022)

3.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

Berikut merupakan rincian dari peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian

3.4.1 Peralatan Pengolah Data

- 1) Peralatan Pengolahan Data
 - a) Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat dengan spesifikasi sebagai berikut: Asus A46C Intel i5 NVIDIA GeForce 740M RAM 8GB 512GB SSD.
 - 2) Perangkat Lunak (*Software*)
 - a) Microsoft Word 2013, digunakan untuk penyusunan laporan tugas akhir.
 - b) *Software* ArcGIS Pro 2.8 digunakan untuk analisis *Watershed* dan *layouting* peta.
 - 3) Peralatan Survey Lapangan
 - a) Peta sebaran titik sampel
 - b) Garmin GPS Map 64S
 - c) *Software* GPS Essential
 - d) *Software* Locus Map

3.4.2 Data Penelitian

- 1) Data Historis Kawasan Gunung Galunggung
- 2) Citra DEM (*Digital Elevation Model*)
- 3) Peta Geologi Gunung Galunggung dan sekitarnya
- 4) Citra Landsat 8 tahun akuisisi 2021
- 5) Data penduduk terpapar yang terdiri atas data kepadatan penduduk tahun 2021

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini didasari pada parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian. Berikut merupakan uraian yang menjelaskan instrumen dalam penelitian ini.

3.5.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah parameter-parameter yang diperlukan dalam menganalisis tingkat ancaman Gunung Api Galunggung terhadap bahaya Lahar. Parameter utama yang digunakan didasarkan pada hasil wawancara bersama Oktory Prambada, ST.,M.Sc, sebagai Koordinator Gunung Api yang menjabat di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) pada 23 September 2022, beserta beberapa penelitian yang diterbitkan oleh PVMBG dengan parameter yang sama. Berikut merupakan uraian yang menjelaskan parameter-parameter utama yang digunakan dalam pemetaan aliran lahar dan lava.

1. Parameter Profil Geologi Gunung Galunggung
2. Parameter Morfologi Gunung Galunggung.

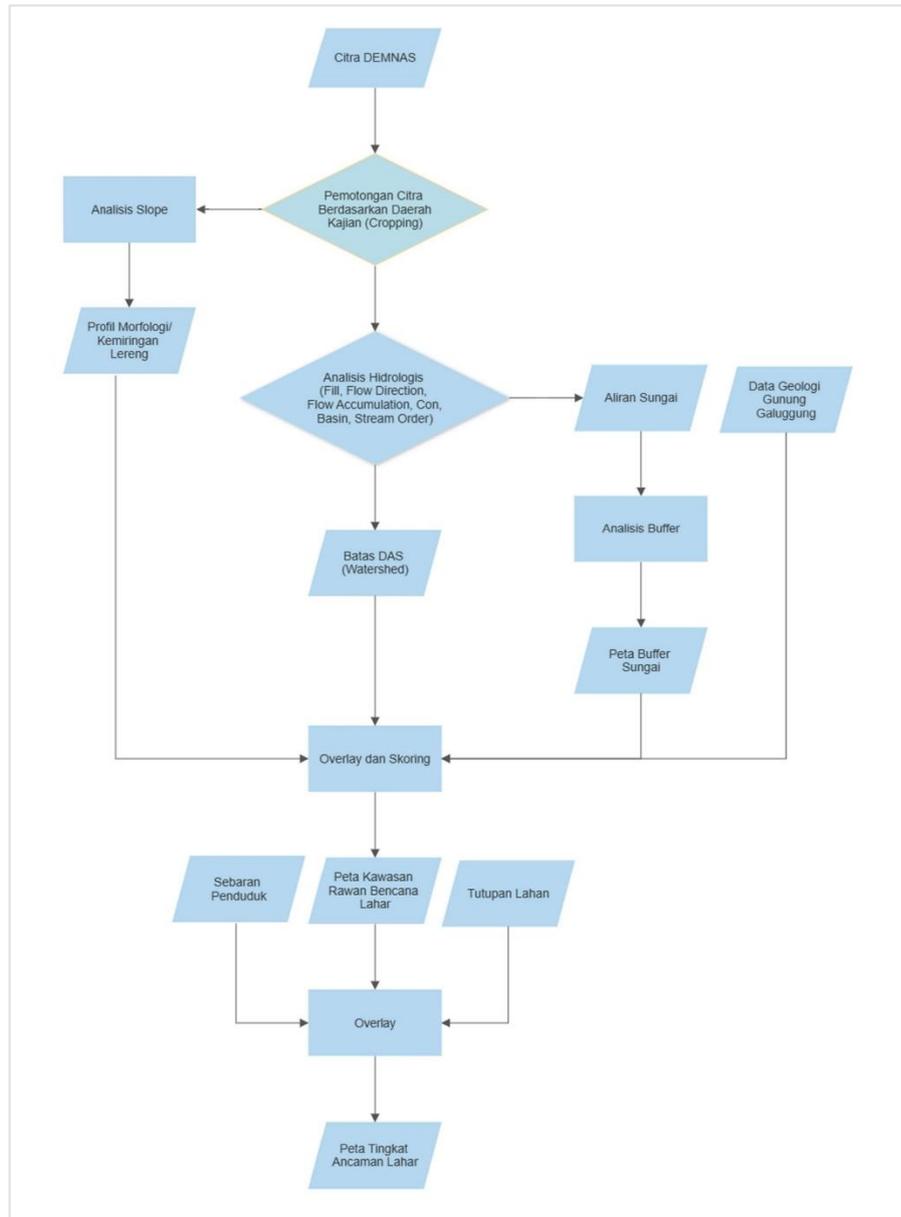
3.5.2 Kisi-Kisi Instrumen Observasi

Tabel 4 Kisi-Kisi Instrumen

No.	Aspek yang Dinilai	Indikator
1	Profil Geologi Gunung Galunggung	1) Batuan Debris Avalanche 2) Batuan Aliran Piroklastik 3) Batuan Lahar 4) Batuan Lava
2	Morfologi	Elevasi lereng

3.6 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan diagram alir yang menunjukkan tahapan penelitian dan pengolahan data.



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alur penelitian, berikut merupakan uraian tahapan penelitian yang akan digunakan.

1) Pengolahan Citra *Digital Elevation Model Nasional*

1. Tahap *Pre-Processing*

a) *Mosaic*

Mosaic merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang menggabungkan beberapa kumpulan data raster menjadi satu data raster yang utuh. *Mosaic* berguna ketika dua atau lebih *dataset* raster yang berdekatan perlu digabungkan menjadi satu entitas (Esri, 2022).

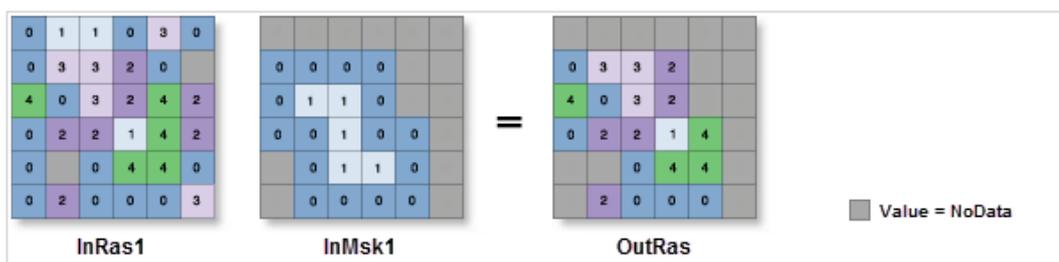


Gambar 6 Ilustrasi Penggunaan *Tool Mosaic*

(Sumber: Esri, 2022)

b) *Extract by Mask*

Extract by Mask merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang mengekstrak sel-sel raster yang sesuai dengan area yang ditentukan oleh sebuah *mask* (Esri, 2020).

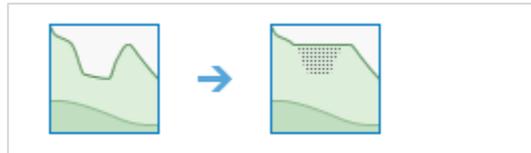


Gambar 7 Ilustrasi Penggunaan *Tool Extract by Mask* (Sumber: Esri, 2020)

2. Pembuatan Batas Daerah Aliran Sungai (*Watershed*)

a) *Fill*

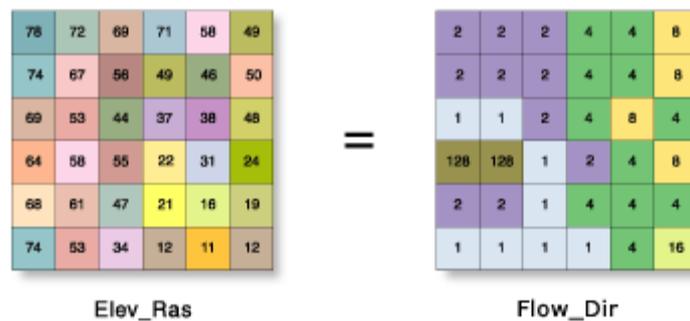
Fill merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang mengisi permukaan di raster permukaan untuk menghilangkan ketidaksempurnaan kecil dalam data (Esri, 2021).



Gambar 8 Ilustrasi Penggunaan *Tool Fill* (Sumber: Esri, 2021)

b) *Flow Direction*

Flow Direction merupakan sebuah fungsi pada ArcGIS Pro yang bekerja dengan mengambil permukaan pada raster sebagai input dan membuat raster arah aliran dari setiap piksel ke *downslope* terdekat yang paling curam (Esri, 2021). Raster yang dijadikan *input* pada analisis ini adalah hasil dari pemrosesan *Fill*.



Gambar 9 Ilustrasi Penggunaan *Tool Flow Direction* (Esri, 2021)

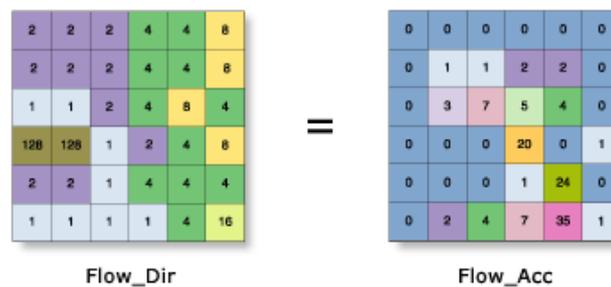
c) *Basin*

Basin merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang membuat raster yang menggambarkan semua cekungan drainase yang kemudian digambarkan dalam *analysis window* dengan mengidentifikasi garis punggung di antara cekungan (Esri, 2021). Raster yang dijadikan *input* pada analisis ini adalah hasil dari pemrosesan *Flow Direction*.

3. Pembuatan Peta Aliran Sungai

a) *Flow Accumulation*

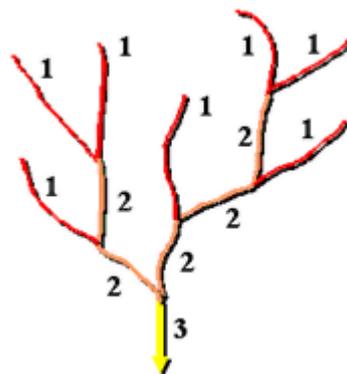
Flow Accumulation merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang membuat raster aliran terakumulasi ke setiap sel (Esri, 2021). Hasil dari *Flow Accumulation* adalah raster akumulasi aliran ke setiap sel, sebagaimana ditentukan dengan mengakumulasi berat untuk semua sel yang mengalir ke setiap sel *downslope* (Esri, 2021). Raster yang dijadikan *input* pada analisis ini adalah hasil dari pemrosesan *Flow Direction*.



Gambar 10 Ilustrasi Penggunaan *Tool Flow Accumulation* (Sumber: Esri, 2021)

b) *Stream Order*

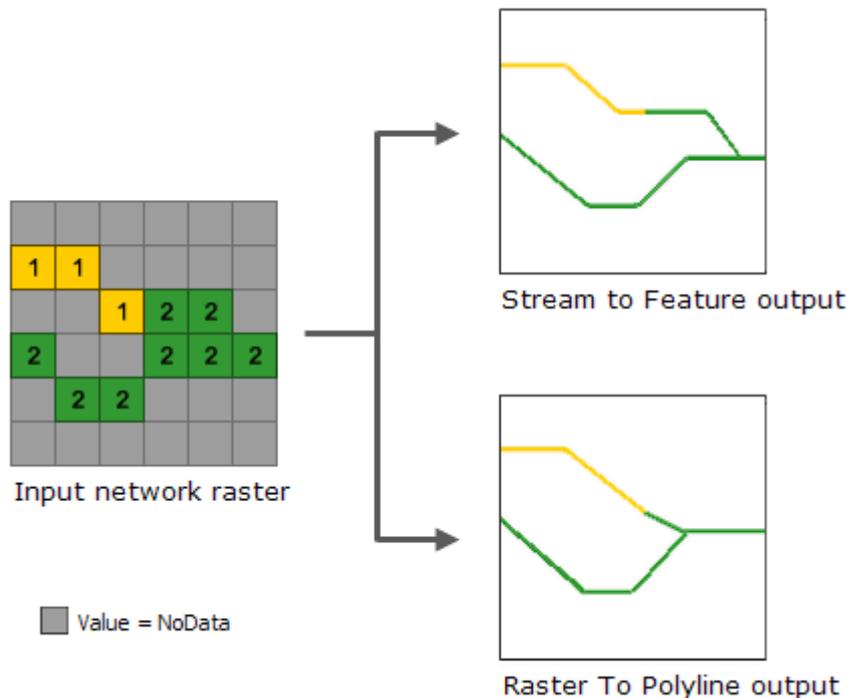
Stream Order adalah metode menetapkan urutan numerik ke tautan dalam jaringan aliran (Esri, 2020). Berdasarkan Esri (2020), urutan yang diperoleh melalui *tool* ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis aliran berdasarkan jumlah anak sungainya. Raster yang dijadikan *input* pada analisis ini adalah hasil dari pemrosesan *Con* dan *Flow Direction*.



Gambar 11 Ilustrasi Penggunaan *Tool Stream Order* Metode *Stahler* (Sumber: Esri, 2020)

c) *Stream to Feature*

Stream to Feature merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang mengonversi raster yang mewakili jaringan linier menjadi *shapefile* yang mewakili jaringan linier (Esri, 2022). Raster yang dijadikan *input* pada analisis ini adalah hasil dari pemrosesan *Stream Order* dan *Flow Direction*.

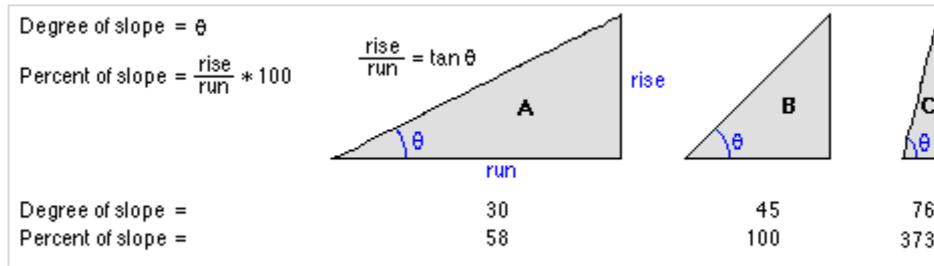


Gambar 12 Ilustrasi Penggunaan Tool Stream to Feature (Sumber: Esri, 2021)

4. Pembuatan Peta Kemiringan Lereng

a) *Slope*

Slope merupakan sebuah *tool* pada ArcGIS Pro yang mengidentifikasi kecuraman pada setiap sel permukaan raster, dimana semakin rendah nilai kemiringan, semakin rata medannya; Semakin tinggi nilai kemiringan, semakin curam medannya (Esri, 2022).



Gambar 13 Ilustrasi Penggunaan Tool Slope (Sumber: Esri, 2022)

2) Pembuatan Peta Bahaya Lahar dan Lava Gunung Api Galunggung

1. Pemetaan Morfologi Kawasan Gunung Api Galunggung

a) Pemetaan Daerah Aliran Sungai (*watershed*) dan Aliran Sungai di Kawasan Gunung Api Galunggung

Penentuan zona aliran memanfaatkan analisis *watershed* yang didasari pada *Digital Elevation Model* kawah gunung yang telah diperoleh pada tahapan pengumpulan data. Pola aliran yang diperoleh melalui proses *flow direction* selanjutnya dijadikan *input* dalam mengetahui daerah aliran dari lava hasil erupsi gunung. Daerah aliran sungai (*watershed*) yang merupakan kesatuan antara bentuk morfologi berupa igir atau batas-batas ketinggian yang dipetakan pada tahapan ini akan memudahkan pemodelan aliran lahar dan lava.

b) Pemetaan Zona *Buffer* Sungai

Zona *buffer* atau radius sungai dilakukan sebagai bentuk pemodelan bahaya luapan lahar dari sungai-sungai di Kawasan Gunung Galunggung. Radius yang digunakan berkisar dari 25 meter hingga 125 meter dengan skor 1 sampai 9 berdasarkan pada penelitian dari Kusumo & Nursari dalam Sitty Nur Aziza; Lili Somantri; Iwan Setiawan, 2021.

Tabel 5

Radius	Skor
0 - 25 Meter	9
25 – 50 Meter	7
50 - 75 Meter	5
75 – 100 Meter	3
>100 Meter	1

Sumber: Kusumo & Nursari, dalam Sitty Nur Aziza; Lili Somantri; Iwan Setiawan, 2021

c) Pemetaan Kemiringan Lereng dan Topografi Kawasan Gunung Api Galunggung

Pemetaan kemiringan lereng pada Kawasan Gunung Api Galunggung didasarkan pada klasifikasi yang dimuat pada penelitian Kusumo & Nursari dalam Sitty Nur Aziza; Lili Somantri; Iwan Setiawan, 2021. Kelas kemiringan lereng beserta skornya dibagi atas 5 kelas, sebagaimana disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 6 Kelas Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi	Skor
1	0-8	Datar	9
2	8-15	Landai	7
3	15-25	Agak Curam	5
4	25-40	Curam	3
5	>40	Sangat Curam	1

Sumber: Kusumo & Nursari, dalam Sitty Nur Aziza; Lili Somantri; Iwan Setiawan, 2021

d) Pemetaan Data Historis Erupsi Gunung Api Galunggung

Data historis merupakan salah satu parameter penting dalam pembuatan peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) lahar dan lava Gunung Api Galunggung. Data historis memberikan informasi terkait pola dan arah aliran Lahar pada erupsi-erupsi yang terjadi sebelumnya. Melalui data historis, pemodelan kawasan rawan bencana aliran Lahar dapat lebih terarah, khususnya dalam menentukan ke mana kedua produk vulkanik tersebut akan mengalir.

2. Pemetaan Profil Geologi Gunung Api Galunggung

Berdasarkan hasil wawancara dengan Koordinator Gunung Api Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, pemberian nilai atau skor pada profil geologi didasarkan pada usia dari formasi. Formasi geologi dengan usia paling muda berarti memiliki skor yang lebih tinggi. Seperti pada Gunung Galunggung, Formasi Ci Banjaran yang terbentuk pada 1822-1983 memiliki nilai yang lebih besar dalam penentuan bahaya gunung api dibandingkan dengan formasi Galunggung Tua. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan *scoring* pada profil geologi di Gunung Galunggung.

Tabel 7 Penilaian Terhadap Profil Geologi di Gunung Galunggung

Formasi	Tahun	Skor
Ci Banjaran	1822-1983	9
Tasikmalaya	4200-150 Tahun Lalu	5
Galunggung Tua	>50.000 Tahun Lalu	1

Sumber: Oktory Prambada, Wawancara Pribadi, 23 September 2022

3. Pembobotan dan *Overlay*

Pembobotan dan *overlay* dilakukan dengan menggabungkan 3 peta yang memuat informasi berupa buffer aliran sungai, kemiringan lereng, dan geologi. Ketiga peta tersebut ditumpang tindihkan, kemudian atribut skor setiap parameter dikalkulasikan. Skor yang tinggi merepresentasikan kerawanan yang tinggi terhadap bahaya lahar dan lava dari Gunung Galunggung, sedangkan skor yang rendah merepresentasikan kerawanan yang rendah pula. Berikut di bawah ini merupakan rumus dan tabel yang menguraikan pembobotan dalam pemodelan kerawanan bencana lahar dan lava Gunung Galunggung.

$$Interval\ Kelas = \frac{X_t - X_r}{K}$$

X_t : Nilai tertinggi
 X_r : Nilai terendah
 K : Jumlah kelas yang kelas yang diinginkan

Gambar 14 Perhitungan Interval Kelas (Sumber: Hidayat & Rudiarto, 2013)

Berdasarkan perhitungan di atas, diketahui bahwa nilai tertinggi pada hasil penjumlahan parameter-parameter penelitian adalah 21, nilai terendah adalah 1, dan kelas yang diperlukan adalah 3. Mengacu pada nilai yang telah diketahui, berikut merupakan tabel pembobotan hasil penjumlahan kuantitatif parameter-parameter rawan bencana lahar dan lava Gunung Galunggung.

Tabel 8 Pembobotan Hasil Penjumlahan Kuantitatif Parameter-Parameter Rawan Bencana Lahar dan Lava Gunung Galunggung

Jumlah Skor	Tingkat Kerawanan
≤ 14.66	Rendah

25.3	Sedang
25.3 - 35	Tinggi

Sumber: Hasil Analisis, 2023 Berdasarkan Hidayat & Rudiarto, 2013

3) Pemetaan Tingkat Ancaman Gunung Api Galunggung terhadap Tutupan Lahan dan Kepadatan Penduduk Eksisting Kawasan Gunung Galunggung

1. Pemetaan Tutupan Lahan di Kawasan Gunung Galunggung

Pemetaan tutupan lahan di Kawasan Galunggung dilakukan melalui interpretasi citra satelit Landsat 8 tahun akuisisi 2021. Pemetaan tutupan lahan dilaksanakan dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised*) melalui K-Nearest Neighbour yang tersedia pada Esri ArcGIS Pro 2.9. Tutupan lahan dibagi menjadi 9 kelas tutupan lahan sebagaimana diuraikan di bawah ini.

Tabel 9 Kelas Tutupan Lahan

Tutupan Lahan
Badan Air
Hutan
Kebun
Pasir/Lahan Kosong
Pemukiman
Sawah
Semak Belukar
Bangunan Lainnya
Tambang

Sumber: BSNI, 2000 dimodifikasi

2. Pemetaan Kepadatan Penduduk di Kawasan Gunung Galunggung

Pemetaan kepadatan penduduk di Kawasan Gunung Galunggung merupakan salah satu bentuk perhitungan potensi risiko jika erupsi Gunung Galunggung terjadi sesuai dengan pemodelan bencana. Mengacu pada Bacharudin, et al., (1995), tingkat kerentanan suatu objek bencana ditentukan dengan keberadaan manusia. Tinggi rendahnya nilai penduduk merupakan penentu dalam penilaian risiko, sebab semakin padat jumlah penduduk sebuah daerah maka daerah tersebut akan semakin berisiko terhadap bencana. Berikut merupakan klasifikasi

kepadatan penduduk berdasarkan Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012.

Tabel 10 Tabel Klasifikasi Kepadatan Penduduk

Kepadatan Penduduk	Kelas
<500 Jiwa/Km ²	Rendah
500-1000 Jiwa/Km ²	Sedang
>1000 Jiwa/Km ²	Tinggi

Sumber: BNPB, 2012

3. *Overlay* Peta Tingkat Ancaman dengan Tutupan Lahan dan Kepadatan Penduduk di Kawasan Gunung Galunggung

Overlay peta tingkat ancaman Gunung Api Galunggung terhadap Lahar dengan peta tutupan lahan dan kepadatan penduduk merupakan tahapan terakhir dalam penelitian ini. Dilakukannya tumpang tindih ketiga peta ini bertujuan untuk mengetahui gambaran secara umum bagaimana potensi dampak yang dapat disebabkan oleh bahaya Lahar pada erupsi Gunung Galunggung. Pada *overlay* ini tidak dilakukan pembobotan atau skoring, namun hanya menunjukkan bagaimana pengaplikasian peta tingkat ancaman Gunung Api Galunggung terhadap kondisi eksisting di daerah kajian.

3.7 Tinjauan Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Institusi	Judul	Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
1	Polin Mouna Togatorop, Sawitri Subiyanto, Arwan Putra Wijaya 2016	UNDIP	Pemetaan Potensi Bencana Aliran Lava Gunung Sinabung Menggunakan Citra Aster GDEM	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana memetakan aliran lava akibat erupsi gunungapi Sinabung dengan citraASTER GDEM. 2. Berapa luas zona kawasan rawan bencana berdasarkan jarak dari pusat letusan akibat erupsi aliran lava yang terjadi pada gunung Sinabung. 3. Bagaimana tingkat kerentanan dan sebaran daerah yang terkena dampak ancaman aliran lava akibat erupsi gunungapi Sinabung berdasarkan parameter jarak dari pusat letusan, aliran lava, kepadatan penduduk, dan tutupan lahan.	1. Memetakan aliran lava akibat erupsi gunungapi Sinabung dengan citraASTER GDEM. 2. Mengetahui luas zona kawasan rawan bencana berdasarkan jarak dari pusat letusan akibat erupsi aliran lava yang terjadi pada gunung Sinabung. 3. Mengetahui tingkat kerentanan dan sebaran daerah yang terkena dampak ancaman aliran lava akibat erupsi gunungapi Sinabung berdasarkan parameter jarak dari pusat letusan, aliran lava, kepadatan penduduk, dan tutupan lahan.	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1. Pemetaan aliran lava ini menggunakan citra ASTER GDEM kemudian diolah menggunakan ArcGIS dengan tools analisis hidrologi. Aliran lava merupakan pola aliran air yang didapat sesuai dengan sifat kegunungapian gunung Sinabung. 2. Metode selanjutnya adalah aliran lava yang diperoleh di- <i>buffering</i> untuk analisis potensi dan tingkat kerentanan pada kawasan Sinabung.	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Kawasan rawan bencana disekitar kawasan gunung Sinabung yang terlanda aliran lava terdiri dari 45 Desa yang tersebar di 5 Kecamatan di Kabupaten Karo, Sumatera Utara. 2. Kawasan tersebut terbagi dalam tiga zona bahaya, yaitu KRB III (tinggi) dengan luas wilayah 80,012 Km ² , KRB II (sedang) dengan luas wilayah 73,092 Km ² , KRB I (rendah) dengan luas wilayah 83,695 Km ² . 3. Dari 5 kecamatan ini juga terdapat kawasan dengan tingkat kerentanan masing – masing yaitu pada tingkat kerentanan sangat rendah 3206,934 ha, rendah 2856,671 ha, sedang 4727,821 ha, tinggi 3015,143 ha, dan sangat tinggi 1678,429 ha
2	Setiyawidi, Iwan Setiawan, Lili Somantri 2011	UPI	Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Untuk Zonasi Tingkat Kerawanan Bencana Letusan Gunung Api Tangkubanparahu	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimanakah zonasi tingkat kerawanan bencana akibat aliran lahar Gunung Tangkubanparahu	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Mengetahui zonasi tingkat kerawanan bencana akibat aliran lahar Gunung Tangkubanparahu;	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Metode survei deskriptif. 2. Teknik analisis Sistem Informasi Geografis (SIG)	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Hasil penelitian dengan analisis SIG terkait kelas kerawanan bencana letusan Gunungapi Tangkubanparahu,

				<p>dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis ?</p> <p>2. Bagaimanakah zonasi tingkat kerawanan bencana akibat aliran piroklastik (awan panas) Gunung Tangkubanparahu dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis ?</p>	<p>2. Mengetahui zonasi tingkat kerawanan bencana akibat aliran piroklastik (awan panas) Gunung Tangkubanparahu</p>	<p>berupa analisis tumpang susun (overlay), (buffering), dan analisis tiga dimensi</p> <p>3.</p>	<p>menghasilkan tiga kelas kerawanan bencana. Kelas kerawanan bencana tinggi aliran lahar mencapai 6.01% dari luas total daerah penelitian, kelas kerawanan bencana sedang aliran lahar mencapai 70.17% dari luas total daerah penelitian, sedangkan kelas kerawanan bencana rendah aliran lahar rendah mencapai 23.82% dari luas total daerah penelitian.</p> <p>2. Kelas kerawanan bencana tinggi aliran piroklastik (awan panas) mencapai 3.91% dari luas total daerah penelitian, kelas kerawanan bencana sedang aliran piroklastik (awan panas) mencapai 90.36% dari luas total daerah penelitian, sedangkan kelas kerawanan bencana rendah aliran piroklastik (awan panas) mencapai 5.72% dari luas total daerah penelitian.</p>
3	Arliandy Pratama, Arief Laila N., Arwan Putra W	UNDIP	Pemodelan Kawasan Rawan Bencana Erupsi Gunung Api Berbasis	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah:	Tujuan dari penelitian ini adalah:	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah:	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya:

	2014		Data Penginderaan Jauh (Studi Kasus Di Gunung Api Merapi)	1. Bagaimana pembuatan peta kawasan rawan bencana erupsi gunung api untuk memberikan panduan yang memadai bagi daerah terkait bencana akibat erupsi gunung api?	1. Membuat peta kawasan rawan bencana erupsi gunung api untuk memberikan panduan yang memadai bagi daerah terkait bencana akibat erupsi gunung api.	1. Teknik penginderaan jauh untuk membuat model kawasan rawan bencana berdasarkan aliran lava pada saat erupsi gunung api.	1. Hasil dari penelitian ini yaitu berupa kawasan rawan bencana disekitar kawasan gunung api Merapi yang terlenda aliran lava terdiri dari 778 desa yang terbagi dalam 61 kecamatan dalam dua provinsi yakni Jawa Tengah dan D.I.Y. kawasan tersebut dibagi dalam tiga zona bahaya, yaitu tinggi dengan luas wilayah 671,828 Km ² , sedang dengan luas wilayah 764.017 Km ² dan rendah dengan luas wilayah 1276,767 Km ² , berdasarkan luas wilayah maka jumlah akumulasi wilayah yang terdampak yaitu 11 wilayah kecamatan dengan status risiko tinggi, 18 wilayah kecamatan dengan status risiko sedang dan 32 wilayah kecamatan dengan status rendah.
4	Yusuf Rizki Ananda, Juhadi, Moch. Arifien 2018	UNNES	Pemodelan Spasial Untuk Penentuan Zonasi Rawan Kawasan Rawan Bencana Aliran Materil Erupsi Gunung Ungaran Menggunakan Aplikasi Sistem	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana gambaran atau pemodelan salah satu bahaya aktivitas vulkanik gunung api yaitu aliran material	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui gambaran atau memodelkan salah satu bahaya aktivitas	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Metode yang digunakan untuk memodelkan aliran material erupsi yaitu dengan	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Hasil dari penelitian ini yaitu menghasilkan model aliran material erupsi pada tiga titik lokasi yang berbeda, titik tersebut didasarkan

			Informasi Geografis (SIG)	erupsi, estimasi luasan penggunaan lahan yang terdampak, serta zonasi kawasan rawan bencana jika suatu saat terjadi bencana aktivitas vulkanik Gunung Ungaran.	vulkanik gunung api yaitu aliran material erupsi, estimasi luasan penggunaan lahan yang terdampak, serta zonasi kawasan rawan bencana jika suatu saat terjadi bencana aktivitas vulkanik Gunung Ungaran.	menggunakan metode simulasi numerik Monte Carlo dengan asumsi bahwa kondisi topografi menentukan jalannya aliran. 2. Penentuan zonasi kawasan rawan bencana dilakukan dengan menggunakan teknik overlay aspek aliran material erupsi, aspek kondisi penggunaan lahan, aspek morfologi, dan aspek kepekaan terhadap bahaya yang diwakili oleh nilai bobot.	pada peluang terjadi aktivitas erupsi. Pada titik pertama luas aliran erupsi yaitu sebesar 3.91 Km ² , titik kedua sebesar 1.25 Km ² , dan titik ketiga sebesar 2.51 Km ² . Zonasi kawasan rawan bencana menghasilkan kelas rawan bencana yang dibagi menjadi kelas sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Pada ketiga titik lokasi erupsi menunjukkan bahwa kelas zonasi rawan bencana tinggi memiliki luas wilayah yang terkecil daripada luas kelas zonasi rawan bencana lainnya.
5.	Abdullah Ali, Umi Sa'adah, Punjung Aziz Satria 2021	UPRI	Pemetaan Indeks Bahaya Dan Kerentanan Bencana Letusan Gunungapi Di Kabupaten Blitar(Studi Kasus Kecamatan Gandusari)	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana pemetaan indeks bahaya erupsi Gunung Kelud dan kerentanan di Kecamatan Gandusari sebagai salah satu upaya mitigasi?	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemetaan indeks bahaya erupsi Gunung Kelud dan kerentanan di Kecamatan Gandusari sebagai salah satu upaya mitigasi.	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Metode yang digunakan mengacu pada pedoman yang dikeluarkan oleh PVMBG (2011), yaitu dengan menggunakan metode pembobotan zona KRB (Kawasan Rawan Benca) gunungapi. 2. Peta KRB dibuat dengan melakukan	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Area dengan indeks bahaya tinggi terletak pada Kelurahan Gandusari, Ngaringan, Soso, Tulungrejo, dan Krisik. Sedangkan wilayah dengan indeks kerentanan tinggi terdapat pada Kelurahan Ngaringan, Sokosewu, Butun, Sumbang, dan Semen.

						<p>digitasi pada Peta KRB Gunung Kelud yang telah dibuat oleh PVMBG tahun 2014. Peta ini dibuat menggunakan data geologi, kegunung apian, sebaran permukiman, dan infrastruktur.</p> <p>3. Selanjutnya peta indeks bahaya dilakukan dengan melakukan pembobotan terhadap zona aliran dan zona jatuhan yang kemudian dioverlay untuk mendapatkan indeks bahaya erupsi gunung api</p>	
6	F. Albino, B. Smets, N. d'Oreye, F. Kervyn 2021	AGU (AMERICAN GEOPHYSICAL UNION)	High-resolution TanDEM-X DEM: An accurate method to estimate lava flow volumes at Nyamulagira Volcano (D. R. Congo)	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana pemanfaatan TerraSAR-X untuk <i>Digital Elevation Measurement</i> (TanDEM-X) interferometri dalam mengukur volume aliran lava pada Gunung Api Nyamulagira dan Nyiragong?	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Mengetahui pemanfaatan TerraSAR-X untuk <i>Digital Elevation Measurement</i> (TanDEM-X) interferometri dalam mengukur volume aliran lava pada Gunung Api Nyamulagira dan Nyiragong.	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Penggunaan metode topografis dengan mengkalkulasikan sejumlah DEM yang menampakkan kawasan gunung api. Pada penelitian ini DEM-DEM yang digunakan diperoleh melalui TanDEM-X <i>bistatic interferometry</i> . Melalui metode	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Hasil menunjukkan bahwa pada letusan Nyamulagira 2011-2012, ketebalan aliran lava rata-rata 12,7 m dan total volume letusan $305,2 \pm 36,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ diperkirakan oleh preeruption yang berbeda dan posteruption rata-rata sejumlah model elevasi digital TanDEM-X. Nilai mean dari

						tersebut, volume lava yang erupsi sejak tahun 2001 dapat dihitung.	<i>eruption</i> rate dari tahun 2001-2012 secara relatif konstan, dengan kecepatan $23.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ dan $0.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.
7	Nicolas R. Turner, Ryan L. Perroy, Ken Hon 2017	SPRINGER	Lava flow hazard prediction and monitoring with UAS: a case study from the 2014–2015 Pāhoā lava flow crisis, Hawai‘i	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana memprediksi sifat aliran lava pada Pāhoā melalui penggunaan <i>unmanned aerial system</i> (UAS)?	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Mengetahui prediksi sifat aliran lava pada Pāhoā melalui penggunaan <i>unmanned aerial system</i> (UAS).	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Selama krisis Pāhoā 2014-2015 di pulau Hawai‘i, peneliti menggunakan <i>unmanned aerial system</i> (UAS) ketinggian rendah untuk dengan cepat dan berulang kali menggambarkan bagian depan aktif dari aliran lava pāhoehoe yang perlahan maju. 2. Citra ini digunakan untuk menghasilkan serangkaian model elevasi digital (DEMs) beresolusi 1 m dan jalur terkait keturunan paling curam di area studi. Resolusi spasial dan ketepatan waktu dari model-model yang diturunkan dari UAS ini merupakan perbaikan atas data topografi yang ada yang digunakan	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: Hasil dari percobaan resampling bertahap menunjukkan bahwa resolusi DEM terbukti optimal dalam menghasilkan jalur aliran pāhoehoe yang akurat melalui lingkungan hutan tropis dataran rendah adalah antara 1 dan 3 m. Model yang diperbarui menunjukkan bahwa arus masa depan di daerah ini kemungkinan akan dibelokkan oleh aliran yang baru dipuaskan ini, mungkin mengancam masyarakat yang tidak terkena dampak langsung oleh aliran lava asli 2014-2015. Peneliti menunjukkan nilai penyebaran UAS selama krisis vulkanik yang dinamis dan menunjukkan bahwa teknologi ini dapat mengisi kesenjangan pemantauan kritis untuk Kīlauea dan gunung berapi aktif lainnya di seluruh dunia.

						dalam tanggap darurat bencana.	
8	Julia Kubanek, Jacob A. Richardson, Sylvain J. Charbonnier, Laura J. Connor 2015	SPRINGER	Lava flow mapping and volume calculations for the 2012–2013 Tolbachik, Kamchatka, fissure eruption using bistatic TanDEM-X InSAR	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana pengukuran aliran lava, folume, limpasan, serta perluasan aliran melalui pemanfaatan data TanDEM-X untuk mendapatkan model elevasi digital terkait kejadian erupsi pada Gunung Tolbachik, Kamchatka pada tahun 2012-2013?	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Mengetahui pengukuran aliran lava, folume, limpasan, serta perluasan aliran melalui pemanfaatan data TanDEM-X untuk mendapatkan model elevasi digital terkait kejadian erupsi pada Gunung Tolbachik, Kamchatka pada tahun 2012-2013.	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Akuisisi dan pemrosesan dua data TanDEM-X <i>radar images</i> dalam aplikasi pemodelan arah aliran lava berdasarkan model-model inudasi aliran lava. 2. Parameter morfometrik dan distribusi areal dari medan aliran lava baru ditentukan menggunakan perbedaan elevasi sel-demi-sel antara dua DEM.	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Simulasi aliran yang dilakukan menggunakan data SRTM meremehkan runout aliran 14,4 km yang diamati lebih dari 3 km, sedangkan simulasi dengan data TanDEM-X melebihi-lebihkan arus lari sekitar 1,5 km. Kinerja algoritma pemodelan aliran lava sangat tergantung pada ketebalan lava modal, menyoroti pentingnya menggunakan DEMs TanDEM-X untuk memberikan pengukuran aliran lava yang tepat untuk membatasi parameter input untuk pemodelan numerik aliran lava.
9	Nicole Richter, Massimiliano Favalli, Elske de Zeeuw-van Dalssen, Alessandro Fornaciai, Rui Manuel da Silva Fernandes, Nemesio M.	COPERNICUS	Lava flow hazard at Fogo Volcano, Cabo Verde, before and after the 2014–2015 eruption	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana estimasi karakteristik aliran lava, yakni ketebalan dan volume? 2. Bagaimana perbandingan ancaman bahaya gunung api sesudah	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Mengetahui estimasi karakteristik aliran lava, yakni ketebalan dan volume? 2. Mengetahui perbandingan ancaman bahaya gunung api sesudah	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Penyiapan data SAR, topografis, DEM yang menunjukkan kenampakan gunung sebelum erupsi, dan data fotogrametris yang menampakkan	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Hasil menunjukkan fakta bahwa bahaya aliran lava berubah sebagai akibat dari modifikasi topografi lokal karena emplacement aliran lava. Ini menyiratkan

	Pérez, Judith Levy, Sónia Silva Victória, and Thomas R. Walter 2016			dan sebelum terjadinya erupsi?	dan sebelum terjadinya erupsi?	gunung setelah erupsi. 2. Penerapan simulasi aliran lava DOWNFLOW dan mengkalibrasi model. Hasil simulasi tersebut kemudian menjadi <i>input</i> dalam pembuatan peta ancaman. Aspek- aspek yang dianalisis dalam pembuatan peta ancaman adalah panjang aliran lava, probabilitas pembukaan kawah, dan probabilitas invasi aliran lava.	perlunya informasi topografi terkini untuk menilai bahaya aliran lava. 2. Hasil penelitian ini juga menemukan bahwa daerah yang pernah dialiri oleh aliran lava belum tentu lebih aman, bahkan jika ketebalan aliran lava lokal melebihi ketebalan aliran lava rata-rata. Pengamatan kami akan menjadi penting untuk letusan Gunung Berapi Fogo berikutnya dan memiliki implikasi untuk krisis aliran lava di masa depan dan upaya tanggap bencana di gunung berapi basaltik di tempat lain di dunia.
10	Caroline Michellier, Matthieu Kervyn, Florian Barette, Adalbert Muhindo Syavulisembo, Celestin Kimanuka, Sylvain Kulimushi Mataboro, Fanny Hage, Eleonore Wolff, François Kervyn	ELSEVIER	Evaluating population vulnerability to volcanic risk in a data scarcity context: The case of Goma city, Virunga volcanic province (DR Congo)	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana kerentanan populasi yang menghadapi bahaya gunung berapi di Goma, dan variasi spasialnya di seluruh kota, untuk mendukung pencegahan dan pengelolaan risiko vulkanik di tingkat lokal?	Tujuan dari penelitian ini adalah: 1. Makalah ini bertujuan untuk menilai kerentanan populasi yang menghadapi bahaya gunung berapi di Goma, dan variasi spasialnya di seluruh kota, untuk mendukung pencegahan dan pengelolaan risiko	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1. Indeks Kerentanan Sosial (SoVI) sebagaimana didefinisikan oleh Cutter et al. (2003) berdasarkan pengurangan data statistik; 2. Metode selanjutnya menggunakan lebih sedikit indikator	Hasil dari penelitian ini adalah diketahuinya: 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi spasial tingkat kerentanan dengan kedua pendekatan sangat mirip, tetapi pembangunan OVI dapat membantu mengkomunikasikan pesan lebih mudah kepada otoritas politik untuk tindakan

2020					vulkanik di tingkat lokal.	signifikan untuk mengembangkan Indeks Kerentanan Operasional (OVI).	manajemen risiko - misalnya, untuk menargetkan lingkungan di mana untuk mengembangkan program pencegahan prioritas - tetapi juga dalam hal perencanaan kota spasial - misalnya, untuk mengidentifikasi area di mana harus bertindak. 2. Penilaian kerentanan populasi, bersama dengan probabilitas invasi bahaya aliran lava dan paparan populasi, adalah salah satu langkah penting menuju penilaian risiko aliran lava.
C. Scaini, A. Felpeto, J. Martí, R. Carniel 2014	ELSEVIER	A GIS-based methodology for the estimation of potential volcanic damage and its application to Tenerife Island, Spain	Masalah yang dikaji pada penelitian ini adalah: 1. Bagaimana teknologi berbasis SIG dapat mengestimasi kerusakan yang timbul atas erupsi vulkanik?	Tujuan dari penelitian ini adalah: 2. Mengetahui apakah teknologi berbasis SIG dapat mengestimasi kerusakan yang timbul atas erupsi vulkanik.	Metodologi ini terdiri atas empat bagian: definisi dan simulasi skenario erupsi, analisis eksposur, penilaian kerentanan dan estimasi kerusakan yang diharapkan. Skenario erupsi multi-bahaya didefinisikan untuk kompleks vulkanik aktif Teide-Pico Viejo, dan disimulasikan melalui alat VORIS. Analisis eksposur mengidentifikasi unsur-unsur yang terkena	Hasil dari penelitian ini adalah: 1. Hasilnya adalah peta tematik kerentanan dan kerusakan yang dapat ditampilkan pada tingkat detail yang berbeda, tergantung pada preferensi pengguna. Tujuan dari alat ini adalah untuk memfasilitasi perencanaan teritorial dan manajemen risiko di daerah vulkanik aktif.	

						<p>bahaya yang dipertaruhkan dan berfokus pada aset yang relevan untuk area studi. Analisis kerentanan didasarkan pada studi sebelumnya tentang lingkungan binaan dan dilengkapi dengan analisis transportasi dan infrastruktur perkotaan. Penilaian kerusakan dilakukan dengan mengaitkan peringkat kerusakan kualitatif untuk setiap kombinasi bahaya dan kerentanan. Operasi ini terdiri dari tumpang tindih berbasis GIS, dilakukan untuk setiap fenomena berbahaya yang dipertimbangkan dan untuk setiap elemen. Metodologi ini kemudian diotomatisasi menjadi alat berbasis GIS menggunakan program arcGIS®. Mengingat skenario letusan dan karakteristik elemen yang terpapar, alat ini menghasilkan peta kerusakan yang diharapkan. Alat ini diterapkan pada Lembah Icod (Utara Pulau Tenerife) yang</p>
--	--	--	--	--	--	--

						<p>kemungkinan akan dipengaruhi oleh fenomena vulkanik jika terjadi letusan dari kompleks vulkanik Teide- Pico Viejo dan keretakan basaltik Barat Laut.</p>	
--	--	--	--	--	--	---	--