

**IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BENCANA GUNUNG MERAPI
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI BERDASARKAN DATA
SATELIT LANDSAT
(Studi Kasus: Kabupaten Sleman)**

SKRIPSI

Oleh:
DILA MUTIARA SILVIARANI
NIM. 210604110081



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

HALAMAN PENGAJUAN

**IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BENCANA GUNUNG MERAPI
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI BERDASARKAN DATA
SATELIT LANDSAT (Studi Kasus: Kabupaten Sleman)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

DILA MUTIARA SILVIARANI
NIM. 210604110081

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BENCANA GUNUNG MERAPI
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI BERDASARKAN DATA
SATELIT LANDSAT (Studi Kasus: Kabupaten Sleman)

SKRIPSI

Oleh:
DILA MUTIARA SILVIARANI
NIM. 210604110081

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 09 Desember 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si
NIP. 19860504201903 1 009

Dosen Pembimbing II



Naqibatin Nadliriyah, S.Si., M.Si
NIP. 19920221 201903 2 020

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

HALAMAN PENGESAHAN



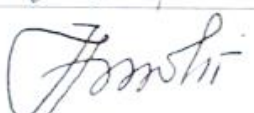

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BENCANA GUNUNG MERAPI
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI BERDASARKAN DATA
SATELIT LANDSAT (Studi Kasus: Kabupaten Sleman)

SKRIPSI

Oleh:

DILA MUTIARA SILVIARANI
NIM. 210604110081

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 22 Desember 2025

Penguji Utama	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	<u>Muthmainnah, M.Si</u> NIP. 19860325 201903 2 009	
Sekretaris Penguji	<u>Ahmad Luthfin, S.Si, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Anggota Penguji	<u>Naqibatin Nadliriyah, S.Si</u> NIP. 19920221 201903 2 020	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Fandi Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dila Mutiara Silviarani

NIM : 210604110081

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Identifikasi Daerah Rawan Bencana Gunung Merapi
Berbasis Sistem Informasi Geografi Berdasarkan Data
Satelit Landsat (Studi Kasus: Kabupaten Sleman)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Desember 2025
Yang Membuat Pernyataan




Dila Mutiara Silviarani
NIM. 210604110081

MOTTO

**"Jangan takut akan kesulitan, karena itu adalah
kesempatan untuk tumbuh."**

~ Albert Einstein ~

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya dedikasikan skripsi ini dengan sepenuh hati, penuh rasa syukur, cinta, dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Kedua orang tua saya yang tercinta, Ibu Sri Suindiyah dan Bapak Sunarto, yang selalu mendoakan, mendukung, mencintai, serta berjuang dan berkorban luar biasa untuk masa depan saya.
2. Kakak saya, Wika Galuh Nadia Putra, yang terus memberikan dorongan dan semangat.
3. Para dosen dan pembimbing, yang telah membekali saya dengan ilmu, arahan, petunjuk, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai dengan baik.
4. Pendamping saya, Ahmad Asa Reza Fahlevi, yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
5. Rekan-rekan seperjuangan di Fisika 21, terutama teman-teman Geofisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah memberikan motivasi, semangat, dan doa hingga skripsi ini rampung.

Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, saya ucapkan banyak terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dengan yang lebih baik lagi, serta memudahkan segala urusan kalian di dunia dan akhirat.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Yang Maha Penyayang, atas limpah rahmat, taufiq, dan hidayahNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul **“Identifikasi Daerah Rawan Bencana Gunung Merapi Berbasis Sistem Informasi Geografi Berdasarkan Data Satelit Landsat (Studi Kasus: Kabupaten Sleman)”** dengan baik.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bantuan dan nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. H. Agus Mulyono, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si dan Naqiibatin Nadliriyah, S.Si selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, pengarahan, saran dan motivasi serta meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi.
5. Segenap dosen Fisika (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berkenan mendidik dan membimbing penulis.

6. Segenap Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang membantu memperlancar penulisan skripsi.
7. Bapak, Ibu, kakak serta keluarga di rumah yang senantiasa mendoakan agar penulis senantiasa diberikan kesuksesan dan kelancaran dalam segala hal.
8. Teman-teman angkatan 2021, khususnya Bidang Minat Geofisika yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberi bantuan sehingga terselesainya laporan ini.

Dengan menyadari atas terbatasnya ilmu yang penyusun miliki, laporan skripsi ini tentu jauh dari kesempurnaan, untuk itu penyusun dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Terlepas dari segala kekurangan semoga laporan skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi positif serta bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 22 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 6
2.1 Kondisi Geografis Daerah Penelitian	6
2.2 Karakteristik Erupsi Gunung Merapi.....	7
2.3 Lava	8
2.4 Lahar Dingin	11
2.5 Landsat.....	12
2.6 Sistem Informasi Geografis	14
 BAB III METODE PENELITIAN	 18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.3 Jenis Data dan Sumber Data	19
3.4 Proses Pengolahan Data.....	21
3.4.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data	23
3.4.2 Tahap Pengolahan dan Pemrosesan Awal Data	23
3.4.3 Tahap Analisis Data.....	25
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 28
4.1 Analisis Potensi Jalur Aliran Lava	28
4.2 Peta Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi	37
4.3 Peta Aliran Lava Berdasarkan Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi..	40
4.4 Peta Kawasan Rawan Bencana Berdasarkan Jarak dari Pusat Letusan	43
4.5 Peta Kepadatan Penduduk Kawasan Gunung Merapi	46

4.6 Peta Risiko Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi	47
4.7 Data Parameter Banjir Lahar Dingin	49
4.8 Peta Kerawanan Banjir Lahar Dingin	65
4.9 Integrasi dan Hikmah Penelitian	69
BAB V PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Gunung Merapi	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1 Data DEM Kabupaten Sleman	30
Gambar 4.2 Cropping Data DEM Kawasan Gunung Merapi	30
Gambar 4.3 Proses Fill Data DEM	31
Gambar 4.4 Proses Flow direction data DEM	32
Gambar 4.5 Proses Flow accumulation data DEM	34
Gambar 4.6 Proses konversi raster to vector menjadi jaringan sungai	34
Gambar 4.7 Peta Potensi Jalur Aliran Lava dan Lahar	35
Gambar 4.8 Peta Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi	39
Gambar 4.9 Peta Aliran Lava Berdasarkan Tutupan Lahan	42
Gambar 4.10 Peta KRB Berdasarkan Jarak dari Pusat Letusan	45
Gambar 4.11 Peta Kepadatan Penduduk Kawasan Gunung Merapi	47
Gambar 4.12 Peta Risiko KRB Aliran Lava Kawasan Gunung Merapi	49
Gambar 4.13 Peta Kemiringan Lahan	52
Gambar 4.14 Peta Kemiringan Lereng	52
Gambar 4.15 Peta Ketinggian Lahan	54
Gambar 4.16 Peta Ketinggian Lahan	56
Gambar 4.17 Peta Tutupan Lahan	57
Gambar 4.18 Peta Curah Hujan Pertahun	60
Gambar 4.19 Peta Jenis Tanah	62
Gambar 4.20 Peta Jenis Tanah	63
Gambar 4.21 Peta Buffer Sungai	64
Gambar 4.22 Peta Kawasan Rawan Banjir Lahar Dingin	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Citra Landsat 8 OLI/TIRS.....	14
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
Tabel 3.2 Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian lahar dingin .	20
Tabel 3.3 Jenis dan sumber data untuk potensi jalur aliran lava.....	20
Tabel 3.4 Pembagian Kelas Rawan Bencana	23
Tabel 3.5 Parameter penyusun dan skoring	23
Tabel 3.6 Kelas kerawanan Banjir Lahar Dingin.....	24
Tabel 4.1 Direction Code pada proses flow direction.....	32
Tabel 4.2 Hasil Arah Aliran Hidrologi pada Setiap Piksel Data DEM.....	33
Tabel 4.3 Luas Area Berpotensi Terlanda Aliran Lava	37
Tabel 4.4 Luas setiap kelas tutupan lahan KRB Gunung Merapi.....	40
Tabel 4.5 Luas Dampak Aliran Lava terhadap Tutupan Lahan Gunung Merapi..	43
Tabel 4.6 Jarak Zonasi KRB G. Merapi (BPPTKG, 2024).....	44
Tabel 4.7 Luas Area Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi	46
Tabel 4.8 Risiko Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi	50
Tabel 4.9 Klasifikasi tutupan lahan di Kabupaten Sleman	57
Tabel 4.10 Data Curah Hujan Pertahun	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I.....	78
Lampiran II.....	78
Lampiran III	79
Lampiran IV	79
Lampiran V	82
Lampiran VI.....	82
Lampiran VII.....	82
Lampiran VIII	82
Lampiran IX	82
Lampiran X	83
Lampiran XI.....	83
Lampiran XII.....	83
Lampiran XIII	83

ABSTRAK

Silviarani, Dila. 2025. **Identifikasi Daerah Rawan Bencana Gunung Merapi Berbasis Sistem Informasi Geografi Berdasarkan Data Satelit Landsat (Studi Kasus: Kabupaten Sleman)**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si. (II) Naqiibatin Nadliriyah, S.Si.

Kata Kunci: Gunung Merapi, SIG, Landsat, Aliran Lava, Lahar Dingin, Kawasan Rawan Bencana.

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi paling aktif di Indonesia yang memberikan ancaman signifikan bagi wilayah Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rawan bencana erupsi Gunung Merapi berdasarkan potensi jalur aliran lava dan lahar dingin menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan memanfaatkan data satelit Landsat dan DEMNAS. Tahapan penelitian meliputi pengolahan data DEM melalui proses Fill, Flow Direction, Flow Accumulation, konversi raster ke vektor, buffering, serta overlay dengan peta tutupan lahan dan kepadatan penduduk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran lava dan lahar berpotensi kuat mengarah ke sektor selatan–barat daya dengan dominasi pada jalur Sungai Gendol, Boyong, Krasak, Bebeng, dan Bedog. Total luas wilayah berpotensi terdampak aliran lava pada buffer 100 m, 200 m, dan 300 m mencapai 914,07 ha. Zonasi Kawasan Rawan Bencana berdasarkan jarak dari puncak Merapi didominasi KRB II seluas 1626,95 ha (45,25%). Desa Hargobinangun menjadi area terdampak terbesar dalam jalur aliran lava dan wilayah KRB. Hasil ini diharapkan menjadi dasar dalam penyusunan strategi mitigasi bencana dan perencanaan tata ruang kawasan rawan bencana Merapi.

ABSTRACT

Silviarani, Dila. 2025. **Identification of Disaster-Prone Areas of Mount Merapi Based on Geographic Information System Using Landsat Satellite Data (Case Study: Sleman Regency)**. Undergraduate Thesis : Physics Departement, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisors: (I) Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si. (II) Naqiibatin Nadliriyah, S.Si.

Keywords: Mount Merapi, GIS, Landsat, Lava Flow, Cold Lahar, Hazard Zoning.

Mount Merapi is one of the most active volcanoes in Indonesia and poses a significant hazard to Sleman Regency, Yogyakarta Special Region. This study aims to identify volcanic hazard zones based on the potential flow paths of lava and cold lahars using Geographic Information Systems (GIS) and Landsat satellite data combined with DEMNAS. The methodology includes DEM preprocessing (Fill, Flow Direction, Flow Accumulation), raster-to-vector conversion, buffering, and overlay analysis with land cover and population density maps. The results indicate that volcanic flow tends to move primarily toward the south–southwest sector, dominated by the Gendol, Boyong, Krasak, Bebeng, and Bedog river channels. The total area potentially affected by lava flow within the 100 m, 200 m, and 300 m buffers is 914.07 ha. Hazard zoning based on distance from the crater shows that KRB II is the largest zone, covering 1626.95 ha (45.25%). Hargobinangun Village is identified as the area most vulnerable to lava flow and hazard exposure. These findings are expected to support disaster mitigation planning and regional spatial planning around Mount Merapi.

مستخلص البحث

سيلفياراني، ديلا. ٢٠٢٥. تحديد المناطق المعرضة لخطر كوارث بركان ميرابي اعتمادًا على نظم المعلومات الجغرافية وفقًا لبيانات الأقمار الصناعية لاندسات (دراسة الحالة: محافظة سليمان). رسالة البكالوريوس. برنامج دراسة الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج إشراف: (١) أحمد لثفين، بكالوريوس العلوم، ماجستير العلوم (٢) نقيبة نصيرية، بكالوريوس العلوم، ماجستير العلوم

الكلمات المفتاحية: جبل ميرابي، نظم المعلومات الجغرافية، لاندسات، تدفق الحمم، اللاهوار البارد، مناطق الخطر البركاني

يُعدّ جبل ميرابي أحد أكثر البراكين نشاطاً في إندونيسيا، حيث يُشكّل تهديداً كبيراً لمنطقة مقاطعة سليمان في إقليم يوجياكرتا الخاص. يهدف هذا البحث إلى تحديد المناطق المعرضة لمخاطر الكوارث الناتجة عن ثوران جبل ميرابي اعتماداً على احتمالية مسارات تدفق الحمم البركانية واللاهوار البارد، وذلك باستخدام منهجية نظم المعلومات الجغرافية من خلال توظيف بيانات الأقمار الصناعية لاندسات وبيانات النموذج الرقمي الوطني للارتفاعات. شملت مراحل البحث معالجة بيانات الارتفاعات عبر عمليات ملء المنخفضات، وتحديد اتجاه الجريان، وتراكم الجريان، وتحويل البيانات النقطية إلى بيانات متجهية، وإنشاء نطاقات عازلة، إضافة إلى تراكم البيانات مع خرائط الغطاء الأرضي والكثافة السكانية. أظهرت نتائج الدراسة أن مسارات تدفق الحمم الجنوبي الغربي، مع سيطرة واضحة على مجاري أنهار –واللاهوار تتجه بشكل رئيسي نحو القطاع الجنوبي جندول، وبويونغ، وكراساك، وبيبينغ، وبدوغ. وبلغت المساحة الإجمالية للمناطق المحتمل تأثرها بتدفق الحمم ضمن نطاقات العزل مئة متر، ومنتى متر، وثلاثمئة متر نحو تسعمئة وأربعة عشر فاصل صفر سبعة هكتار. كما أظهرت عملية تصنيف مناطق الخطر البركاني أن منطقة الخطر البركاني من المستوى الثاني هي الأكثر هيمنة بمساحة قدرها ألف وستمئة وستة وعشرون فاصل خمسة وتسعون هكتار، بنسبة خمسة وأربعين فاصل خمسة وعشرين بالمئة. وتُعدّ قرية هارغوبينانغون المنطقة الأكثر تضرراً ضمن مسارات تدفق الحمم ومناطق الخطر البركاني. ومن المتوقع أن تُسهم نتائج هذا البحث في دعم إعداد استراتيجيات فعّالة للتخفيف من مخاطر الكوارث والتخطيط المكاني للمناطق المعرضة لمخاطر جبل ميراب.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah gunung berapi aktif terbanyak di dunia. Salah satu wilayah yang rawan terkena dampak aktivitas vulkanik adalah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), khususnya wilayah Kabupaten Sleman. Daerah berdekatan dengan Gunung Merapi, salah satu gunung berapi paling aktif di Indonesia. Posisi geografinya terletak pada 7° 32'30" Lintang Selatan dan 110° 26'30" Bujur Timur, dengan ketinggian 2.968 mdpl dengan status masih aktif. Aktivitas Gunung Merapi sering kali mengancam keselamatan jiwa dan mengganggu aktivitas sosial ekonomi masyarakat di sekitarnya (Adri dkk., 2020).

Wilayah Kabupaten Sleman merupakan salah satu daerah yang paling terancam oleh letusan Gunung Merapi. Berdasarkan hasil penilaian kerusakan dan kerugian yang dilakukan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), erupsi Gunung Merapi tahun 2010 telah menimbulkan kerusakan dan kerugian sebesar Rp. 4,23 trilyun (www.bnpb.go.id). Lebih rinci dijelaskan bahwa jumlah nilai kerusakan adalah Rp. 1,138 trilyun (27%), sedangkan jumlah nilai kerugian adalah Rp. 3,089 trilyun (73%).

Perhitungan kerusakan dan kerugian akibat bencana erupsi Gunung Merapi oleh BNPB tersebut adalah hasil perhitungan aset rusak yang dimoneterisasi (nilai langsung), sementara kerugian tidak langsung dari dampak erupsi yaitu kerusakan ekosistem, keanekaragaman hayati dan penurunan fungsi ekologis jangka pendek dari kawasan Gunung Merapi belum dapat diukur nilai kerugiannya. Hancurnya berbagai tipe vegetasi akibat awan panas berdampak pula pada kematian berbagai

jenis satwa liar yang berhabitat di kawasan hutan Gunung Merapi (Dove, 2008).

Erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 menunjukkan betapa besar dampak kehancuran yang dapat ditimbulkan oleh bencana vulkanik. Kejadian ini mengakibatkan 1.705 orang mengalami luka, 1.412 di antaranya luka ringan dan 293 luka berat, serta menewaskan 332 orang. Selain itu, sebanyak 4.874 orang tercatat mengalami gangguan psikologis (Marfai dkk., 2012). Lebih lanjut, menurut (Brotopuspito dkk. 2011) dalam (Marfai dkk. 2012), awan panas saat erupsi tersebut menyebabkan kerusakan berat pada 2.447 rumah dan kerusakan sedang pada 6.472 rumah.

Letusan Gunung Merapi memberikan dampak signifikan bagi wilayah Kabupaten Sleman, khususnya Kecamatan Pakem, Turi, dan Cangkringan yang berjarak sekitar 14 km dari puncak. Aktivitas vulkanik Merapi meningkat sejak 21 Mei 2018 dari Level I (Normal) ke Level II (Waspada) berdasarkan surat resmi PVMBG (2018), dan terus berlanjut hingga Level III (Siaga) sejak 5 November 2020 (PVMBG, 2023). Sepanjang Mei 2018, terjadi enam kali erupsi tanpa korban jiwa, namun menyebabkan pengungsian ratusan warga, terutama kelompok rentan (Jannah, 2023; Kompas.id).

Erupsi besar terakhir tercatat pada 27 Januari 2021 dengan 52 kali guguran piroklastik ke arah Kali Boyong. Saat ini, potensi bahaya meliputi guguran lava dan awan panas ke arah sungai-sungai di sektor selatan-barat daya dan tenggara, serta lontaran abu vulkanik sejauh 3 km dari puncak (CNN Indonesia; Jatengprov.go.id). Potensi bahaya saat ini meliputi guguran lava dan awan panas di sektor selatan-barat daya, yang mencakup Sungai Boyong sejauh maksimal 5 kilometer, serta Sungai Bedog, Bebeng, dan Krasak sejauh maksimal 7 kilometer.

Di sektor tenggara, bahaya serupa meliputi Sungai Woro sejauh maksimal 3 kilometer dan Sungai Gendol sejauh maksimal 5 kilometer. Selain itu, jika terjadi letusan eksplosif, lontaran abu vulkanik dapat menjangkau radius 3 kilometer dari puncak gunung. (CNN Indonesia).

Permasalahan utama di Kota Yogyakarta terkait mitigasi bencana gunung meletus adalah kurangnya sistem yang memadai untuk memetakan daerah rawan bencana yang efektif. Dalam konteks agama, upaya mitigasi bencana merupakan bagian dari ikhtiar manusia dalam menjaga keselamatan dan meminimalisir kerugian. Dalam Al-Qur'an Surah Al-Baqarah ayat 195, Allah berfirman:

وَأَنْفِقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ ۚ وَأَحْسِنُوا ۚ إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الْمُحْسِنِينَ

"Dan belanjakanlah (harta bendamu) di jalan Allah, dan janganlah kamu menjatuhkan dirimu sendiri ke dalam kebinasaan..." (QS. Al-Baqarah [2]:195)

Ayat ini mengajarkan pentingnya usaha manusia untuk mencegah kerugian dan menjaga keselamatan, termasuk dalam menghadapi bencana alam. Tentu lebih tepat jika harta itu disalurkan untuk ber-buat baik bagi kepentingan orang banyak, dan berbuat baiklah. Sungguh, Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik dengan ikhlas.

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan pengolahan data spasial berbasis komputer yang telah digeoreferensikan, disimpan dalam database, dan terhubung dengan keadaan aktual (Humam dkk., 2020). Salah satu metode dalam penelitian ini yaitu membantu memetakan daerah untuk memantau wilayah rawan bencana gunung berapi yang lebih efektif. Melalui pemetaan ini, pemerintah dapat menentukan perkiraan di masa depan untuk wilayah yang terdampak dan pada saat insiden terjadi, dimanakah zona-zona yang terdampak harus dihindari selama

letusan. Teknologi ini juga memungkinkan penyebaran informasi secara cepat dan akurat kepada masyarakat (Yusuf dkk., 2019).

Berdasarkan penjelasan dan hasil penelitian sebelumnya, maka penelitian ini juga akan memanfaatkan SIG untuk mengidentifikasi kawasan rawan bencana gunung meletus 2021 di kota Yogyakarta, Provinsi Jawa Tengah dengan harapan kerugian dari bencana gunung meletus dapat di minimalisir. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada identifikasi daerah rawan bencana gunung meletus 2021 dengan menggunakan metode SIG di Kota Yogyakarta, yang diharapkan sebagai salah satu sumber informasi bagi sistem peringatan dini untuk menilai apakah suatu lokasi berada dalam status kawasan bahaya sehingga dapat memberikan kontribusi signifikan dalam perencanaan mitigasi bencana dan pengurangan risiko bencana di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana peta potensi jalur aliran lava Gunung Merapi menggunakan data Satelit Landsat?
2. Bagaimana peta kawasan rawan bencana berdasarkan jarak dari pusat letusan Gunung Merapi menggunakan data Satelit Landsat?
3. Bagaimana tingkat dan sebaran kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Merapi di Kota Yogyakarta yang disebabkan aliran lahar dingin?
4. Berapa luas tingkat resiko yang disebabkan oleh letusan gunung merapi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui potensi jalur aliran lava Gunung Merapi dengan data

Satelit Landsat.

2. Untuk mengetahui kawasan rawan bencana berdasarkan jarak dari pusat letusan Gunung Merapi menggunakan data Satelit Landsat.
3. Untuk mengetahui tingkat dan sebaran kawasan rawan bencana (KRB) Gunung Merapi di Kota Yogyakarta yang disebabkan aliran lahar dingin.
4. Untuk mengetahui luas tingkat resiko yang disebabkan oleh letusan gunung merapi.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Letusan yang terjadi pada tanggal 27 Januari 2021, yaitu erupsi terbesar dalam Tahun 2021, dengan aktivitas vulkanik dari gunung Merapi cukup tinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Bagi masyarakat dan pemerintah penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi, khususnya masyarakat di sekitar daerah penelitian mengenai wilayah-wilayah yang rawan bencana gunung meletus dalam upaya mitigasi bencana.
2. Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya mengenai kawasan rawan bencana gunung meletus menggunakan sistem informasi geografis

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geografis Daerah Penelitian

Gunung Merapi merupakan salah satu dari 127 gunung api paling aktif di Indonesia dan dikenal sering mengalami erupsi. Secara geografis, Merapi berada pada koordinat 7°32'30" LS dan 110°26'30" BT dengan ketinggian 2.986 mdpl. Daerah di sekitar gunung ini didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan, serta sebagian besar kawasannya dimanfaatkan sebagai objek wisata yang memberikan keuntungan ekonomi bagi masyarakat dan pemerintah daerah. Berdasarkan bentuknya, Merapi tergolong gunung api bertipe strato (strato-volcano), yaitu gunung berapi berbentuk kerucut tinggi yang tersusun oleh lapisan lava dan abu vulkanik yang telah mengeras.

Secara petrologi, magma Merapi bersifat andesit-basaltik. Gunung ini terbentuk secara geodinamik pada zona busur kepulauan akibat proses subduksi antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Aktivitas erupsinya umumnya diawali dengan terbentuknya kubah lava, kemudian diikuti oleh awan panas guguran, aliran lava pijar, dan hujan material piroklastik (PVMBG, 2020).

Batas wilayah Gunung Merapi sebagai berikut :

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Sisi Tenggara berbatasan dengan Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah.
3. Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah.

4. Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah.

Letusan terbaru Gunung Merapi pada tahun 2010 terjadi pada 5 November 2010, yang ditandai dengan runtuhnya kubah lava sehingga menghasilkan awan panas yang meluncur hingga 15 km ke arah Kali Gendol. Berdasarkan catatan historis, erupsi Merapi tahun 1872 berlangsung selama 5 hari, sedangkan erupsi tahun 2010 berlangsung lebih lama, yaitu 14 hari sejak 26 Oktober 2010 (BNPB, 2010). Menurut BPPTK Yogyakarta, jarak luncuran awan panas pada erupsi 138 tahun lalu hanya mencapai 11–12 km, sedangkan pada tahun 2010 dapat mencapai 14,5 km.

Secara historis, Gunung Merapi di Yogyakarta memiliki interval letusan yang relatif singkat dengan pola yang serupa, yaitu terbentuknya kubah lava, kemudian runtuhnya kubah tersebut yang memicu awan panas yang menyapu wilayah di sekitar gunung (BNPB, 2010). Ketika Merapi mengalami erupsi, ancaman paling utama adalah aliran piroklastik atau awan panas. Awan panas yang oleh masyarakat setempat disebut “wedhus gembel” merupakan material guguran kubah yang bergerak sangat cepat, dapat mencapai 300 km/jam, dan memiliki suhu antara 800°C hingga 1100°C. Selain itu, bahaya sekunder yang dapat muncul adalah banjir lahar dingin, terutama saat musim hujan.

2.2 Karakteristik Erupsi Gunung Merapi

Menurut catatan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), sejak tahun 1768 Gunung Merapi telah meletus lebih dari 80 kali. Riwayat aktivitas yang panjang tersebut menunjukkan bahwa karakter setiap erupsi tidak selalu sama. Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan

Geologi (BPPTKG) bahkan mengidentifikasi tiga jenis erupsi yang pernah terjadi pada gunung setinggi 2.968 meter di atas permukaan laut ini.

Jenis erupsi pertama adalah erupsi freatik, yaitu letusan yang dipicu oleh tekanan uap air di dalam tubuh gunung. Berbeda dari erupsi magmatik yang disebabkan keluarnya magma, erupsi freatik umumnya hanya menimbulkan lontaran abu, pasir, dan kerikil. Dalam periode 1768 hingga 2014, tercatat setidaknya 19 kali erupsi freatik di Merapi.

Jenis erupsi kedua adalah erupsi vulkanian, yakni letusan bersifat eksplosif yang tidak disertai pembentukan kubah lava baru. Erupsi ini memiliki kekuatan sedang dengan Volcanic Explosivity Index (VEI) pada level 2, sedangkan letusan terbesar Merapi mencapai VEI 4. Sepanjang tahun 1768–2014, Merapi diketahui hanya empat kali mengalami erupsi vulkanian.

Tipe erupsi ketiga dikenal sebagai erupsi tipe Merapi. Nama ini digunakan karena pola letusan tersebut merupakan karakter khas aktivitas Gunung Merapi. Pada erupsi tipe ini, magma keluar secara efusif atau mengalir tanpa ledakan besar, kemudian menumpuk dan membentuk kubah lava di puncak gunung.

2.3 Lava

Lava adalah magma cair yang keluar dari bumi, mengalir melalui kawah gunungapi atau melalui celah dan patahan. Magma yang keluar dari dalam bumi terjadi akibat meningkatnya aktivitas vulkanik gunung api. Lava vulkanik keluar dengan suhu yang sangat panas akibat panas di dalam bumi. Lava biasanya bergerak dari puncak gunung api menuju wilayah di sekitarnya yang memiliki elevasi lebih rendah. Jalur yang dilewati aliran lava umumnya menyerupai aliran sungai, mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah.

(Ramadhan et al., 2018)

Menurut penelitian Suwarsono dan Astianingrum, pola penyebaran lava dan material piroklastik umumnya mengikuti jalur sungai, baik sungai yang mengalir sepanjang tahun (perennial), sungai musiman (intermitten), maupun sungai kering (ephemeral) yang hanya dialiri air ketika hujan. Alur sungai-sungai tersebut memiliki hulu di bagian puncak, lereng tengah hingga area kaki gunung, dan beberapa di antaranya berbatasan langsung dengan kawah. Jalur sungai inilah yang kemudian menjadi koridor alami bagi pergerakan material erupsi, baik berupa aliran lava maupun aliran piroklastik. (Mouna Togatorop et al., 2016)

Aliran lava dapat mempengaruhi lingkungan sekitarnya dengan cara menutup jalan, memutuskan sumber air, dan membahayakan rumah dan penduduk setempat. Aliran lava juga dapat menghasilkan formasi geologi baru seperti batu api dan kawah vulkanik. Secara keseluruhan, teori aliran lava membantu untuk memahami bagaimana lava mengalir dari gunung berapi ke permukaan bumi dan mempengaruhi lingkungan sekitarnya. Ilmu pengetahuan ini sangat penting untuk memprediksi dan mencegah kerugian yang disebabkan oleh erupsi gunung berapi.

Buffer menggambarkan area tertutup (poligon) pada suatu jarak tertentu pada bentang kenampakan tertentu, dimana beberapa fungsi buffer untuk mengidentifikasi daerah yang berada di sekitar kenampakan geografis, mengidentifikasi/memilih kenampakan yang termasuk di dalam atau berada di luar daerah buffer, dan untuk menyediakan ukuran perkiraan yang dekat dengan suatu kenampakan. Atau lebih jelasnya buffer digunakan untuk membuat area sekitar suatu objek spasial dengan jarak tertentu. Jarak tersebut digunakan sebagai daerah yang terlanda maupun tingkat potensi sebaran aliran lava. Potensi jalur

aliran lava dilakukan proses *multi-buffering* untuk memperluas dampak dari ancaman aliran lava.

2.4 Lahar Dingin

Banjir lahar dingin terjadi ketika aliran lahar dingin di sungai meluap dan keluar dari jalurnya. Sungai umumnya menjadi saluran utama yang diarahkan pemerintah sebagai tempat akhir aliran lava (Jannah & ITRATIP, 2017). Ketika lava bercampur dengan air, material tersebut berubah menjadi lahar dingin. Campuran ini membuat volume air sungai meningkat, dan saat hujan turun, kapasitas sungai akan bertambah besar lagi. Karena daya tampung sungai terbatas, kelebihan lahar dingin dapat melimpah ke daerah sekitar aliran sungai sehingga memicu banjir lahar dingin (Mutia et al., 2020). Semakin banyak air yang tercampur dalam lahar dingin, semakin besar pula laju pergerakannya. Laju aliran lahar dingin bahkan dapat mencapai 22 mph hingga 60 mph atau sekitar 100 km per detik (Laily, 2021).

Terdapat bahaya tidak langsung (sekunder) yang dapat terjadi pra atau pasca erupsi gunung api, antara lain:

1. Banjir Bandang

Banjir lahar dingin, dapat berupa banjir bandang. Banjir bandang dapat terjadi karena curah hujan tinggi yang berakibat longsohnya material vulkanik pada lereng gunungapi. Longsoran tersebut menjadi aliran lumpur seperti lahar dimana cukup membahayakan bagi warga yang bekerja di sungai atau daerah pemukiman warga di pinggir sungai.

2. Lahar hujan

Lahar hujan terjadi ketika material lepas hasil erupsi yang tertimbun di puncak maupun lereng gunung terbawa oleh air hujan atau aliran permukaan. Aliran lahar ini berbentuk lumpur yang sangat kental sehingga mampu mengangkut material beragam ukuran. Bahkan, bongkahan batu besar dengan diameter lebih dari 5 meter dapat terangkat dan terbawa bersama aliran tersebut. Selain itu, lahar dapat mengubah bentuk alur sungai yang dilewatinya serta mengganggu ekosistem di sekitarnya. Dengan dampaknya yang cukup luas, banjir lahar dingin menjadi salah satu bencana yang berpotensi menimbulkan kerusakan besar terutama bagi masyarakat.

2.5 Landsat

Citra Landsat 8 OLI/TIRS merupakan citra satelit asal Amerika Serikat yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 dan termasuk dalam sistem penginderaan jauh pasif. Satelit Landsat 8 memiliki 11 band, masing-masing dengan panjang gelombang tertentu. Satelit ini berada pada orbit sun-synchronous, melintasi hampir seluruh permukaan bumi dengan sudut inklinasi 98,2 derajat dan berada pada ketinggian sekitar 705 km dari permukaan bumi. Berdasarkan informasi USGS, Landsat 8 mengorbit dengan tinggi 705 km serta memiliki cakupan area perekaman $185 \text{ km} \times 185 \text{ km}$ dengan resolusi spasial 30×30 meter.

Landsat 8 dilengkapi dua sensor, yaitu Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS), dengan total 11 kanal. Sebanyak 9 kanal (band 1–9) berada pada sensor OLI, sedangkan 2 kanal lainnya (band 10 dan 11) merupakan bagian dari sensor TIRS (Lillesand & Kiefer, 1996). Penjelasan lebih rinci mengenai karakteristik Citra Landsat 8 OLI/TIRS dapat dilihat pada

informasi (USGS, 2018).

Tabel 2.1 Karakteristik Citra Landsat 8 OLI/TIRS

Band Spektral	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)	Keterangan
Band 1 - <i>Coastal/Aerosol</i>	0.43 – 0.45	30	Analisis <i>aerosol</i> dan wilayah pesisir
Band 2 – <i>Blue</i>	0.45 – 0.51	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dari vegetasi dan daun dari vegetasi konifer
Band 3 – <i>Green</i>	0.53 – 0.59	30	Memperjelas puncak vegetasi untuk analisis nilai kehijauan vegetasi
Band 4 - <i>Red</i>	0.64 – 0.67	30	Membedakan sudut vegetasi
Band 5 – <i>Near Infrared (NIR)</i>	0.85 – 0.88	30	Mempertegas biomassa dan garis pantai
Band 6 - <i>Short Wavelength Infrared (SWIR 1)</i>	1.57 – 1.65	30	Membedakan kadar air tanah dan vegetasi, menembus awan tipis
Band 7 - <i>Short Wavelength Infrared (SWIR 2)</i>	2.11 – 2.29	30	Mempertegas peningkatan kadar air tanah dan vegetasi serta sebagai penetrasi awan tipis
Band 8 - <i>Panchromatic</i>	0.50 – 0.68	15	Mempertajam kualitas citra
Band 9 - <i>Cirrus</i>	1.36 – 1.68	30	Meningkatkan deteksi awan sirus
Band 10 - <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS 1)</i>	10.60 - 11.19	100	Memetakan suhu dan analisis perhitungan kelembapan tanah
Band 11 - <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS 2)</i>	11.50 - 12.51	100	Memetakan suhu dan analisis perhitungan kelembapan tanah

Sumber: USGS (2018)

2.6 Sistem Informasi Geografis

Sebagaimana lembar peta dapat menggambarkan dunia nyata di atas kertas, SIG adalah penggambaran dunia nyata pada monitor komputer. SIG lebih kuat

dan lebih fleksibel daripada lembaran kertas. Peta adalah representasi dua dimensi dari dunia nyata. Fitur atau elemen yang digambarkan pada peta (seperti sungai, taman, kebun, dan jalan raya) dikenal sebagai unsur peta atau map features. Peta ini sangat baik dalam menampilkan hubungan antar item karena mengorganisasikan unsur-unsur berdasarkan lokasinya (Bafdal dkk., 2011).

Salah satu metode yang dapat membantu pemangku kepentingan memantau dan memahami kejadian kebakaran lahan, apakah insiden tersebut telah terjadi atau prediksi kebakaran di masa depan adalah SIG. Banyak peneliti mempelajari pemodelan spasial banjir lahar dingin dengan memanfaatkan berbagai metodologi dan kriteria, seperti aspek lingkungan (biofisik), sosial ekonomi, dan kebijakan (Yusuf dkk., 2019).

Berdasarkan pengertian SIG, maka SIG merupakan suatu kesatuan yang terdiri atas sumber daya logika dan fisik yang berkaitan dengan objek-objek yang ada di permukaan bumi. Dalam Al-Quran surat Al-An'am ayat 97 Allah berfirman:

وَهُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ النُّجُومَ لِتَهْتَدُوا بِهَا فِي ظُلُمَاتِ الْبَرِّ وَالْبَحْرِ قَدْ فَصَّلْنَا الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

Artinya: *“Dialah yang menjadikan bagimu bintang-bintang agar kamu menjadikannya petunjuk dalam kegelapan (yang pekat) di darat dan di laut. Sungguh, Kami telah memerinci tanda-tanda (kekuasaan Kami) kepada kaum yang mengetahui.”* (QS. Al-An'am: 97)

Dalam Tafsir Tahlili, Allah menggambarkan bagaimana umat manusia menggunakan benda langit lainnya, khususnya benda langit selain matahari dan bulan untuk memberi tahu waktu, mengidentifikasi musim, dan menavigasi di malam hari. Dengan mengamati terbit dan tenggelamnya kelompok bintang, bintang dapat dimanfaatkan sebagai penunjuk waktu.

Kedudukan matahari di antara bintang-bintang tetap (manzie) dapat digunakan untuk menentukan musim. Orang biasanya menggunakan bintang salib selatan (As-Shalibul Januby Crux), yang dapat ditemukan dengan menggambar garis lurus dari gamma cruxis ke alpha cruxis dan memotong ufuk, sebagai panduan karena mereka adalah bintang tetap di luar minthaqatul buruj (Zodiac).

Bintang-bintang sebagai petunjuk dalam kegelapan di darat dan di laut, maknanya dapat digunakan sebagai penanda navigasi saat bepergian, pengembaraan, atau berlayar karena mereka digunakan. Ternyata pesawat ruang angkasa telah menggunakan navigasi bintang di dunia kontemporer. Bintang-bintang juga digunakan sebagai penanda kiblat, menunjukkan bahwa Makkah terletak di selatan Madinah. Tuhan memberikan penjelasan menyeluruh tentang bagaimana Dia menggunakan kuasa-Nya untuk menciptakan alam semesta, bumi, segala sesuatu di atasnya, semua bentuk kehidupan, dan aturan yang mengaturnya.

Pentingnya teknologi navigasi dalam bentuk peta, seperti SIG, untuk memberikan petunjuk musim yang digunakan dalam memantau dan menganalisis terjadinya kebakaran lahan, baik ketika insiden telah terjadi atau perkiraan kebakaran di masa depan, didasarkan pada tafsir ayat di atas.

Salah satu keuntungan memakai SIG yaitu kemampuannya dalam memelihara data dalam bentuk digital. Dibandingkan dengan peta, tabel, cetakan, atau bentuk tradisional lainnya, data ini lebih padat. Dengan dipakainya sistem komputer maka bila diperlukan, sejumlah besar data dapat diambil dari sistem komputer pada tingkat yang jauh lebih cepat dan lebih murah per unit daripada metode manual. Selain itu juga dalam hal kemampuan memanipulasi data spasial dan menghubungkannya dengan data atribut, dan menggabungkannya dengan

berbagai tipe data dalam suatu analisis (Rosdiana, 2017).

Menurut John E. Harmon, Steven J. Anderson (2003) dalam Rosdiana (2017)

SIG dapat beroperasi dengan komponen- komponen sebagai berikut :

1. Orang yang menjalankan sistem yakni yang mengoperasikan, mengembangkan serta memperoleh manfaat dari sistem. Kategori yang menjadi bagian dari SIG, seperti operator, programmer, analis, database *administrator* dan *stakeholder*.
2. Aplikasi adalah prosedur untuk mengubah data menjadi informasi. Contohnya overlay, penjumlahan, rotasi, koreksi geometri, klasifikasi, query, jointable, buffer, dan lain-lain.
3. Baik data grafis maupun data atribut dapat digunakan dalam GIS. Data yang merupakan representasi fenomena permukaan bumi/spasial dengan acuan umum (koordinat) berupa peta, foto udara, citra satelit, dan lain sebagainya, atau hasil analisis data tersebut, disebut sebagai data posisi/koordinat/grafis/ruang/spasial. Data yang menggambarkan elemen deskriptif dari fenomena yang dimodelkannya disebut sebagai data atribut atau non-spasial.
4. Perangkat lunak SIG berbentuk aplikasi yang dapat mengolah, mengelola, menganalisis, menyimpan, dan menampilkan data spasial (misalnya, ArcGIS, ArcView, ILWIS, MapInfo, Idrisi, ARC/INFO, dan lain-lain).
5. Hardware, yang mencakup peralatan komputer seperti printer, scanner, digitizer, plotter, dan perangkat pendukung lainnya, diperlukan untuk menjalankan sistem.

Selain lima komponen yang disebutkan sebelumnya, ada satu komponen yang sama pentingnya yakni metode. Salah satu teknik yang digunakan dalam analisis spasial adalah metode tumpang susun atau overlay. Overlay merupakan sistem informasi berbentuk grafis yang menggabungkan beberapa peta tematik sehingga

menghasilkan data atau informasi baru yang lebih spesifik. Proses overlay setidaknya melibatkan dua peta berbeda yang secara teknis akan membentuk poligon baru dari hasil penggabungan keduanya (Rachmah et al., 2018). Pada metode weighted overlay, banyak lapisan peta digunakan berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh dalam penilaian tingkat kerawanan sebagai dasar analisis. Metode ini umumnya dimanfaatkan untuk menyelesaikan masalah multi-kriteria, misalnya menentukan lokasi yang paling sesuai atau memodelkan tingkat kesesuaian suatu wilayah.

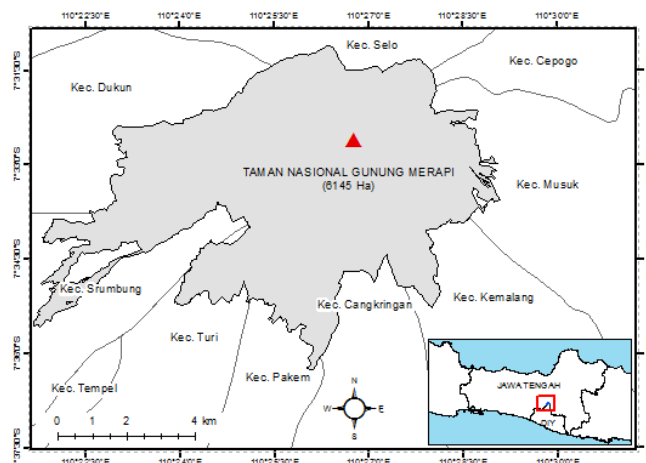
Weighted Overlay merupakan salah satu fasilitas yang ada dalam ArcGIS yang mengintegrasikan beberapa input ke dalam peta grid dengan pembobotan (weighted factor) dari AHP expert. Dalam penggunaannya metode ini menggunakan data raster berbentuk integer yang memiliki satuan terkecil berupa pixel sehingga dapat dilakukan skoring dan pembobotan dari setiap pixel yang memiliki nilai masing-masing. Raster floating-point harus terlebih dahulu dikonversi ke raster bilangan bulat sebelum dapat digunakan dalam weighted overlay (Ukhti dkk., 2021).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-Selesai. Tempat penelitian terletak kawasan rawan bencana (KRB) III yang berpotensi terdampak banjir lahar dingin meliputi Sleman, Yogyakarta, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis wilayahnya terletak pada koordinat $109^{\circ} 40'$ sampai $111^{\circ} 0'$ Bujur Timur dan $8^{\circ} 30'$ sampai $7^{\circ} 20'$ Lintang Selatan. Persiapan data dan pengolahan data dilakukan di Laboratorium Geofisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Peta Gunung Merapi

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Laptop	1 buah
2	<i>Windows 11</i>	1 set
3	<i>Microsoft Office 2021</i>	1 set
4	<i>Google Earth Pro</i>	1 set
5	<i>ArcGIS 10.8</i>	1 set

3.2.1 Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan antara lain:

a. Laptop

Digunakan untuk proses pengolahan data dan penulisan Proposal Skripsi. Menggunakan Laptop HP dengan prosesor AMD Ryzen 5 5500U with Radeon Graphics 2.10 GHz, RAM 8.00 GB, 64-bit.

3.2.2 Perangkat lunak (*software*) yang digunakan antara lain:

a. *Windows 11*

Windows 11 digunakan untuk menyediakan berbagai aplikasi produktivitas seperti Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), dan berbagai perangkat lunak (*software*) dan aplikasi *web*. Untuk mendukung proses pembuatan skripsi.

b. *Microsoft Office 2021*

Microsoft Office 2021 adalah Microsoft Word digunakan untuk membuat, mengedit, dan memformat dokumen teks. Microsoft Excel digunakan untuk analisis data dan Microsoft PowerPoint digunakan untuk membuat presentasi, untuk mendukung penulis dalam menulis skripsi ini.

c. *Google Earth Pro*

Google Earth Pro digunakan untuk memeriksa lokasi penelitian, melakukan pengukuran jarak, luas, dan perimetral di atas peta, dan melihat detail geografis menggunakan citra satelit beresolusi tinggi dalam model 3D.

d. *ArcGIS*

ArcGIS digunakan untuk membuat peta yang terperinci dan berkualitas tinggi digunakan dalam penelitian ilmiah, perencanaan tata ruang, dan analisis lingkungan serta menyediakan berbagai alat untuk melakukan analisis spasial yang kompleks.

3.3 Jenis Data dan Sumber Data

Data yang digunakan untuk mendukung penelitian ini berupa data sekunder yang tercantum pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian lahar dingin:

No	Data	Sumber Data
1	Data Peta Digital Elevation National (DEMNAS)	DEMNAS
2	Data Peta curah hujan	BMKG
3	Data Peta jenis tanah	Ina Geoportal
4	Data Peta kemiringan lereng	Ina Geoportal
5	Data Peta penggunaan lahan	Ina Geoportal
6	Data Peta sungai DI Yogyakarta	Ina Geoportal

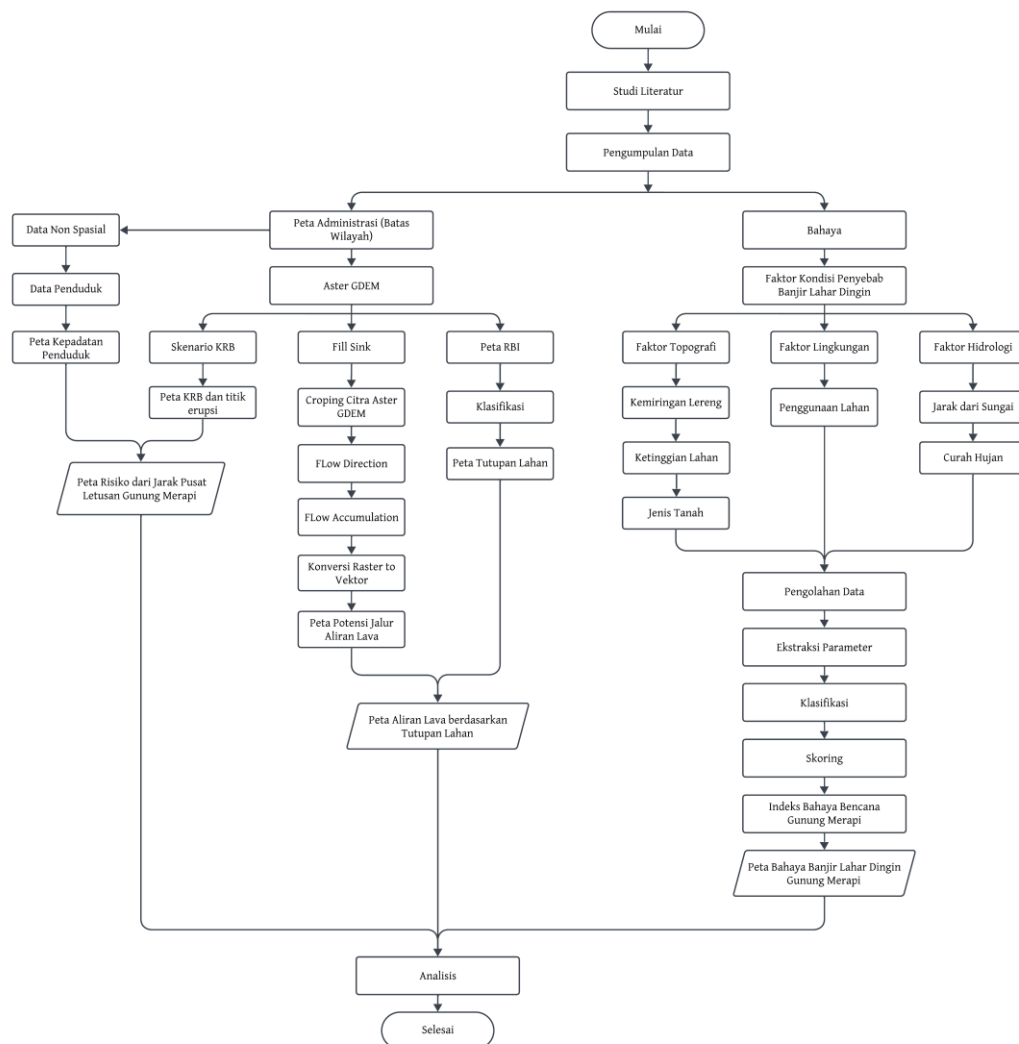
Tabel 3.3 Jenis dan sumber data untuk potensi jalur aliran lava:

No	Data	Sumber Data
1	Data DEM	USGS
2	Peta RBI	Ina Geoportal
3	Peta Kepadatan Penduduk	Webgis Dukcapil

Data sekunder diperoleh dari instansi terkait berupa data spasial dan non spasial yang terdiri atas data peta DEMNAS, data peta Batas Administrasi, peta kepadatan penduduk, data peta curah hujan, data peta jenis tanah, data peta penggunaan lahan, Data Peta sungai DI Yogyakarta, data peta RBI Yogyakarta.

3.4 Proses Pengolahan Data

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu: tahap persiapan dan pengumpulan data, tahap pengolahan dan pemrosesan awal data, serta tahap analisis data. Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data

Tahap persiapan dan pengumpulan data meliputi kegiatan yang berkaitan dalam mempersiapkan penelitian, berupa studi literatur untuk mendapatkan teori yang mendukung penelitian serta mempelajari bagaimana cara pengolahan data penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder meliputi berupa data spasial dan non spasial yang terdiri atas data data peta DEMNAS, data peta Batas Administrasi, data peta curah hujan, data peta jenis tanah, data peta penggunaan lahan, Data Peta sungai DI Yogyakarta, data peta RBI Yogyakarta. Tiap data tersebut diperoleh melalui beberapa sumber sesuai pada tabel data.

3.4.2 Tahap Pengolahan dan Pemrosesan Awal Data

Pada tahap ini yaitu dilakukan pengunduhan data serta melakukan proses awal. Pemrosesan awal data dilakukan dengan :

3.4.2.1 Pengolahan Data Lahar Dingin

Analisis sebaran potensi lahar dingin dilakukan dengan mengolah data kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, bentuk lahan, jarak dari sungai, dan penggunaan lahan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*. Masing-masing data diberikan skor berdasarkan tingkat kontribusinya terhadap bahaya lahar dingin. Seluruh layer data yang telah diberi skor kemudian di *overlay* untuk menghasilkan peta sebaran risiko lahar dingin. Peta ini memberikan gambaran visual mengenai daerah-daerah yang memiliki potensi terdampak lahar dingin paling tinggi.

3.4.2.2 Pengolahan Data Jalur Aliran Lava

Tahap pertama melakukan proses Fill, untuk menghilangkan depression atau sink pada data DEM, serta menghilangkan atau mengisi grid elevasi yang memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan elevasi disekitarnya. Tahap kedua, Proses Flow Direction, pada proses ini bertujuan untuk untuk menentukan arah aliran (*flow routing*). Pada penelitian menggunakan metode *Steepest Slope*, dimana metode ini arah aliran menuju nilai piksel terendah. Tahap ketiga, Proses Flow Accumulation, pada proses ini untuk menentukan nilai akumulasi aliran pada setiap grid/cell. Penentuan lokasi aliran dimana beberapa arah aliran air bergabung menjadi satu arah aliran baru.

Tahap keempat, Proses konversi raster aliran air ke vektor, setelah diperoleh hasil akumulasi aliran air, kemudian mengubahnya dari raster menjadi vektor dengan menggunakan tool stream link – stream order – stream to feature. Proses ini akan menghasilkan data vektor berupa aliran air dengan kondisi air mengalir dari puncak gunung menuju daerah yang lebih rendah. Proses kelima, Pembuatan dan multi-buffering aliran lava, aliran lava dalam multi-buffer mendapatkan daerah yang terlanda pada aliran lava. Dilakukan buffering pada rawan 100 m, 200 m, dan 300 untuk analisis daerah yang terkena aliran lava pada daerah yang terkena dampak hasil buffering. Jarak ini digunakan sebagai daerah yang terkena dampak ancaman potensi jalur aliran lava.

Proses keenam, Selanjutnya dilakukan overlay terhadap parameter jarak dari pusat letusan sebagai peta KRB berdasarkan jarak dari pusat letusan Gunung Merapi. Proses ketujuh, Dilakukan overlay pada tutupan lahan, data tutupan lahan didapatkan berdasarkan peta RBI skala 1:125000. Proses kedelapan, Dilakukan overlay aliran lava dengan tutupan lahan sebagai dampak potensi jalur aliran lava berdasarkan tutupan lahan. Proses kesembilan, Dibuat peta kepadatan penduduk untuk mengetahui populasi di wilayah kawasan Gunung Merapi. Proses kesepuluh, Dibuat peta resiko ancaman bencana gunung api berdasarkan jarak dari pusat letusan dengan meng-overlay peta kepadatan penduduk.

3.4.3 Tahap Analisis Data

Analisis data meliputi analisis variabel sebaran rawan bencana gunung meletus. Pada tahap ini dilakukan dua tahap pemodelan, yaitu skoring dan overlay. Proses operasi matematika digunakan dalam model skoring untuk menilai dan memberi bobot setiap parameter analisis sesuai dengan parameter masing-masing kerawanan. Tahap overlay mengintegrasikan banyak lapisan untuk menghasilkan kelas fitur output baru yang menggabungkan data dari input tersebut. Secara detail, tahap analisis data dapat dijelaskan sebagai berikut.

3.4.3.1 Tahap Klasifikasi dan Skoring

Pada tahap ini, dilakukan skoring pada setiap parameter yang digunakan berdasarkan klasifikasi tiap parameter. Parameter-parameter tersebut dinilai berdasarkan tingkat pengaruh atau

kepentingan dari masing-masing kelas. Teknik skoring kelas ancaman, kelas kelerengan, tutupan lahan, kelas curah hujan, jarak dari sungai dan kelas jenis tanah menggunakan model standar yang diterbitkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia tahun 2012. Penentuan skor tiap parameter dilakukan dengan metode pengkalian antara kelas dengan bobot masing-masing kelas.

Tabel 3.5 Parameter penyusun dan skoring

Parameter	Kelas	Deskripsi	Skor	Bobot
Ketinggian lahan	>1759 m	Sangat Rawan	18	20%
	1265-1759 m	Cukup Rawan	14	
	837-1265 m	Rawan	10	
	426-837 m	Agak Rawan	6	
	<426 m	Tidak Rawan	2	
Kemiringan lereng	>40%	Sangat Rawan	9	10%
	25-40%	Cukup Rawan	7	
	15-25%	Rawan	5	
	8-15%	Agak Rawan	3	
	0-8%	Tidak Rawan	1	
Penggunaan lahan	Lahan Terbuka, Badan Air Permukiman, Sawah Perkebunan, Tegalan Kebun Campuran, Semak Belukar Hutan	Sangat Rawan	22.5	25%
		Cukup Rawan	17.5	
		Rawan	12.5	
		Agak Rawan	7.5	
		Tidak Rawan	2.5	
Jenis tanah	Regosol, Litosol, Organosol, Rensina Andosol, Laterit, Grumusol, Podsol, Podsollic Brown forest soil, non calcic brown mediteran Latosol Aluvial, Glei, Planosol, Hidromerf, Laterik air tanah	Sangat Rawan	9	10%
		Cukup Rawan	7	
		Rawan	5	
		Agak Rawan	3	
		Tidak Rawan	1	

Jarak dari sungai	0-25 m	Sangat Rawan	18	20%
	25-50 m	Cukup Rawan	14	
	50-75 m	Rawan	10	
	75-100 m	Agak Rawan	6	
	>75-100 m	Tidak Rawan	2	
Curah hujan	>2.500 mm/th	Sangat Rawan	13.5	15%
	2.000-2.500 mm/th	Cukup Rawan	10.5	
	1.500-2.000 mm/th	Rawan	7.5	
	1.000-1.500 mm/th	Agak Rawan	4.5	
	<1.000 mm/th	Tidak Rawan	1.5	

Sumber: BNBP (2012), Fauzi, Y., Mayasari, Z. M., & Fachri, H. T. (2022).

3.4.3.2 Tahap Overlay

Dengan menggunakan metode tumpang susun atau overlay pada semua peta variabel, maka akan muncul peta baru yang menunjukkan wilayah yang rawan akan dampak gunung Meletus, terutama wilayah yang terkena dampak banjir lahar dingin. Daerah rawan banjir adalah daerah yang sering dilanda banjir. Tingkat kerawanan banjir merupakan peristiwa tergenangnya daratan akibat volume air yang meningkat pada setiap unit lahan yang diperoleh berdasarkan nilai kerawanan banjir. Persamaan aritmatika (Persamaan 1) yang digunakan untuk proses overlay dalam menentukan tingkat kerawanan banjir (Kusumo & Nursari, 2016).

$$B = 1,5h + l + 2e + t + 2,5pl + 2s \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

B = kerawanan banjir

h = curah hujan

l = kemiringan lereng

e = elevasi

t = jenis tanah

pl = penggunaan lahan

s = *buffer* sungai

Klasifikasi kelas kerawanan bencana banjir dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan interval kelas dan ditunjukkan oleh Persamaan 2.

$$Kelas\ kerawanan = \frac{(score\ max - score\ min)}{n\ kelas} \dots\dots\dots(2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kerawanan dapat ditentukan kelas kerawanan bencana banjir di daerah penelitian. Penelitian ini membagi kelas kerawanan menjadi empat kelas yaitu tidak rawan, rawan dan sangat rawan. Klasifikasi kelas kerawanan banjir disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 3.6 Kelas kerawanan Banjir Lahar Dingin

Tingkat kerawanan	Skor Kerawanan	Deskripsi
1	108 – 130.5	Sangat Rawan
2	85.5 – 108	Rawan
3	63 – 85.5	Tidak Rawan
4	40.5 – 63	Aman

Sumber : Fauzi, Y., Mayasari, Z. M., & Fachri, H. T. (2022).

Dari hasil analisis data tersebut dapat dipetakan cakupan wilayah yang memiliki potensi terjadinya banjir lahar dingin sesuai dengan tingkat kerawanannya.

BAB IV

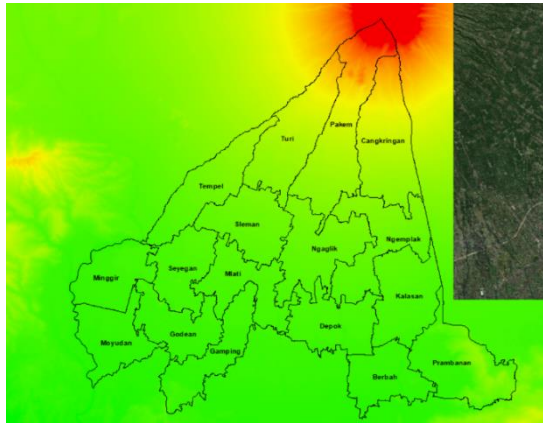
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hasil Penentuan Potensi Jalur Aliran Lava

Pada penelitian ini menggunakan prinsip aliran hidrologi. Siklus hidrologi adalah proses membentuk siklus aliran mulai dari tempat tinggi seperti gunung menuju ke tempat yang lebih rendah, baik dipermukaan tanah maupun di dalam tanah yang akan berakhir ke laut. Analisis siklus hidrologi ini dapat digunakan untuk menentukan potensi jalur aliran lava dan juga lahar dengan pengolahan data elevasi DEM menggunakan *software* Arcgis. Arcgis dapat untuk melakukan analisis, pemodelan, dan pengolahan data spasial secara efektif dan efisien. Proses penentuan potensi jalur aliran lava dijelaskan sebagai berikut :

4.1.1 Data Penelitian

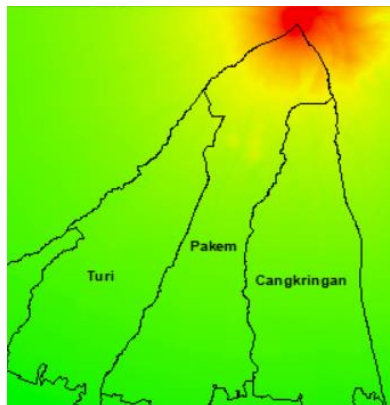
Pada penelitian ini menggunakan data DEM (Digital Elevation Model), dimana data DEM sebagai informasi untuk ketinggian di wilayah penelitian Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta. Data DEM wilayah Kabupaten Sleman diunduh pada web USGS atau <https://www.usgs.gov/>. Berikut merupakan gambar data DEM daerah penelitian Kabupaten Sleman:



Gambar 4.1 Data DEM Kabupaten Sleman

Gambar 4.1 diatas merupakan data ASTER GDEM digunakan untuk merepresentasikan elevasi permukaan bumi dalam bentuk digital pada wilayah penelitian. Penyimpanan dan pengelolaan data DEM pada perangkat lunak ArcGIS dilakukan dalam format raster dan vector.

Kemudian setelah di unduh, data DEM wilayah Kabupaten Sleman di *cropping* untuk lebih memperjelas daerah penelitian wilayah Kawasan Merapi yang ditunjukkan seperti Gambar 4.2 dibawah ini:

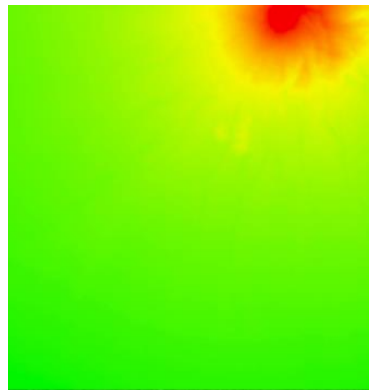


Gambar 4.2 *Croping* Data DEM Kawasan Gunung Merapi

4.1.2 Proses Fill Sink

Proses Fill Sink yang digunakan untuk menghilangkan *depression* atau *sink* pada data DEM. Kesalahan yang dimiliki pada data DEM ini disebabkan oleh noise dari citra satelit itu sendiri, seperti kesalahan yang

terjadi karena perbedaan sinyal yang diterima. Proses *tool Fill* dengan menginput data DEM yang berfungsi untuk mengisi *grid elevasi* dan *sink* dengan menghapus *elevasi* yang memiliki perbedaan mencolok. Dimana agar tidak ada perbedaan elevasi yang menonjol dibandingkan *elevasi* disekitarnya, maka untuk itu proses ini dapat menghilangkan atau mengisi *grid elevasi* yang memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan elevasi disekitarnya. Proses *Fill* data DEM kawasan Gunung Merapi ditunjukkan pada Gambar 4.3 dibawah ini :

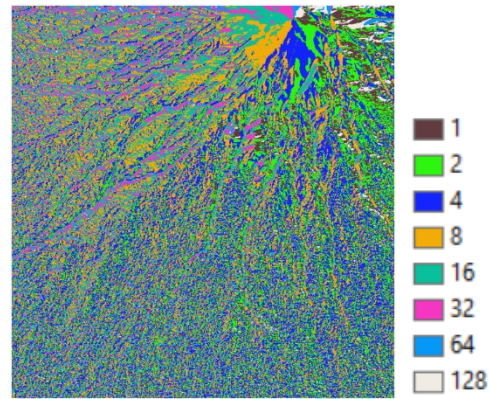


Gambar 4.3 Proses *Fill* Data DEM

4.1.3 Proses Flow Direction

Proses Flow Direction data yang diinput adalah data DEM yang telah diproses pada *tool Fill*. Proses ini digunakan untuk menentukan arah aliran, dimana *tool Flow Direction* dapat menentukan arah aliran (*flow routing*) nantinya dapat memunculkan aliran lava. Pada penelitian menggunakan metode *Steepest Slope*, dimana dengan membuat koneksi untuk membangun pola aliran sehingga dapat menghubungkan sel yang berdekatan dengan kemiringan terbesar, dimana pada metode ini arah aliran menuju nilai piksel terendah. Penentuan arah aliran sesuai dengan arah mata

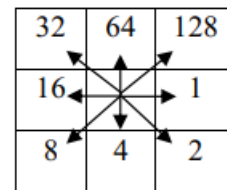
angin, meliputi N (North), E (East), W (West), S (South), NE (North east), NW (Nortwest), SE (SourtEast), SW (Southwest). Proses *Flow Direction* dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini :



Gambar 4.4 Proses *Flow direction* data DEM

Tabel 4.1 *Direction Code* pada proses *flow direction* :

1	<i>Timur</i>
2	<i>Tenggara</i>
4	<i>Selatan</i>
8	<i>Barat Daya</i>
16	<i>Barat</i>
32	<i>Barat Laut</i>
64	<i>Utara</i>
128	<i>Timur Laut</i>



Pada Gambar 4.1 diatas dapat dilihat untuk output dari *flow direction* adalah data raster yang setiap selnya memiliki arah dengan diwakili oleh nilai 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 atau 128. Sehingga didapatkan hasil arah aliran dari tiap piksel dengan melihat *Direction Code* dari masing-masing data yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Arah aliran hidrologi Kawasan Merapi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah :

Tabel 4.2 Hasil Arah Aliran Hidrologi pada Setiap Piksel Data DEM :

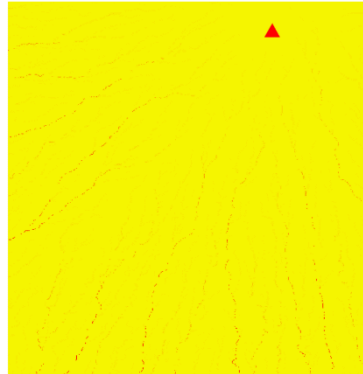
Direction Code	Direction	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	Timur	1604.82	6.66
2	Tenggara	3428.28	14.22
4	Selatan	6524.98	27.07
8	Barat Daya	5611.87	23.28
16	Barat	4103.64	17.03
32	Barat Laut	1655.64	6.87
64	Utara	702.73	2.92
128	Timur Laut	468.87	1.95
Jumlah Luas (Ha)		24100.85	100

Pada hasil pengolahan yang ditunjukkan Gambar 4.1 menunjukkan arah aliran dari puncak Gunung Merapi menuju ke segala arah sesuai kemiringan lereng geomorfologi Gunung Merapi. Namun setelah dari puncak arah aliran hidrologi dominan menuju ke arah selatan, tenggara. Dari tabel juga menunjukkan bahwa jumlah presentase piksel dari arah tersebut terdefiniskan yaitu selatan 27.07% dan juga barat daya 23.28%. Hasil tersebut sesuai dengan erupsi Gunung Merapi Tahun 2021, di mana menurut PVMBG arah aliran mengarah ke selatan dan barat daya. Berdasarkan arah aliran hidrologi tersebut dapat ditentukan bahwa ketika terjadi bencana letusan gunung Merapi, aliran lava dan laharnya diperkirakan menyerupai aliran hidrologi yang telah dimodelkan.

4.1.4 Proses tool Flow Accumulation

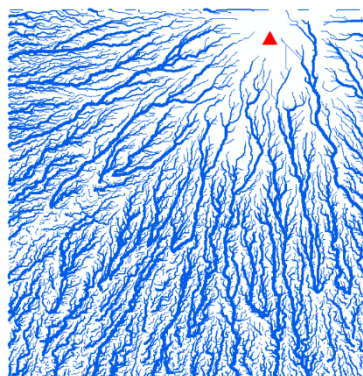
Proses *tool Flow Accumulation* untuk menentukan nilai akumulasi aliran pada setiap *grid/cell*. Pada proses ini nilai akumulasi alirannya

biasanya identik dengan hidrologi dan jaringan sungai yang relevan dengan kondisi di lapangan (Rachmah et al., n.d.). Pada proses arah aliran sudah mulai muncul dan terlihat, untuk selanjutnya dikonversi untuk memperjelas arah aliran air dari arah puncak. Proses *Flow Accumulation* dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini :



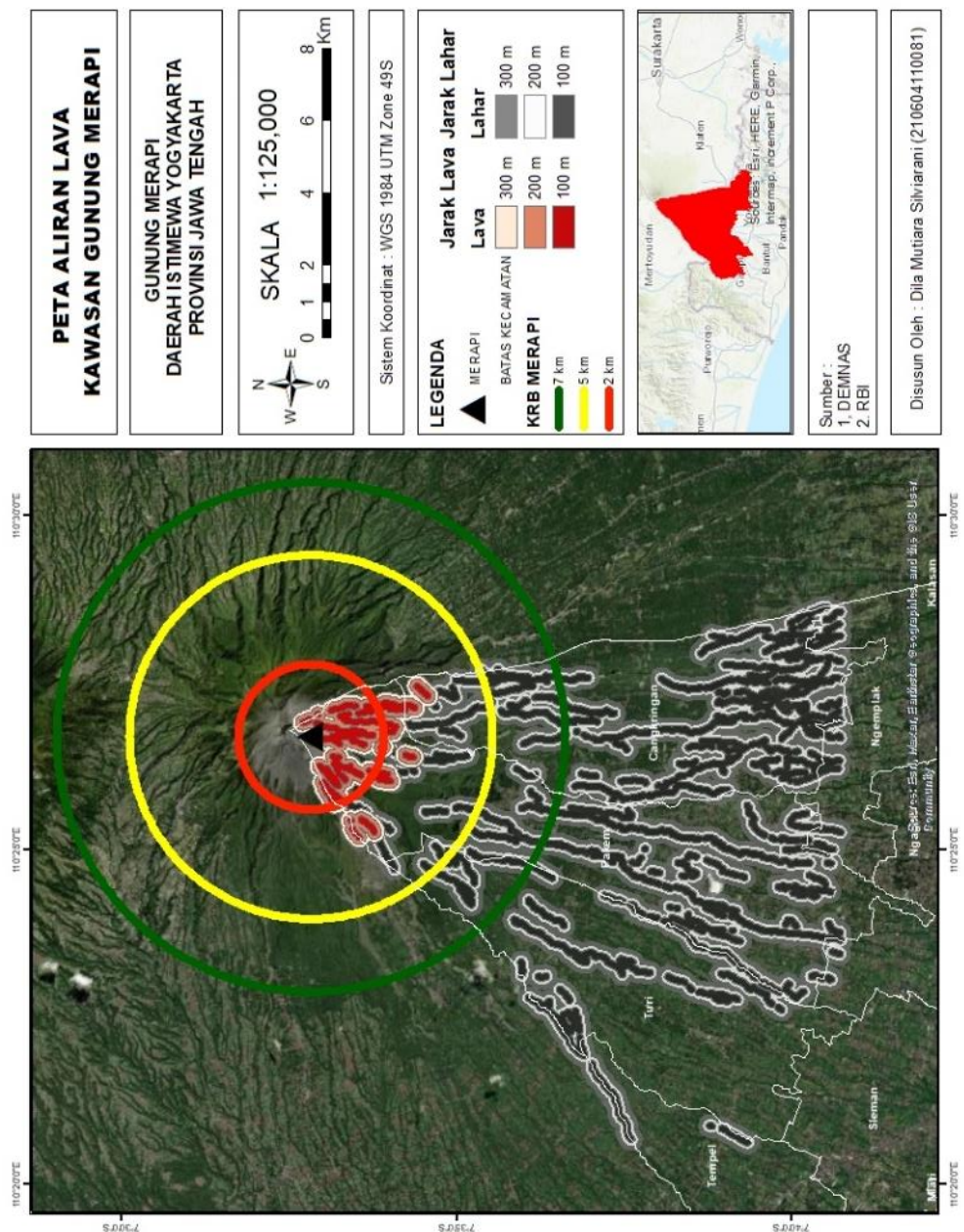
Gambar 4.5 Proses *Flow accumulation* data DEM

Selanjutnya setelah proses *Flow Accumulation* yaitu proses konversi raster aliran ke vector untuk memperjelas arah aliran. Konversi dari bentuk raster ke bentuk vector menggunakan *tool stream link-stream* dan *order-stream to feature*. Selanjutnya dihasilkan data vektor berupa aliran yang mengalir dari puncak gunung menuju daerah yang lebih rendah. Data vektor ini akan digunakan sebagai data potensi jalur aliran lava. Hasil dari proses *raster to vector* dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini :



Gambar 4.6 Proses konversi *raster to vector* menjadi jaringan sungai

Gambar 4.6 konversi *raster to vector* merupakan proses akhir dari penentuan arah aliran lava. Arah aliran tersebut di titik fokuskan pada wilayah KRB dan di overlay dengan data jaringan sungai di kawasan Gunung Merapi untuk mendapatkan arah aliran yang berpotensi sebagai jalur aliran lahar. Kemudian dibuat peta potensin jalur aliran lava dan lahar Kawasan Gunung Merapi seperti pada Gambar 4.7 dibawah ini :



Gambar 4.7 Peta Potensi Jalur Aliran Lava dan Lahar Kawasan Gunung Merapi

Gambar 4.7 diatas merupakan peta potensi jalur aliran lava dan jalur aliran lahar kawasan Gunung Merapi. Arah aliran lava mengikuti jaringan sungai, seperti yang dijelaskan pada proses *flow accumulation* dimana arah aliran biasanya identik dengan hidrologi dan jaringan sungai yang relevan dengan kondisi di lapangan (Rachmah et al., n.d.). Kemudian menurut teori hidrologi, dan dalam penelitian Suwarsono dan Astianingrum, pola aliran lava, lahar dan piroklastik dicerminkan oleh keberadaan alur-alur sungai baik sungai tahunan (*perennial*), sungai musiman (*intermitten*), dan sungai kering (*ephemeral*). Alur-alur sungai tersebut mempunyai hulu pada bagian puncak, lereng tengah hingga lereng kaki dan adapula yang mempunyai hulu berbatasan langsung dengan kawah gunung api. Alur-alur sungai ini menjadi media penyaluran material hasil erupsi dalam bentuk aliran baik lava, lahar, maupun *piroklastik*. Dibuktikan pada Gambar 4.7 di atas jika potensi jalur aliran lava cukup identik dengan jaringan sungai pada wilayah kawasan Gunung Merapi. Kemudian dari jaringan sungai tersebut dirupakan sebagai jalur yang berpotensi dilalui aliran lahar Gunung Merapi.

Berdasarkan perbandingan antara hasil pemodelan aliran lahar menggunakan DEMNAS dengan Peta KRB II BNPB, secara umum pola sebaran aliran menunjukkan kesesuaian arah dan zona bahaya utama. Perbedaan berupa terputusnya sebagian jalur sungai pada hasil pemodelan bukan menunjukkan kesalahan analisis, tetapi disebabkan oleh dua faktor utama. Pertama, resolusi DEMNAS tidak sepenuhnya merepresentasikan detail morfologi sungai kecil, sehingga pada proses hidrologis beberapa jalur drainase tersamar. Kedua, morfologi sungai di kawasan Gunung

Merapi bersifat dinamis akibat aktivitas vulkanik, dimana jalur sungai dapat tertutup endapan erupsi atau berpindah alur. Hal ini sesuai dengan pernyataan PVMBG (2021) bahwa aliran lahar sering membentuk alur baru akibat penyumbatan material vulkanik.

Sungai yang berhulu pada Gunung Merapi yang berpotensi sebagai jalur aliran lahar sebagai berikut :

1. Sebelah Selatan : Sungai Gendol
2. Bagian Barat Daya : Sungai Boyong, Sungai Krasak, Sungai Bebeng, Sungai Bedog

4.1.5 Buffer Potensi Jalur Aliran Lava

Hasil potensi jalur aliran lava dilakukan proses *buffering* untuk perkiraan luasan dampak dari ancaman aliran lava tersebut. Jangkauan jarak *buffering* yaitu 100 meter, 200 meter, dan 300 meter. Jarak *buffer* tersebut diambil sesuai penelitian (Mouna Togatorop et al., 2016) dan dinilai cukup besar untuk dijadikan sebagai perkiraan perluasan aliran lava melihat erupsi Gunung Merapi cukup besar pada tahun 2021. Kemudian akan dilakukan analisis per jarak dari jangkauan tersebut. Dihasilkan area berwarna merah merupakan buffering dengan jangkauan 100 meter. Area berwarna coklat merupakan buffering dengan jangkauan 200 meter. Area berwarna coklat muda merupakan buffering dengan jangkauan 300 meter. Jarak tersebut digunakan sebagai daerah yang terlanda maupun tingkat potensi sebaran aliran lava. Luas area yang berpotensi terlanda aliran lava dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Luas Area Berpotensi Terlenda Aliran Lava

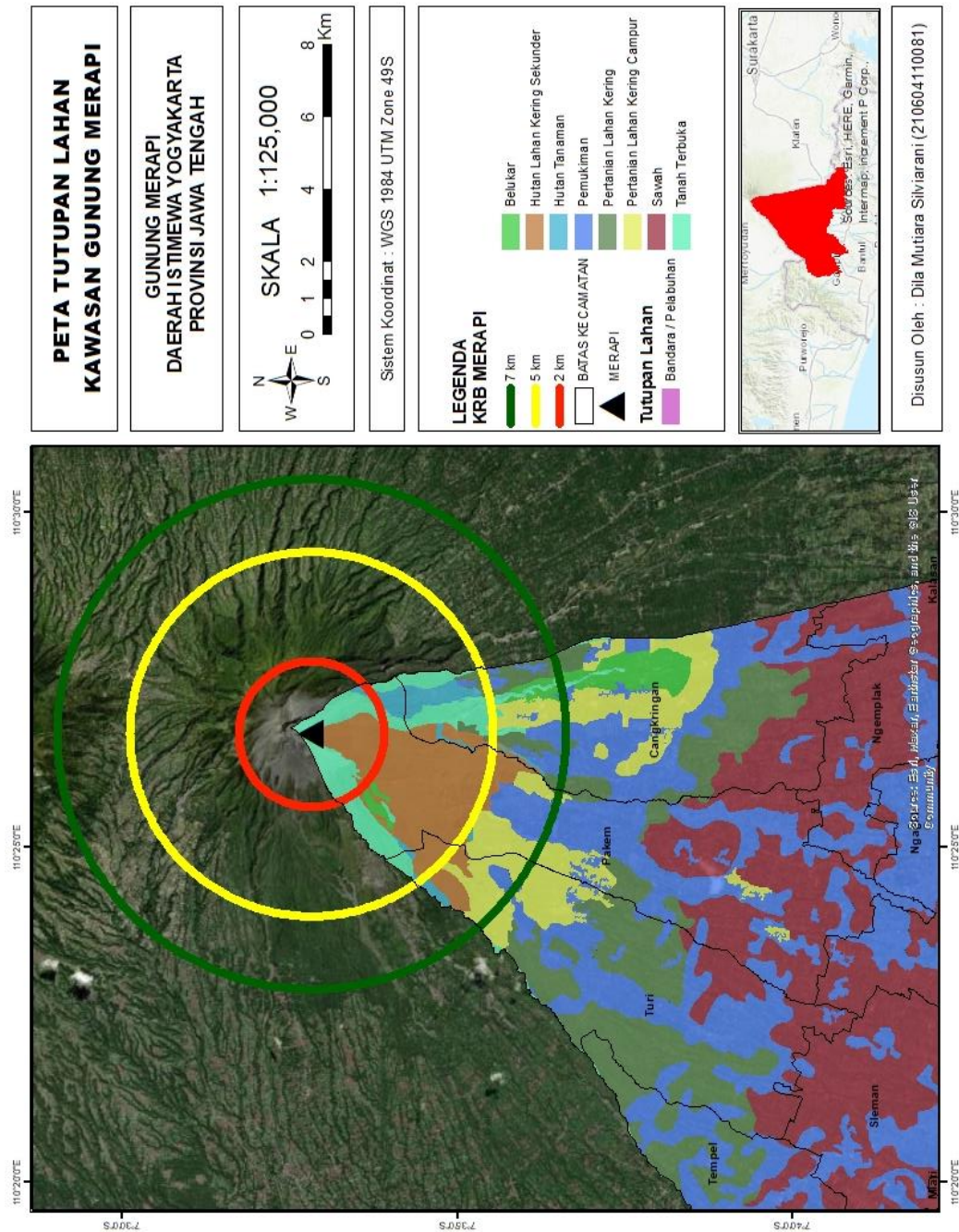
Jangkauan Buffer (m)	Luas (Ha)	Presentase (%)
100 m	352.28	38.54
200 m	313.11	34.25
300 m	248.67	27.20
Grand Total	914.07	100

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas, luasan total jangkauan *buffer* Kawasan Gunung Merapi pada buffer 100 meter, 200 meter dan 300 meter seluas 914.07 ha. Luas area buffer 100 meter seluas 352.28 ha dengan presentase 38.54% dari luas total buffer aliran lava. Kemudian buffer 200 meter seluas 313.11 ha dengan presentase 34.25%, dan buffer 300 meter seluas 248.67 ha dengan presentase 27.20%. Dimana Desa Hargobinangun, Kecamatan Paken, Kabupaten Sleman berpotesi paling luas dilewati jalur aliran lava seluas 312.62 ha pada buffer 100 meter, 246.73 ha pada buffer 200 meter, dan pada buffer 300 meter seluas 163.05 ha. Distribusi luas wilayah kawasan Gunung Merapi yang berpotensi terlenda jalur aliran lava pada buffer 100 meter, 200 meter, dan 300 meter dapat dilihat pada tabel lampiran 1.

4.2 Peta Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi

Peta tutupan lahan pada penelitian ini diperoleh dari analisis Rupa Bumi Indonesia (RBI) dengan skala 1:125,000. Klasifikasi tutupan lahan dan penggunaan lahan pada layer tutupan lahan RBI memiliki 9 kategori unsur. Peta tutupan lahan kawasan Gunung Merapi dapat dilihat pada Gambar 4.8. Distribusi tutupan lahan dan penggunaan lahan kawasan

Gunung Merapi secara spasial dapat ditunjukkan pada Gambar 4.8 dibawah ini:



Gambar 4.8 Peta Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi

Tutupan lahan pada wilayah KRB hanya meliputi 7 tutupan lahan. Distribusi luas tutupan lahan Kawasan G. Merapi dapat dilihat pada Tabel 4.4 :

Tabel 4.4 Luas setiap kelas tutupan lahan KRB Gunung Merapi

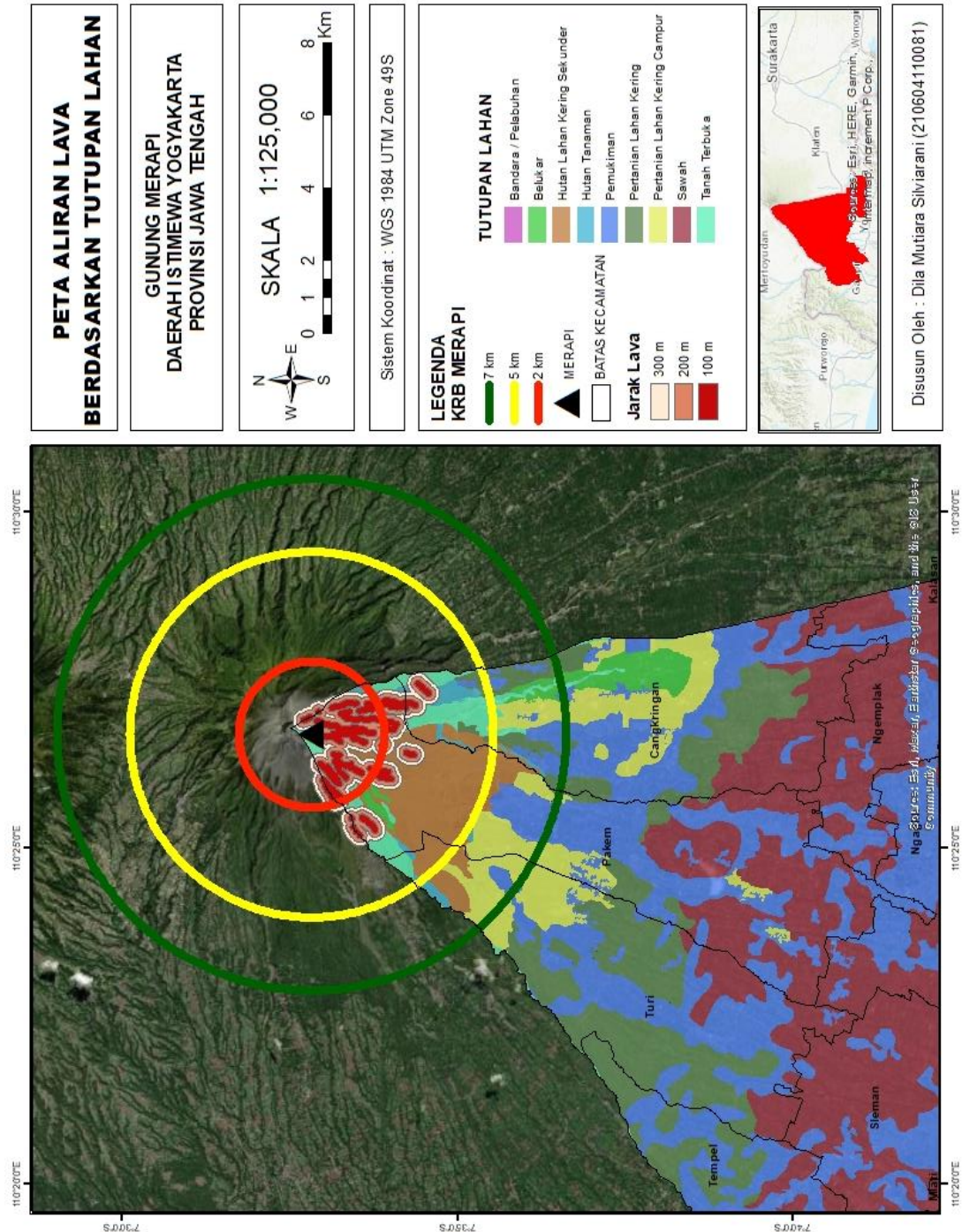
Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
Belukar	100.14	2.79
Hutan Lahan Kering Sekunder	1351.92	37.60
Hutan Tanaman	245.85	6.84
Pemukiman	386.92	10.76
Pertanian Lahan Kering	214.70	5.97
Pertanian Lahan Kering Campur	554.74	15.43
Tanah Terbuka	741.01	20.61
Grand Total	3595.29	100

Berdasarkan Gambar 4.8 dan distribusi luas pada Tabel pada tabel 4.4, tutupan lahan paling luas meliputi 37% Kawasan Rawan Bencana yaitu Kawasan Hutan Lahan Kering Sekunder seluas 1351.92 ha dan Tanah Terbuka menutupi 20% Kawasan Rawan Bencana seluas 741.01 ha. Pada bagian puncak tutupan lahan didominasi vegetasi non budidaya setelah itu tanah terbuka. Tutupan lahan terbesar pada KRB I, II, dan III yaitu hutan lahan kering sekunder pada Desa Hargobinangun, seluas 205.96 ha pada KRB III, 915.55 ha pada KRB II, dan pada KRB I seluas 230.41 ha.

4.3 Peta Aliran Lava Berdasarkan Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi

Potensi jalur aliran lava dengan jangkauan buffer 100 meter, 200 meter dan 300 meter di overlay terhadap tutupan lahan untuk mengidentifikasi distribusi vegetasi dan penggunaan lahan. Dibuat peta

potensi jalur aliran lava berdasarkan tutupan lahan pada kawasan Gunung Merapi seperti pada gambar 4.9 dan distribusi luas wilayah terhadap tutupan lahan dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah :



Gambar 4.9 Peta Aliran Lava Berdasarkan Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi

Tabel 4.5 Luas Dampak Aliran Lava terhadap Tutupan Lahan Gunung Merapi

KRB	Buffer Lava (m)	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
KRB III	100	Belukar	-	-
		Hutan Lahan Kering Sekunder	87.29	11.10
		Hutan Tanaman	-	-
		Tanah Terbuka	133.82	17.01
	200	Belukar	1.51	0.19
		Hutan Lahan Kering Sekunder	69.61	8.85
		Hutan Tanaman	0.81	0.10
		Tanah Terbuka	75.00	9.53
	300	Belukar	0.71	0.09
		Hutan Lahan Kering Sekunder	31.34	3.98
		Hutan Tanaman	2.80	0.36
		Tanah Terbuka	33.86	4.30
KRB II	100	Belukar	-	-
		Hutan Lahan Kering Sekunder	31.25	3.97
		Hutan Tanaman	36.32	4.62
		Tanah Terbuka	36.17	4.60
	200	Belukar	0.80	0.10
		Hutan Lahan Kering Sekunder	39.43	5.01
		Hutan Tanaman	35.97	4.57
		Tanah Terbuka	45.78	5.82
	300	Belukar	4.35	0.55
		Hutan Lahan Kering Sekunder	50.53	6.42
		Hutan Tanaman	29.96	3.81
		Tanah Terbuka	39.32	5.00
KRB I	-	-	-	-
Grand Total			786.63	100

Pada hasil pengolahan, total luas wilayah aliran lava pada buffer 100 meter, 200 meter dan 300 meter seluas 786.63 ha. Pada KRB III buffer 100 meter, tutupan lahan yang paling luas berpotensi terlanda aliran lava adalah tanah terbuka seluas 133.82 ha dengan presentase 17.01%. Kemudian buffer 200 meter, tutupan lahan yang terkena dampak paling luas adalah tanah terbuka seluas 75.00 ha dengan presentase 9.53%. Dan buffer 300 meter tutupan lahan yang paling luas terkena dampal aliran lava adalah tanah

terbuka seluas 33.8 ha dengan presentase 4.30%. Pada KRB II buffer 100 meter, tutupan lahan yang paling luas berpotensi terlanda aliran lava adalah hutan tanaman seluas 36.32 ha dengan presentase 4.62%. Kemudian buffer 200 meter, tutupan lahan yang terkena dampak paling luas adalah tanah terbuka seluas 45.78 ha dengan presentase 5.82%. Dan buffer 300 meter tutupan lahan yang paling luas terkena dampal aliran lava adalah hutan lahan kering sekunder seluas 50.53 ha dengan presentase 6.42%.

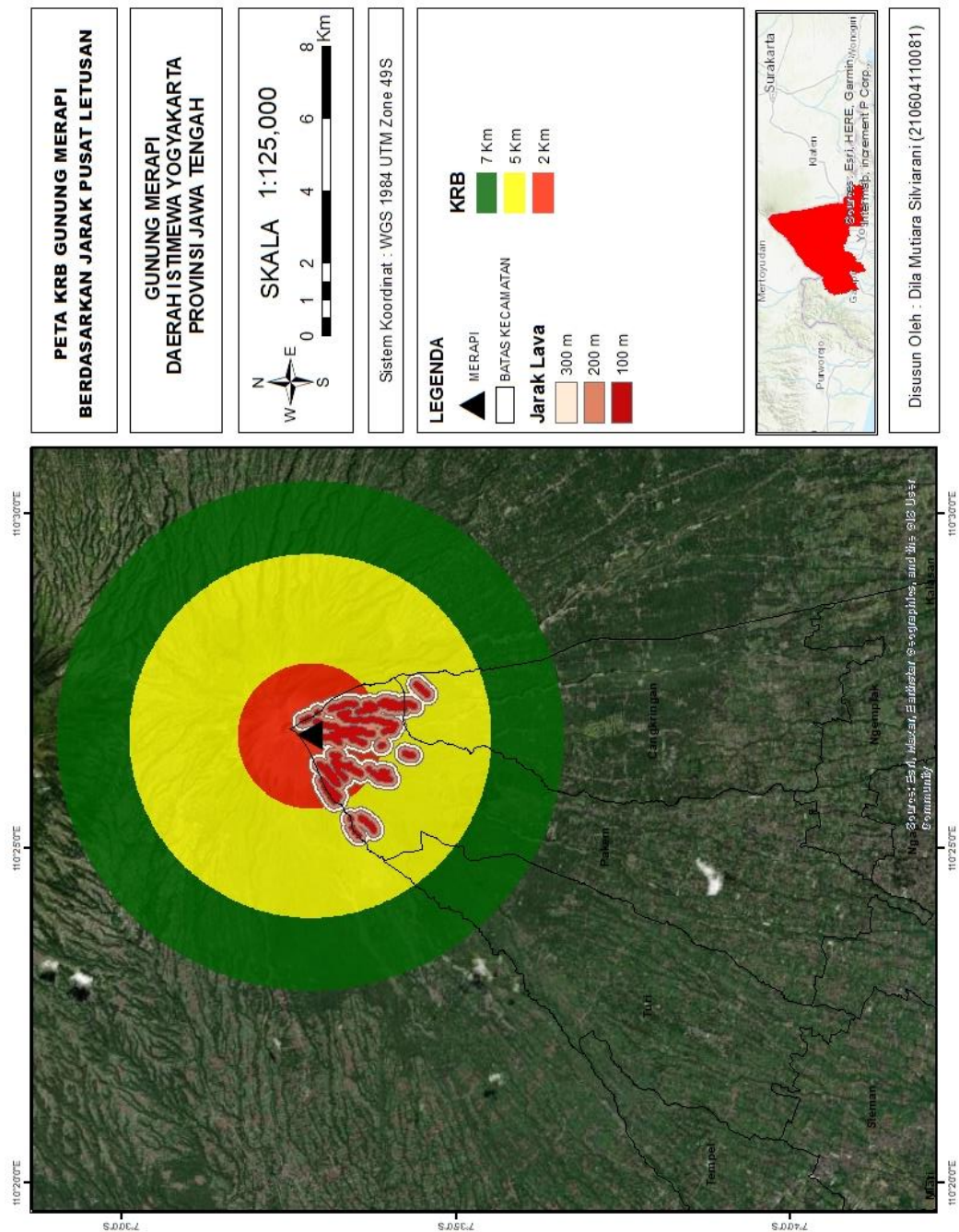
4.4 Peta Kawasan Rawan Bencana Berdasarkan Jarak dari Pusat Letusan

Menurut PVMBG dan juga dalam penelitian (Bagus, 2015) Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Merapi dibagi menjadi 3 radius, yaitu radius jarak 2 km sebagai KRB III, jarak 2-5 km sebagai KRB II, dan 5-7 km sebagai KRB I.

Tabel 4.6 Jarak Zonasi Kawasan Rawan Bencana G. Merapi (BPPTKG, 2024)

KRB	Jarak
III	2 Km
II	5 Km
I	7 Km

Dilakukan pengolahan untuk mengetahui daerah dan luasan KRB Gunung Merapi, yang mana pada satu desa dan kecamatan bisa masuk dalam 3 kawasan rawan bencana dengan luas lahan yang berbeda. Berikut merupakan Gambar 4.10 peta kawasan rawan bencana Gunung Merapi berdasarkan jarak dari pusat letusan :



Gambar 4.10 Peta Kawasan Rawan Bencana Berdasarkan Jarak dari Pusat Letusan

Gambar 4.10 diatas merupakan zonasi KRB kawasan Gunung Merapi. Zona berwarna merah merupakan KRB III, zona berwarna kuning merupakan KRB II, dan zona berwarna hijau merupakan KRB I. Luas area pada setiap KRB Gunung merapi dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

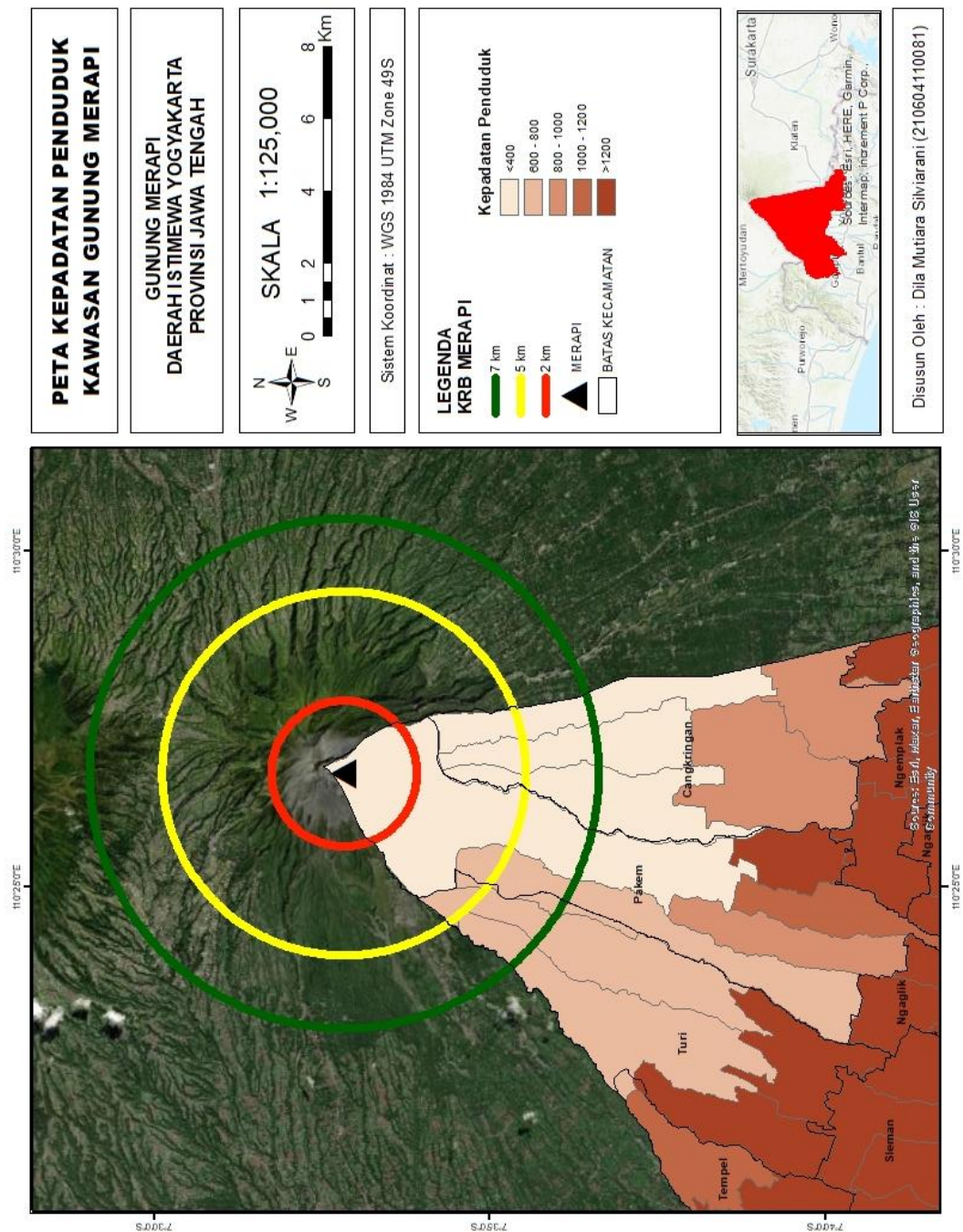
Tabel 4.7 Luas Area Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi

KRB	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Presentase (%)
III	2 Km	489.55	13.62
II	5 Km	1626.95	45.25
I	7 Km	1478.79	41.13
Grand Total		3595.29	100

Pada hasil penelitian, luas total dari KRB Gunung Merapi pada radius 2 km, 5 km, dan 7 km seluas 3595.29 ha. KRB I pada radius 2 km dari puncak Gunung Merapi seluas 489.55 ha dengan presentase 13.62%. KRB II pada radius 5 km seluas 1626.95 ha dengan presentase 45.25%. KRB III pada radius 7 km seluas 1478.79 ha dengan presentase 41.13%. Diketahui pada wilayah KRB I Desa Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman merupakan Kawasan yang paling luas dalam wilayah KRB dengan luas 483.35 ha. Kemudian pada KRB II Desa Glagaharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman seluas 197.44 ha dan Desa Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman seluas 921.82 ha dan KRB III Desa Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman seluas 323.31 ha. Distribusi wilayah KRB Gunung Merapi berdasarkan jarak dari pusat letusan dapat dilihat pada Tabel Lampiran 4.

4.5 Peta Kepadatan Penduduk Kawasan Gunung Merapi

Kajian mengenai kepadatan penduduk dalam penelitian ini untuk mengetahui daerah mana dengan populasi terbanyak. Berikut Gambar 4.11 peta kepadatan penduduk Kawasan Gunung Merapi :



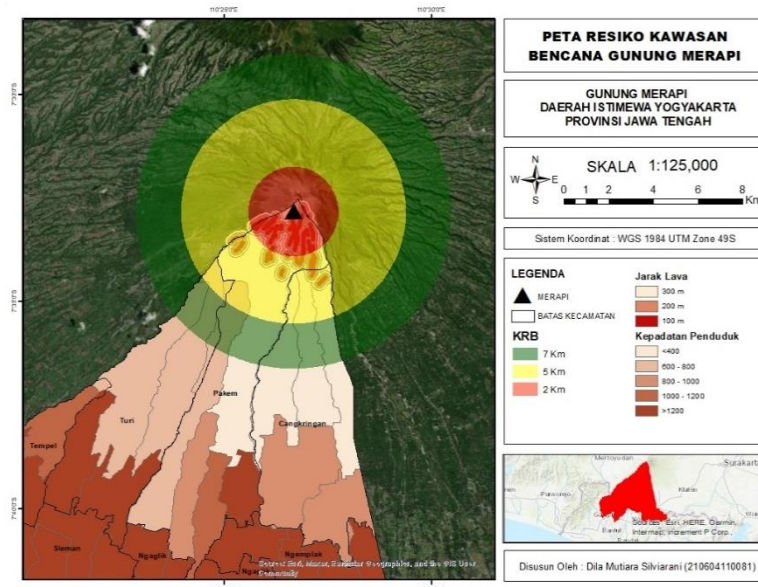
Gambar 4.11 Peta Kepadatan Penduduk Kawasan Gunung Merapi

Berdasarkan pengolahan, diketahui bahwa desa dengan kepadatan penduduk paling tinggi yaitu Desa Purwobinangun, Kecamatan Pakem Kabupaten Sleman dengan 1448 jiwa per kilometer, dengan luas total desa tersebut 360.86 ha pada KRB III dan II. Kemudian Desa Wonokerto,

Kecamatan Turi dengan 1446 jiwa per kilometer, yang memiliki luas total 162.09 ha pada KRB III dan II. Sedangkan desa dengan kepadatan penduduk paling rendah yaitu Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan 860 jiwa per kilometer, dengan luas total 352.19 ha pada KRB III dan II.

4.6 Peta Risiko Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi

Pemetaan risiko gunung api berdasarkan jarak pusat letusan melibatkan identifikasi dan penilaian berdasarkan jarak antara pusat letusan gunung api dengan kepadatan penduduk. Dimana semakin banyak penduduk yang menempati suatu wilayah kecamatan atau desa dan semakin dekat dengan sumber letusan maka tingkat risiko terkena dampak aliran lava akan sangat tinggi. Hal ini bertujuan untuk melihat sejauh mana daerah-daerah tertentu berada dalam zona potensial risiko bencana gunung berapi. Berikut merupakan Gambar 4.12 peta resiko kawasan Gunung Merapi dan Tabel 4.9 tingkat bahaya resiko Kawasan Gunung Merapi.



Gambar 4.12 Peta Risiko Kawasan Rawan Bencana Aliran Lava Kawasan Gunung Merapi

Tabel 4.8 Risiko Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi

KRB	Jarak (m)	Jumlah Desa	Jumlah Kecamatan	Tingkat Bahaya	Luas (Ha)	Kepadatan Penduduk
III	2 Km	1	1	Tinggi	483.35	363
II	5 Km	7	3	Sedang	1603.91	4002
I	7 Km	7	3	Rendah	1473.78	4002

Berdasarkan Tabel 4.8 diatas tingkat bahaya rendah pada KRB I mencakup 7 desa dari 3 kecamatan. Kemudian KRB II dengan tingkat bahaya sedang mencakup 7 desa dari 3 kecamatan. Dan KRB III dengan tingkat bahaya tinggi mencakup 1 desa dari 1 kecamatan. Kemudian dapat diidentifikasi bahwa penduduk Kabupaten Sleman yang bermukim mendekati titik erupsi (KRB III) dengan radius 2 km dengan cakupan luas wilayah yang lebih kecil. Dari pengolahan, diketahui bahwa Desa Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman berada pada KRB III dan memiliki kepadatan penduduk paling tinggi menjadikan desa tersebut menjadi desa dengan risiko paling tinggi.

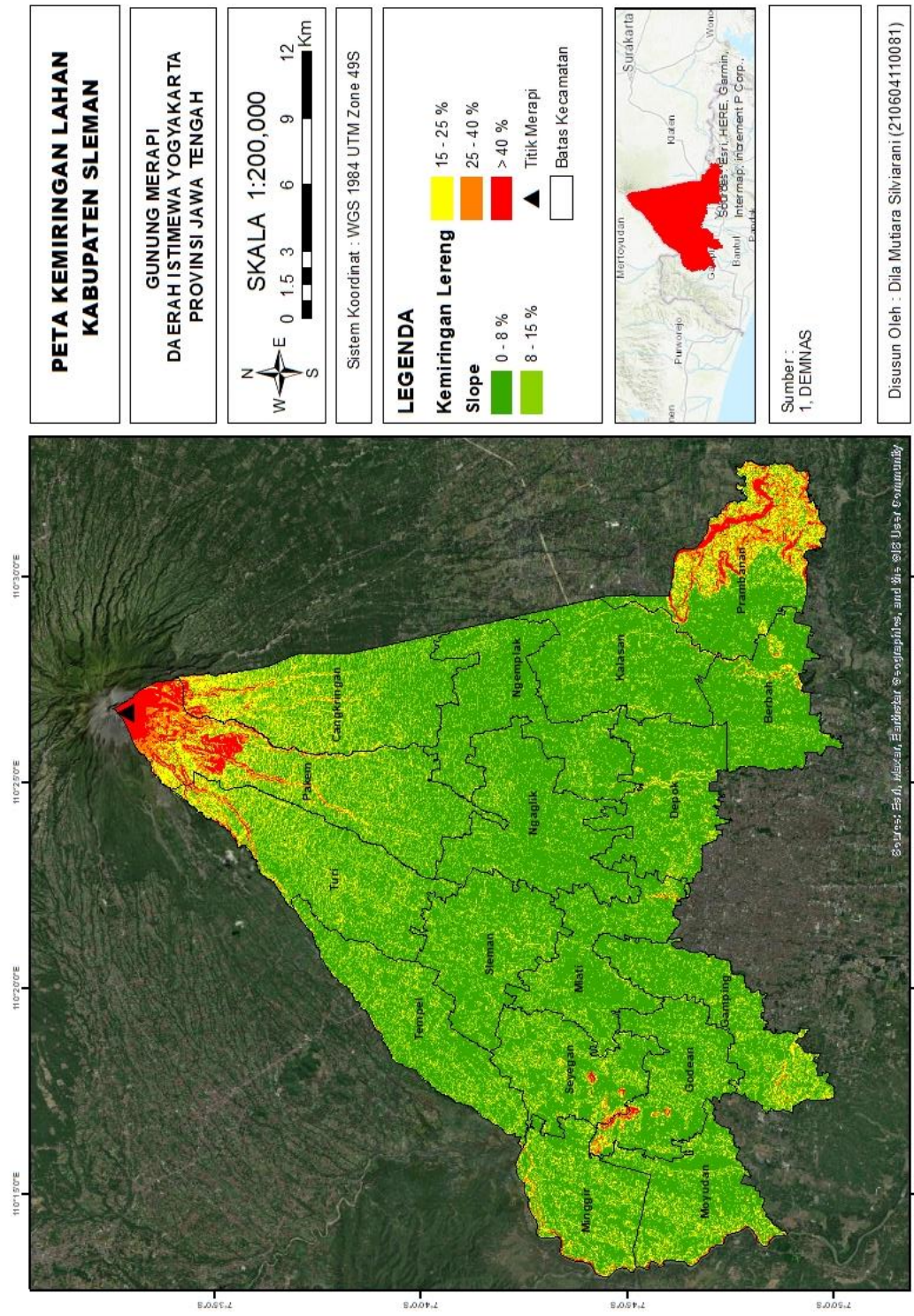
4.7 Data Parameter Banjir Lahar Dingin

Sebagaimana diketahui bahwa kawasan rawan bencana banjir lahar dingin ditentukan oleh berbagai parameter utamanya. Berdasarkan BNPB Indonesia Tahun 2012, parameter utama penentu kerawanan banjir lahar dingin terdiri dari parameter kemiringan lahan, ketinggian lahan, curah hujan, jenis tutupan lahan, jenis tanah, dan *buffer* sungai, sebagai berikut:

4.7.1 Kemiringan Lahan

Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi potensi terjadinya banjir lahar dingin, khususnya dalam hal aliran permukaan dan kecepatan limpasan air. Pada daerah dengan kemiringan lereng curam (lebih dari 25%), energi gravitasi yang besar mempercepat aliran lahar dari puncak menuju lereng bawah, Wilayah dengan kemiringan lereng rendah (0–8%) cenderung memiliki aliran permukaan yang lambat dan memungkinkan terjadinya akumulasi air, sehingga berisiko tinggi terhadap banjir genangan (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007).

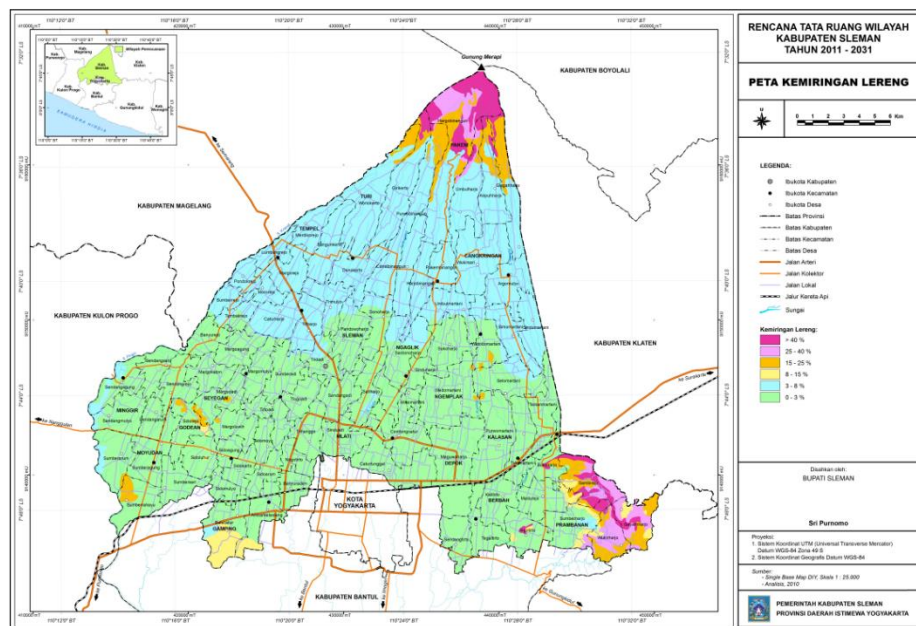
Data pada Gambar 4.13 dengan menggunakan data DEM diambil dari website USGS, dan diolah dengan menggunakan software arcgis, mereklasifikasi peta kemiringan yang dibagi menjadi 5 kelas kemiringan dengan pembobotan nilai sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dengan paramater pembobotan nilai.



Gambar 4.13 Peta Kemiringan Lahan

Berdasarkan peta kemiringan Kabupaten Sleman, sebagian besar wilayah tengah dan selatan memiliki lereng landai hingga datar (hijau muda dan tua), yang menunjukkan potensi tinggi terhadap genangan air atau banjir, terutama saat curah hujan tinggi. Wilayah-wilayah seperti Kecamatan Godean, Seyegan, Mlati, Depok, dan Kalasan termasuk dalam kategori ini dan dapat mengalami banjir musiman.

Sementara itu, wilayah utara seperti Cangkringan, Pakem, dan Turi yang memiliki kemiringan curam ($>25\%$) merupakan daerah hulu sungai dan alur lahar dingin Gunung Merapi, yang lebih rentan terhadap aliran permukaan tinggi dan banjir lahar.



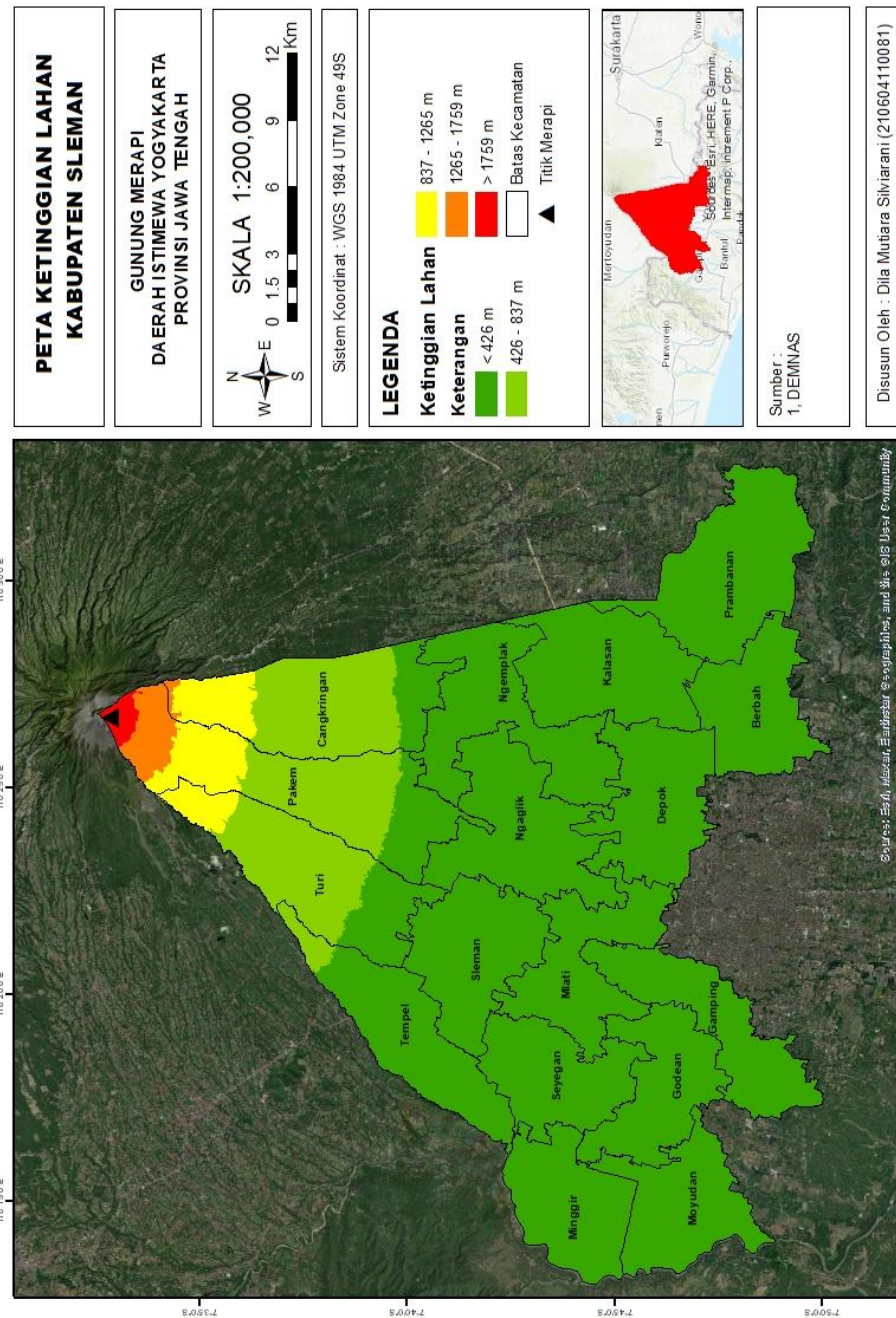
Gambar 4.14 Peta Kemiringan Lereng

Berdasarkan hasil perbandingan antara peta kemiringan lereng resmi milik Pemerintah Kabupaten Sleman dan peta kemiringan lereng yang saya susun, bahwa distribusi spasial kelas kemiringan pada data saya menunjukkan kesamaan dengan pola umum yang ditampilkan pada peta pemerintah.

4.7.2 Ketinggian Lahan

Peta ketinggian lahan kawasan Gunung Merapi yang diolah menggunakan ArcGIS bertujuan untuk menunjukkan variasi elevasi di Kabupaten Sleman yang berpengaruh langsung terhadap arah dan potensi aliran banjir lahar dingin. Semakin tinggi elevasi (dekat puncak), semakin besar potensi energi gravitasi yang mendorong aliran lahar. Oleh karena itu, peta ketinggian berfungsi sebagai dasar untuk menganalisis gradien aliran dan jalur penyebaran lahar dingin yang dapat mengancam permukiman di lereng bawah hingga dataran Sleman bagian timur.

Data pada Gambar 4.14 dengan menggunakan data DEM diambil dari website USGS, dengan metode *Spatial Analyst* untuk menghasilkan peta ketinggian berwarna gradien dari rendah (hijau) ke tinggi (merah), mereklasifikasi menjadi 5 kelas ketinggian dengan pembobotan nilai sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dengan paramater pembobotan nilai.

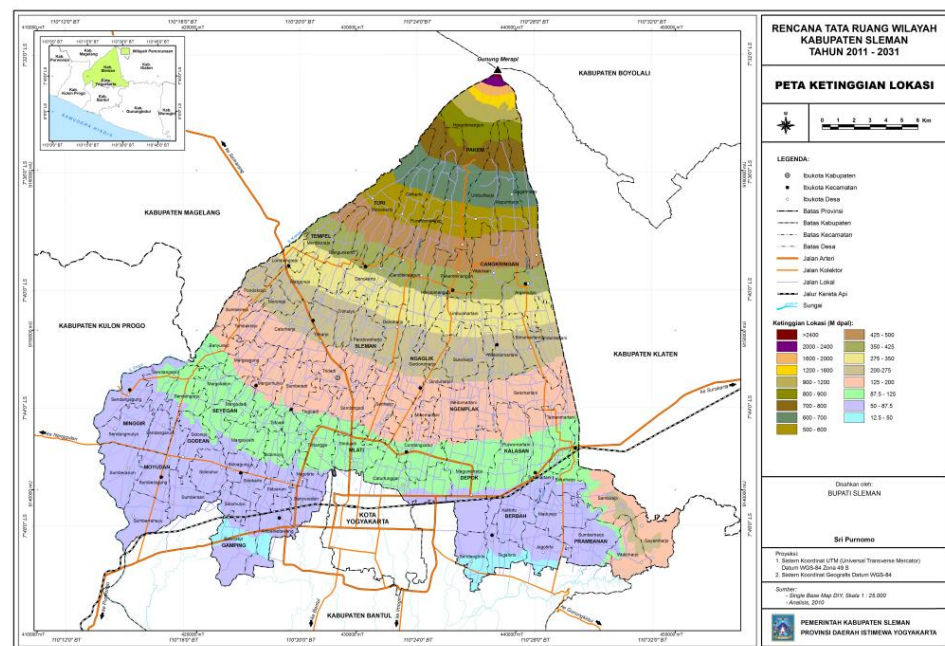


Gambar 4.15 Peta Ketinggian Lahan

Berdasarkan peta, wilayah Kabupaten Sleman dibagi menjadi beberapa kelas elevasi: 1759 m (merah): Puncak Gunung Merapi, sumber material erupsi 1265–1759 m (oranye), 837–1265 m (kuning): lereng atas dan tengah Merapi, zona awal aliran lahar 426–837 m (hijau terang): lereng bawah, zona transisi aliran <426 m (hijau tua): dataran rendah, zona akumulasi dan potensi genangan material.

Wilayah seperti Cangkringan, Pakem, Turi, dan sebagian Tempel berada pada jalur ketinggian menurun dari puncak Merapi. Wilayah ini menjadi jalur utama aliran lahar dingin mengikuti arah gravitasi dan sungai-sungai berhulu di lereng Merapi, seperti Kali Gendol, Kali Kuning, Kali Boyong, dan Kali Code.

Distribusi ketinggian lahan di Kabupaten Sleman menunjukkan bahwa bagian utara merupakan daerah hulu dengan potensi tinggi sebagai jalur aliran lahar dingin. Sedangkan wilayah tengah dan selatan berada di dataran yang lebih rendah dan berisiko sebagai daerah genangan atau penyebaran material lahar.



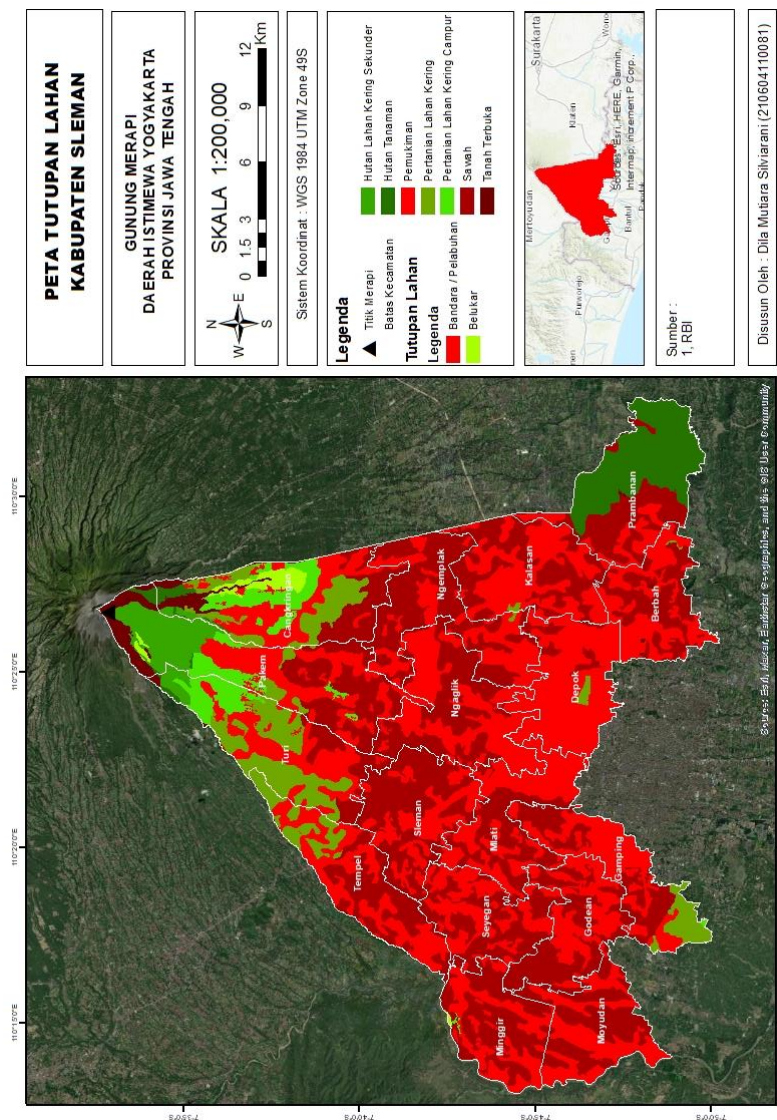
Gambar 4.16 Peta Ketinggian Lahan

Berdasarkan hasil perbandingan antara peta ketinggian resmi milik Pemerintah Kabupaten Sleman dan peta ketinggian yang saya susun, dapat disimpulkan bahwa kelas ketinggian pada data saya hanya terdapat 5 kelas sedangkan data milik pemerintah terdapat 17 kelas, tetapi data tersebut menunjukkan kesamaan nilai yang ditampilkan pada peta pemerintah.

4.7.3 Tutupan Lahan

Menurut (Yuferdiansyah, 2021) tutupan lahan adalah manifestasi yang berhubungan dengan penggunaan penutup permukaan bumi yang dibuat baik secara alami maupun buatan. Sejauh mana suatu lahan rawan terhadap banjir tergantung pada jenis tutupan lahan.

Data yang digunakan dalam pembuatan peta tutupan lahan ini bersumber dari Rupa Bumi Indonesia (RBI) dari Citra Satelit Landsat 8 OLI yang diolah dengan software ArcGIS.



Gambar 4.17 Peta Tutupan Lahan

Tabel 4.9 Klasifikasi tutupan lahan di Kabupaten Sleman

KRB	Tutupan Lahan	Luas (Ha)
Bandara / Pelabuhan	398.51	0.68
Belukar	400.63	0.68
Hutan Lahan Kering Sekunder	1351.92	2.31
Hutan Tanaman	2624.39	4.48
Pemukiman	25114.57	42.91
Pertanian Lahan Kering	3614.51	6.18
Pertanian Lahan Kering Campur	1665.06	2.85
Sawah	22488.10	38.43
Tanah Terbuka	866.56	1.48
Grand Total	58524.23	100

Berdasarkan Tabel 4.9, tutupan lahan yang dominan di Kabupaten Sleman yaitu pada klasifikasi pemukiman yakni 42.91% dari wilayah Kabupaten Sleman. Klasifikasi sawah yakni 38.43% dari wilayah Kabupaten Sleman. 0.68% merupakan bandara/pelabuhan, 0.68% merupakan belukar, 2.31% merupakan hutan lahan kering sekunder, 4.48% merupakan hutan tanaman, 6.18% merupakan hutan lahan kering, dan 2.85% merupakan hutan lahan kering campur. Klasifikasi tanah terbuka yakni 1.48% dari wilayah Kabupaten Sleman.

4.7.4 Curah Hujan

Parameter curah hujan menjadi elemen kunci dalam penyusunan Peta KRB Banjir Lahar Dingin, karena curah hujan tinggi meningkatkan volume air dan memperbesar daya erosi serta transportasi material vulkanik.

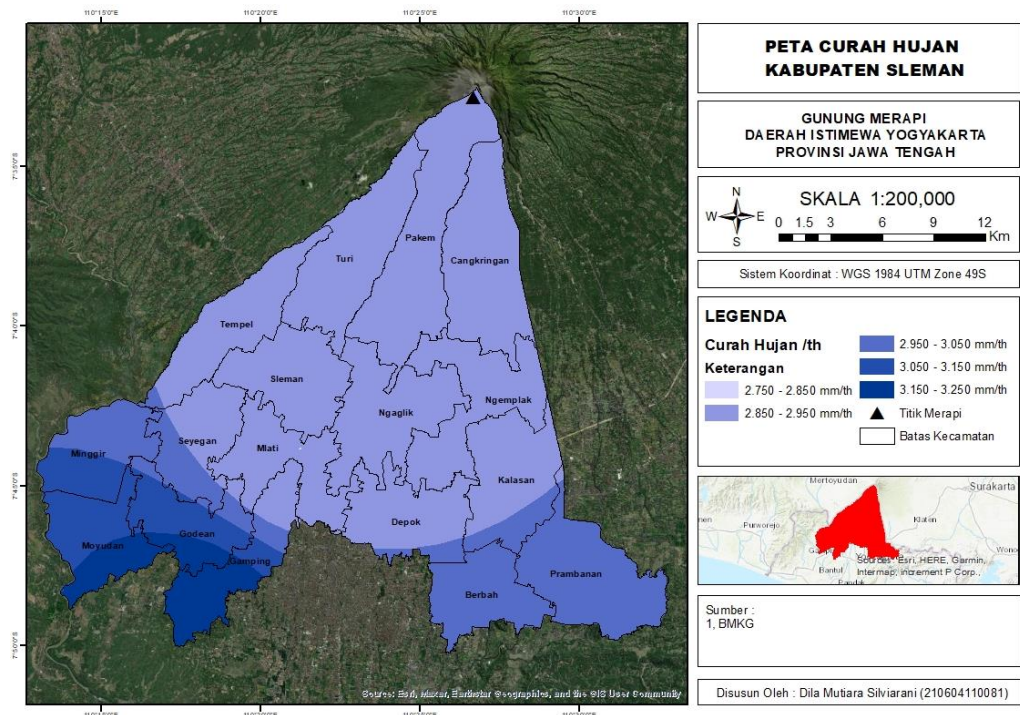
Penelitian ini menggunakan data curah hujan pada tahun 2021. Data tersebut kemudian diolah dalam ArcGIS menggunakan metode interpolasi

spasial (Inverse Distance Weighted/IDW) untuk menghasilkan variasi nilai curah hujan secara kontinu. Pengambilan data ini diperkuat oleh prakiraan dari Badan Meteorologi Geofisika dan Klimatologi (BMKG), maka digunakan data-data curah hujan pada tahun 2021 yang ditunjukkan pada tabel 4.10. Data ini diambil langsung pada website BMKG:

Tabel 4.10 Curah Hujan Pertahun di Kabupaten Sleman

Stasiun	Curah Hujan (mm/th)	Rata rata
Stasiun Meteorologi Yogyakarta	2738	228.17
Stasiun Klimatologi DI Yogyakarta	2738	228.17
Stasiun Geofisika Sleman	3267	272.25

Sumber: BMKG

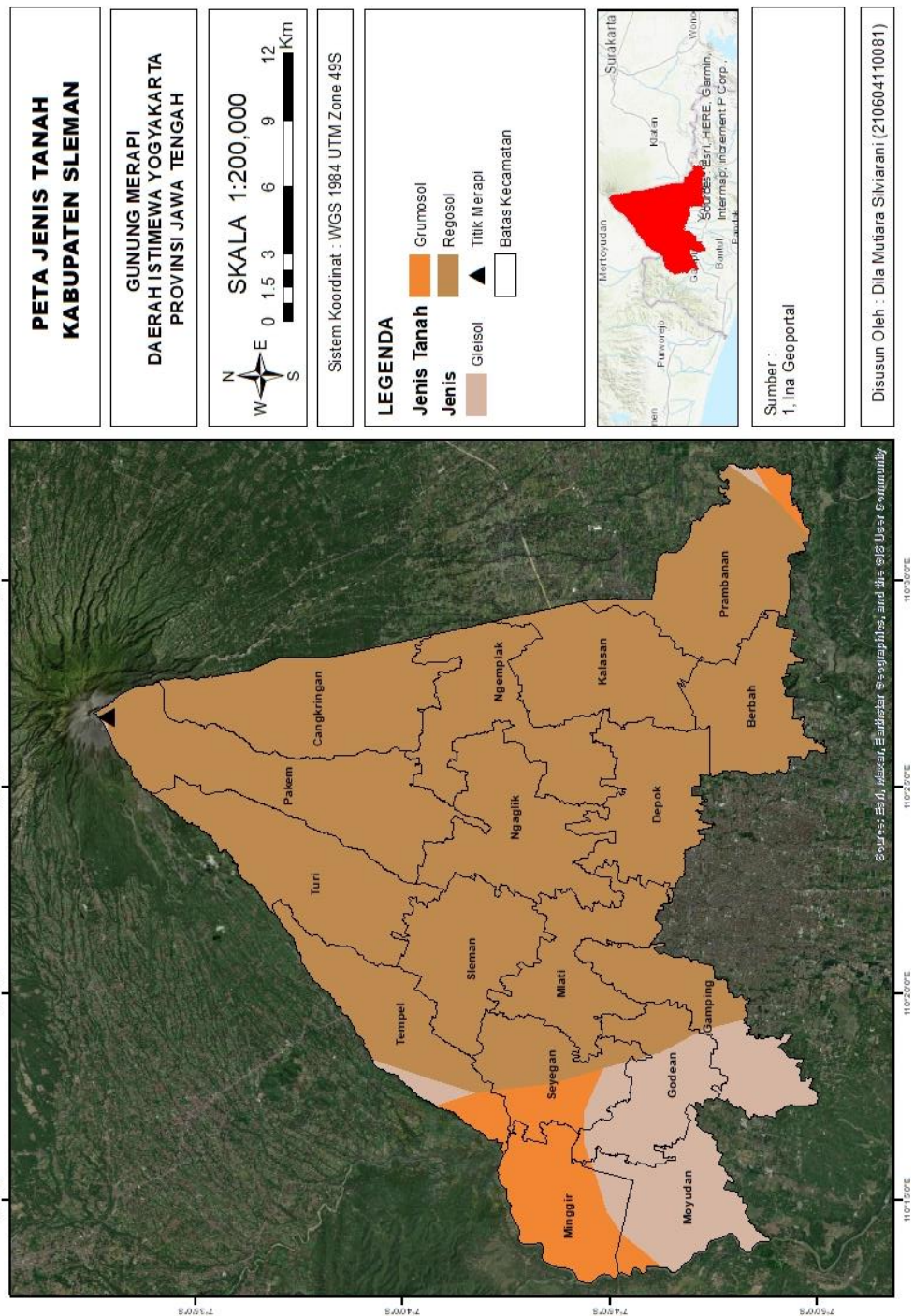


Gambar 4.18 Peta Curah Hujan pertahun

Curah hujan berperan penting sebagai pemicu utama pergerakan material vulkanik dari lereng gunung ke daerah hilir. Berdasarkan hasil peta, wilayah selatan Sleman seperti Minggir, Moyudan, dan Godean memiliki intensitas hujan tahunan yang lebih tinggi (di atas 3.950 mm/th), yang meningkatkan risiko terbentuknya aliran lahar dingin saat hujan deras mengguyur material vulkanik di bagian hulu Merapi. Sebaliknya, daerah di sekitar lereng atas seperti Cangkringan dan Turi memiliki curah hujan relatif lebih rendah, namun berperan sebagai sumber material akibat erupsi, sehingga air hujan dari wilayah bawah dapat memobilisasi endapan vulkanik tersebut ke sungai-sungai utama seperti Kali Gendol dan Kali Code.

4.7.5 Jenis Tanah

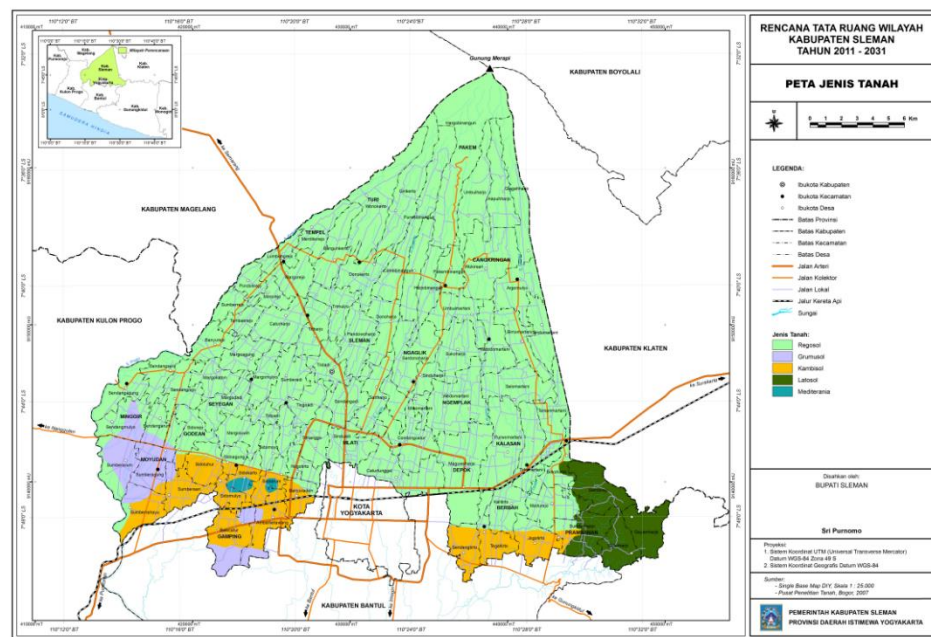
Data yang digunakan untuk menyusun peta ini berasal dari Ina-Geoportal (Badan Informasi Geospasial) yang menyediakan data spasial jenis tanah nasional. Data tersebut diolah dalam ArcGIS dengan teknik klasifikasi dan overlay terhadap batas administratif wilayah Kabupaten Sleman. Data jenis tanah digunakan untuk menentukan kemampuan tanah dalam menahan air dan kestabilannya terhadap erosi. Daerah dengan tanah Regosol memiliki tingkat bahaya tinggi terhadap lahar dingin.



Gambar 4.19 Peta Jenis Tanah

Berdasarkan hasil peta, sebagian besar wilayah Kabupaten Sleman, terutama di Kecamatan Cangkringan, Turi, Pakem, dan Tempel, didominasi oleh jenis tanah Regosol yang berasal dari endapan abu vulkanik muda. Tanah Regosol memiliki tekstur lepas dan porositas tinggi sehingga mudah

tererosi dan terseret aliran air saat terjadi hujan lebat atau aktivitas vulkanik. Kondisi ini menjadikan daerah dengan jenis tanah Regosol lebih rawan terhadap aliran material lahar karena partikel tanahnya yang ringan dapat mempercepat pergerakan sedimen.



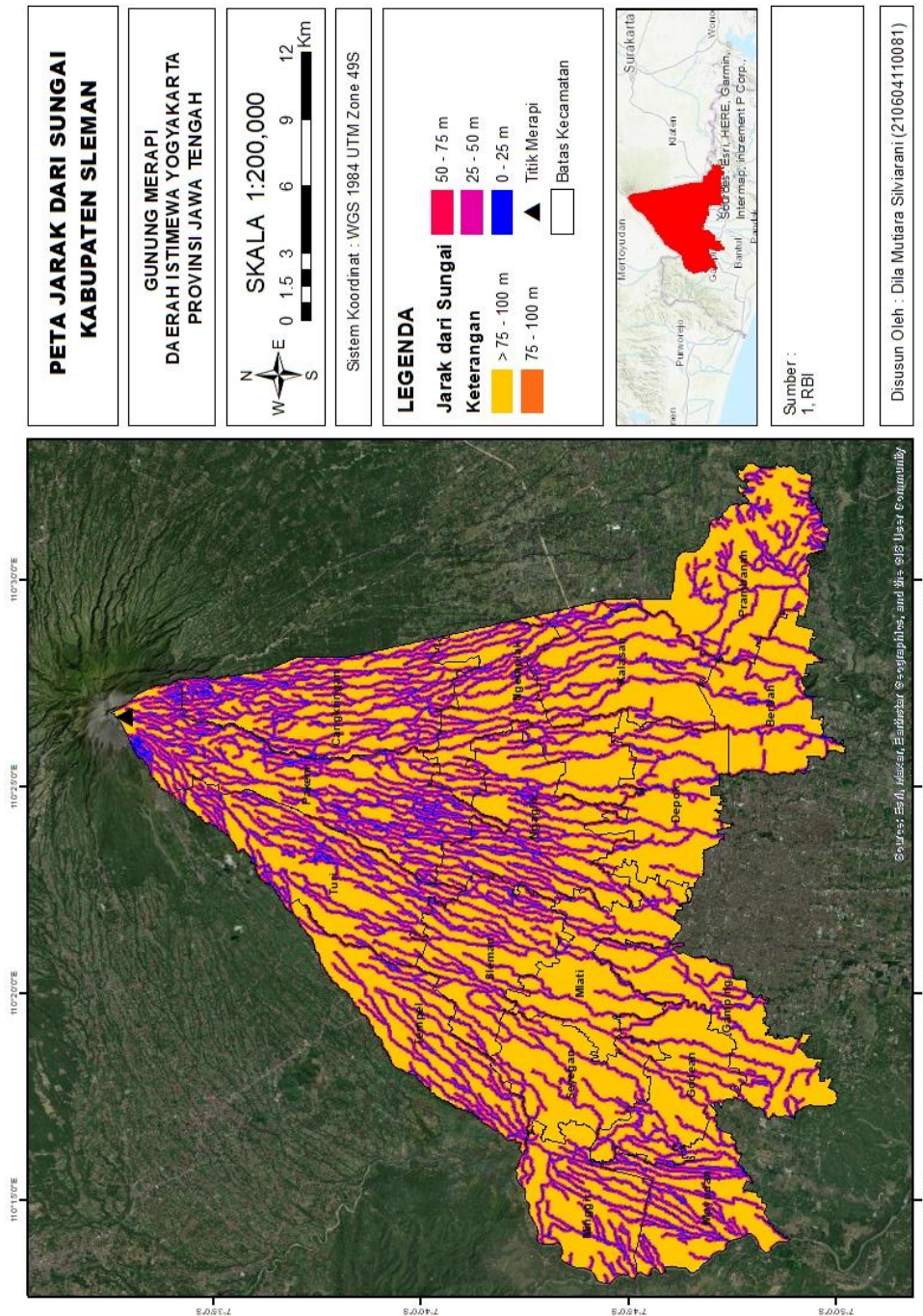
Gambar 4.20 Peta Jenis Tanah

Berdasarkan hasil perbandingan antara peta jenis tanah resmi milik Pemerintah Kabupaten Sleman dan peta jenis tanah yang saya susun, bahwa distribusi spasial kelas jenis tanah pada data saya menunjukkan kesamaan dengan pola umum yang ditampilkan pada peta pemerintah.

4.7.6 Jarak dari Sungai

Data yang digunakan untuk menyusun peta ini berasal dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang kemudian diolah dengan teknik buffer analisis dalam ArcGIS untuk menghasilkan zona jarak dari sungai. Parameter jarak ini menjadi faktor penting dalam analisis risiko karena menunjukkan seberapa dekat suatu wilayah dengan aliran utama lahar dingin, sehingga

dapat dijadikan dasar untuk perencanaan tata ruang, mitigasi, dan pembangunan infrastruktur tahan bencana.



Gambar 4.21 Peta *Buffer* Sungai

Dari hasil peta, wilayah yang memiliki jarak 0–25 meter dari sungai (warna biru) merupakan zona paling rawan karena berpotensi langsung

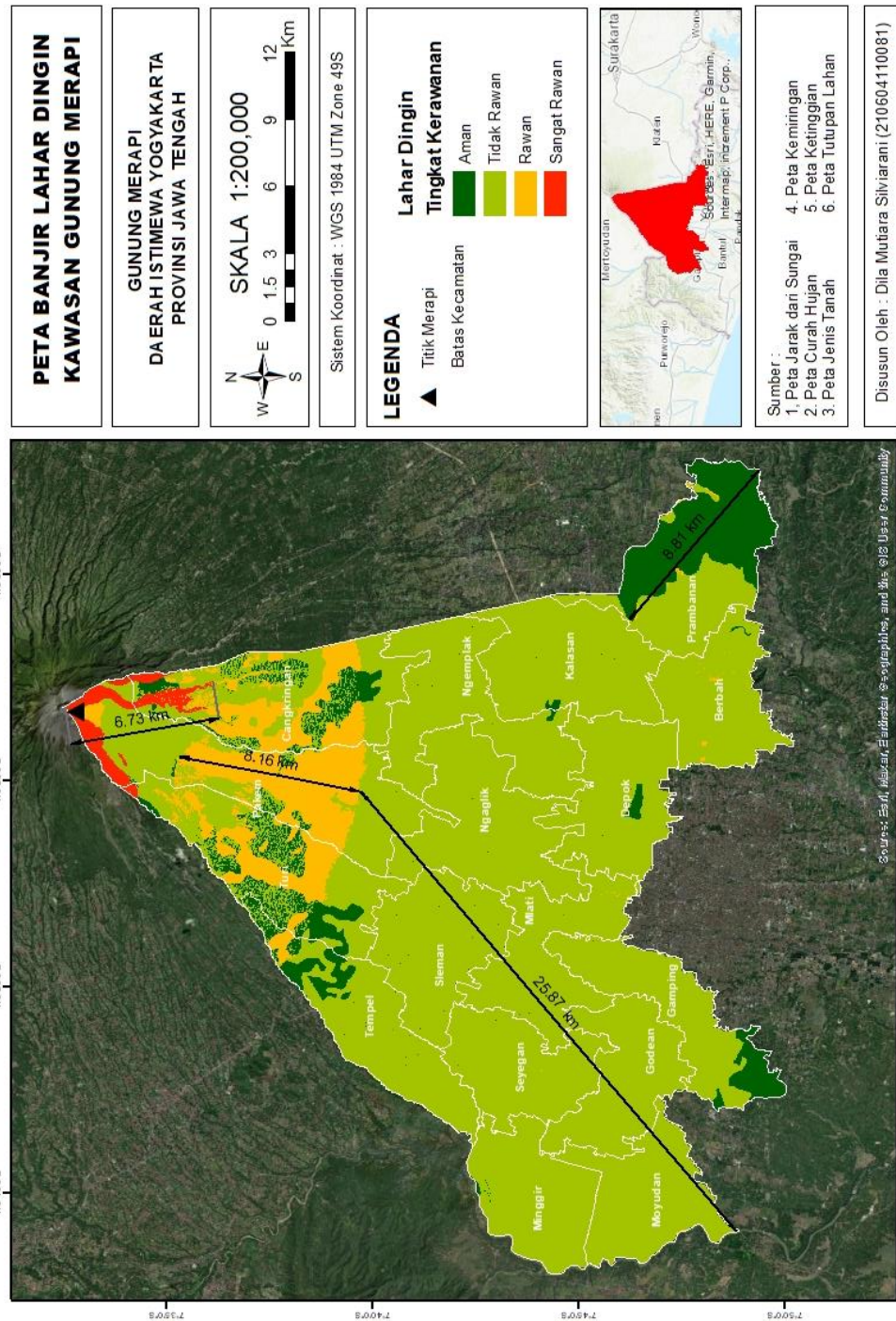
terdampak aliran lahar yang membawa material vulkanik padat, sedangkan wilayah yang berjarak lebih dari 75 meter (warna kuning) memiliki tingkat risiko yang lebih rendah. Sungai-sungai besar seperti Kali Gendol, Kali Boyong, dan Kali Code berperan sebagai saluran utama aliran lahar dingin dari puncak Merapi menuju dataran bawah.

4.8 Peta Kerawanan Banjir Lahar Dingin

Pada tahap analisis ini dilakukan *overlay* menggunakan *software* ArcGIS pada setiap peta parameter kerawanan sebagaimana telah diuraikan di atas untuk memperoleh peta baru yang menunjukkan cakupan wilayah yang memiliki potensi terjadinya banjir lahar dingin sesuai dengan tingkat kerentanannya. Peta baru tersebut didapatkan berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan formula berikut:

$$B = 1,5h + l + 2e + t + 2,5pl + 2s \dots \dots \dots (1)$$

Dimana B merupakan kerawanan banjir, h merupakan curah hujan, l merupakan kemiringan lereng, e merupakan elevasi, t merupakan jenis tanah, pl merupakan penggunaan lahan, dan s merupakan *buffer* sungai.



Gambar 4.22 Peta Kawasan Rawan Banjir Lahar Dingin

Peta tingkat kerawanan banjir lahar dingin Gunung Merapi tersebut diperoleh total luas wilayah analisis sebesar 58.234,85 hektar, dengan proporsi tingkat kerawanan yang bervariasi. Kategori tidak rawan mendominasi dengan luas 47.273,53 ha (81,18%), diikuti oleh kategori

rawan seluas 5.285,88 ha (9,08%), aman sebesar 4.971,33 ha (8,54%), dan sangat rawan hanya 704,11 ha (1,21%).

Sebaran wilayah sangat rawan hingga rawan umumnya berada di bagian utara dan barat daya Kabupaten Sleman, khususnya di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem, yang merupakan zona hulu sungai-sungai vulkanik seperti Kali Gendol, Kali Kuning, Kali Boyong, dan Kali Krasak. Tingginya tingkat kerawanan di wilayah ini disebabkan oleh kemiringan lereng curam, elevasi tinggi, jenis tanah Regosol yang gembur, serta curah hujan tinggi, yang memperbesar potensi pergerakan material vulkanik pasca erupsi (Kusumayudha, 2019).

Sementara itu, sebagian kecil wilayah Cangkringan, Pakem, dan Turi dikategorikan “tidak rawan” dan “aman” karena faktor topografi dan perlindungan vegetasi. Wilayah yang terletak di sisi lereng yang tidak langsung berada dalam jalur sungai utama, memiliki tutupan lahan permanen seperti hutan atau perkebunan lebat, serta berada pada zona lereng sedang hingga landai cenderung memiliki risiko lebih rendah. Selain itu, penggunaan lahan yang stabil dan sistem drainase alami yang baik dapat membantu menghambat laju aliran material vulkanik (BNPB, 2021).

Klasifikasi kerawanan dalam peta ini tidak hanya dipengaruhi oleh kedekatan spasial dengan kawah dan sungai, namun juga ditentukan oleh kombinasi enam parameter, yaitu: jarak dari sungai, jenis tanah, penggunaan lahan, curah hujan, kemiringan, dan ketinggian yang semuanya bekerja untuk menentukan zona risiko.

Wilayah di sekitar lereng gunung Merapi memiliki kerentanan tinggi terhadap bencana, terutama di bagian utara yang paling dekat dengan puncak gunung Merapi. Zona rawan bencana dibagi menjadi empat tingkatan yaitu sangat rawan, rawan, tidak rawan dan aman yang merupakan overlap antara jarak dari puncak dengan jarak dari Sungai. Wilayah dengan tingkat resiko tinggi terkonsentrasi dibagian utara, mencakup area yang terhubung langsung oleh alur Sungai besar, seperti Kali Gendol, Kali Kuning, Kali Boyong, dan Kali Krasak yang berpotensi sebagai jalur aliran lahar saat terjadi erupsi. Beberapa pemukiman dan Lokasi wisata yang tersebar di sepanjang lereng Merapi, terutama di sekitar aliran Sungai, berada dalam zona risiko sedang hingga tinggi. Sehingga berpotensi terkena dampak langsung oleh aktivitas vulkanik maupun banjir lahar dingin (Zydan, 2025).

Peta ini didukung apabila berdasarkan hasil pemantauan morfologi kawah dan kubah lava, bahwa volume kubah lava dapat berkisar antara 1 hingga 4 juta m³ dalam satu periode pertumbuhan. Peningkatan volume kubah lava yang berlangsung secara kontinu menunjukkan adanya suplai magma yang aktif menuju permukaan. Estimasi suplai magma dalam periode tertentu menunjukkan nilai mencapai jutaan meter kubik, yang mencerminkan akumulasi tekanan di dapur magma. Apabila tekanan internal melebihi kekuatan batuan penutup, maka magma dan material piroklastik dapat terdorong ke permukaan dalam bentuk erupsi.

Dengan demikian, potensi terjadinya letusan Gunung Merapi lebih tepat dipahami sebagai hasil dari proses akumulatif dan dinamis yang

melibatkan pertumbuhan kubah lava, suplai magma dari dapur magma, tekanan gas vulkanik, serta kondisi struktural kawah. Pendekatan pemantauan yang dilakukan oleh lembaga resmi seperti BPPTKG dan PVMBG mengintegrasikan berbagai parameter tersebut untuk menilai tingkat aktivitas dan potensi bahaya erupsi Gunung Merapi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Rosa. dkk, 2021), banjir lahar pada wilayah Lereng Merapi diklasifikasikan ke dalam empat kategori status getaran, yaitu banjir rendah, banjir sedang, banjir tinggi, serta kondisi tanpa banjir lahar. Oleh karena itu, Daerah Istimewa Yogyakarta perlu meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi banjir lahar dingin di beberapa sungai yang berhulu di Merapi saat puncak musim hujan, seperti Sungai Gendol, Kali Putih, dan Boyong. Kali Gendol menjadi perhatian khusus karena memiliki tingkat kerawanan tinggi dan letaknya berdekatan dengan kawasan permukiman, dengan tingkat akurasi pemodelan mencapai rata-rata 72,307%.

4.9 Integrasi dan Hikmah Penelitian

Diciptakannya alam semesta merupakan bentuk kasih Allah SWT untuk kesejahteraan dan kemaslahatan makhluk-Nya. Fenomena meletusnya Gunung api berdampak besar bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Bencana yang mengakibatkan kerusakan dapat terjadi karena hukum alam yang ditentukan oleh Allah SWT ataupun dari perbuatan manusia. Bahaya yang dapat terjadi akibat erupsi gunung api dapat menimbulkan kerugian material maupun korban jiwa. Namun dari bencana gunung

meletus pastinya terdapat hikmah yang dapat diambil. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam surah QS An-Naml Ayat 88:

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ

إِنَّهُ خَبِيرٌ ۖ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

“Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

Menurut dari tafsir Zubdatut Tafsir Min Fathil Qadir / Syaikh Dr.

Muhammad Sulaiman Al Asyqar. وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً (Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya), yakni kalian menganggapnya diam berdiri di tempatnya. وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ (padahal ia berjalan sebagai jalannya awan), yakni berjalan dengan cepat seperti awan yang bergerak karena tertiuip angin, hal ini terjadi pada hari kiamat. Atau mungkin juga terjadi di dunia yang mengisyaratkan bahwa bumi ini berputar, penduduk bumi merasa bahwa bumi tidak bergerak, padahal ia bergerak, ayat selanjtnya صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu.” Sebab penciptaan dan pengokohan tidak sesuai dengan kata ‘penghancuran’, karena Allah SWT akan menghancurkan gunung-gunung di hari kiamat. إِنَّهُ خَبِيرٌ ۖ بِمَا تَفْعَلُونَ (sesungguhnya Allah SWT Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan) Dengan pengetahuan-Nya, Allah SWT menciptakan dan mengatur dengan rapi segala ciptaan-Nya. Makna (خَبِيرٌ) adalah mengetahui segala yang nampak dan tersembunyi.

Berdasarkan penafsiran Syaikh Prof. Dr. Wahbah az-Zuhaili dalam Tafsir Al-Wajiz mengenai Surah An-Naml ayat 88, gunung-gunung yang tampak kokoh dan tidak bergerak itu pada hari kiamat akan bergerak cepat layaknya awan ketika sangkakala ditiup. Itulah bentuk ciptaan Allah SWT yang dibuat dengan kekuatan dan ketelitian sempurna. Allah adalah Dzat yang mengatur segala sesuatu sesuai takaran dan ketentuan-Nya. Dia mengetahui seluruh amal perbuatan manusia, baik yang tampak maupun tersembunyi, serta akan memberikan balasan atas kebaikan dan keburukan yang dilakukan. Al-Khabir merupakan sifat Allah yang menunjukkan bahwa Dia Maha Mengetahui segala sesuatu, baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat.

Dari ayat tersebut memiliki hikmah berisi penyadaran diri manusia kepada tauhid dengan melihat kekuasaan Allah SWT pada alam, mengajak manusia berpikir tentang kebesaran-Nya, dan tentang kepastian datangnya hari kiamat. Selain itu untuk mengingat nikmat yang diberikan Allah SWT, agar sebagai manusia terus selalu bersyukur kepada-Nya. Dengan menyembah kepada Allah SWT dan meninggalkan perbuatan dilarang yang merusak di atas muka bumi dengan perbuatan yang tidak diridhoi-Nya berupa kekufuran, kemusyrikan, dan kezaliman. Karena Allah SWT maha mengetahui segala perbuatan baik dan buruk dan mengetahui yang tampak maupun tidak tampak.

Bencana erupsi gunung api merupakan bencana yang bisa terjadi kapanpun. Maka dari itu sebagai manusia harus berbuat kebaikan karena apapun dapat terjadi dan kapan saja jika Allah SWT menghedaki. Bencana

erupsi gunung api merupakan bencana yang tidak dapat dihindari, namun manusia dapat berfikir untuk mengembangkan ilmu pengetahuan sebagai upaya komponen peringatan dini untuk meminimalisir korban bencana dan kerugian akibat letusan. Maka dari itu perlu dilakukan upaya mitigasi untuk mengurangi segala risiko yang dapat terjadi.

Dengan penelitian ini, yaitu untuk memetakan wilayah terdampak erupsi gunung Merapi dengan berbagai parameter seperti aliran lava, tutupan lahan, kepadatan penduduk, maupun banjir lahar dingin menghasilkan kecamatan atau desa yang berpotensi terdampak pada kawasan gunung Merapi. Pada penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi dalam upaya mitigasi bencana pemetaan wilayah yang termasuk rawan dan memiliki tingkat risiko dan kerentanan yang dapat terjadi pada wilayah tersebut saat erupsi gunung Merapi terjadi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan citra Landsat, potensi jalur aliran lava Gunung Merapi secara dominan mengikuti pola topografi dan jaringan sungai yang mengarah ke sektor selatan hingga barat daya. Jalur utama aliran lava teridentifikasi melalui Sungai Gendol, Boyong, Krasak, Bebeng, dan Bedog. Proses hidrologi berupa fill, flow direction, dan flow accumulation menunjukkan bahwa aliran lava cenderung bergerak dari puncak menuju daerah dengan elevasi lebih rendah dan mengikuti lembah sungai sebagai koridor alami. Hasil multiple buffering pada jarak 100 m, 200 m, dan 300 m menunjukkan area di sekitar sungai memiliki potensi tinggi terdampak aliran lava, sehingga jalur-jalur tersebut menjadi fokus utama dalam upaya mitigasi bencana erupsi Gunung Merapi.
2. Pada KRB III dengan radius 2 Km sebanyak 1 desa dari 1 kecamatan yang berpotensi terdampak aliran lava Gunung Merapi seluas 483.35 ha. KRB II dengan radius 5 km terdapat 7 desa dari 3 Kecamatan dengan luas daerah ancaman 1603.91 ha. KRB I dengan jarak radius 7 km dari titik pusat erupsi terdapat 7 desa dari 3 Kecamatan dengan luas daerah ancaman 1473.78 ha.

3. Hasil pemetaan berdasarkan jarak dari pusat letusan menunjukkan bahwa, KRB III merupakan zona dengan tingkat bahaya tertinggi yang berada paling dekat dengan puncak Gunung Merapi dan berpotensi terdampak langsung oleh aliran lava serta awan panas. KRB II memiliki tingkat bahaya menengah dan masih berpotensi terdampak aliran lava maupun lahar, sedangkan KRB I merupakan zona dengan tingkat bahaya lebih rendah namun tetap berisiko terhadap dampak sekunder erupsi. Adapun desa yang teridentifikasi berada pada jalur aliran lava dan kawasan KRB, menunjukkan tingkat kerentanan yang cukup tinggi, dengan Desa Hargobinangun sebagai salah satu desa yang paling terdampak akibat kedekatannya dengan jalur aliran lava dan zona KRB.
4. Berdasarkan hasil analisis spasial, KRB III tergolong luas dan menjadi zona prioritas dalam mitigasi bencana Gunung Merapi. Luasan KRB III menunjukkan area dengan potensi bahaya paling tinggi karena berada dekat dengan pusat letusan dan jalur utama aliran lava. Wilayah ini berpotensi mengalami dampak langsung berupa aliran lava, awan panas guguran, serta akumulasi material vulkanik. Oleh karena itu, KRB III perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perencanaan tata ruang, penetapan zona terlarang untuk permukiman, serta penyusunan strategi evakuasi dan mitigasi bencana yang lebih ketat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan kesimpulan yang diperoleh, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan parameter sosial-ekonomi, seperti kepadatan penduduk dan tingkat kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana, karena faktor manusia memiliki pengaruh signifikan dalam upaya mitigasi dan respons terhadap bencana lahar dingin.
2. Evaluasi terhadap tutupan lahan dan penggunaan lahan sebaiknya dilakukan secara berkala, mengingat perubahan tata guna lahan yang cepat, seperti alih fungsi lahan menjadi permukiman atau area wisata di lereng Merapi, berpotensi meningkatkan risiko terhadap bahaya lahar dingin di masa depan.
3. Pemetaan risiko hendaknya disertai dengan validasi lapangan dan kolaborasi dengan instansi terkait seperti BPBD, BPPTKG, dan pemerintah desa, guna meningkatkan akurasi data dan memperkuat rencana evakuasi berbasis spasial.

DAFTAR PUSTAKA

- Adri, W., Sabri, L. M., & Wahyuddin, Y. (2020). Pembuatan peta jalur evakuasi bencana gunung api dan persebaran lokasi shelter menggunakan metode network analyst (studi kasus: gunung merapi, boyolali-magelang). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 189-196.
- Bafdal, N., Amaru, K., & P, B. M. P. (2011). Buku Ajar Sistem Informasi Geografis, Edisi 1. In *Buku Ajar Sistem Informasi Geografis, Edisi 1*. Penerbit: Jurusan Teknik dan Manajemen Industri Pertanian Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran.
- Benyamin, M. B. (2023). *Buku Ajar Vulkanologi*. Daerah Istimewa Yogyakarta: CV Muhammad Fahmi Al Azizy.
- Djuwantoko, Purnomo, D.W., & Laksono, F.Y. (2005). Taman Nasional Gunung Merapi : Peluang dan Tantangan Realisasi Taman Nasional di Pulau Jawa Bagian Tengah. Makalah Seminar Nasional : Menuju Taman Nasional Gunung Lawu.
- Dove, M. R. (2008). Perception of volcanic eruption as agent of change on Merapi volcano, Central Java. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3), 329-337.
- Energi dan Sumber Daya Mineral. (2012). *Pengenalan Gunungapi*. 12.
- ESDM. (2014). G.Merapi, Jawa Tengah. *Badan Geologi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 1–8. Retrieved.
- Fauzi, Y., Mayasari, Z. M., & Fachri, H. T. (2022). PEMODELAN POTENSI BENCANA BANJIR DI DAERAH PERKOTAAN MENGGUNAKAN SIG Studi Kasus: Kota Bengkulu:(Modeling of Flood Hazard Potential in Urban Areas using GIS, Case Study: Bengkulu City). *Geomatika*, 28(1), 21-28.
- Gosal, L. C., Tarore, R. C., & Karongkong, H. H. (2018). Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Bencana Gunung Api Lokon Di Kota Tomohon. *Spasial*, 5(2), 229-237.
- Humam, A., Hidayat, M., Nurrochman, A., Anestatia, A. I., Yuliantina, A., & Aji, S. P. (2020). Identifikasi Daerah Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di Kawasan Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 32–42. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.14>
- Jannah, W., & ITRATIP, I. (2017). Analisa Penyebab Banjir Dan Normalisasi Sungai Unus Kota Mataram. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 3(1), 242-249.
- Klomp maker, J. O., Hoek, G., Bloemsma, L. D., Gehring, U., Strak, M., Wijga, A.

- H., & Janssen, N. A. (2018). Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity. *Environmental research*, 160, 531-540.
- Laily, K. (2021). Buku-Analisis Faktor Potensi Kemampuan Masyarakat Dalam Pencegahan Banjir Dan Penyakit Berbasis Lingkungan Di Kabupaten Banjar.
- Mutia, E., Lydia, E. N., & Purwandito, M. (2020). River Map Sungai Krueng Langsa Sebagai Pengendalian Banjir Kota Langsa. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 141-150.
- Mouna Togatorop, P., Subiyanto, S., & Putra Wijaya, A. (2016a). *PEMETAAN POTENSI BENCANA ALIRAN LAVA GUNUNG SINABUNG MENGGUNAKAN CITRA ASTER GDEM* (Vol. 5, Issue 2).
- Nasarudin, N. (2022). Monograf Zonasi Dan Kesiapsiagaan Masyarakat Di Wilayah Rawan Banjir Lahar Dingin.
- Rachmah, Z., Rengkung, M. M., & Lahamendu, V. (2018). Kesesuaian Lahan Permukiman di Kawasan Kaki Gunung Dua Sudara. *Jurnal Spasial*, 5(1), 118–129.
- Ramadhan, F., Laila Nugraha, A., & Sudarsono, B. (2018). *KAJIAN PEMETAAN KERENTANAN BENCANA GUNUNG SLAMET* (Vol. 7, Issue 2).
- Rosdiana. (2017). *Analisis Kerawanan Kebakaran Hutan Menggunakan Metode MCDM (Multi Criteria Decision Making) Berbasis Geospasial (Studi Kasus : Pulau Sumatera)*. Universitas Hasanuddin.
- Ukhti, F., Manurung, Z. K., & Mahendra, M. D. (2021). Perbandingan Teknik Boolean Dengan Weighted Overlay Dalam Analisis Potensi Longsor di Banjarmasin. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 25–32. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.53>
- Wu, C. D., Chen, Y. C., Pan, W. C., Zeng, Y. T., Chen, M. J., Guo, Y. L., & Lung, S. C. C. (2017). Land-use regression with long-term satellite-based greenness index and culturespecific sources to model PM2. 5 spatialtemporal variability. *Environmental Pollution*, 224, 148-157.
- Yusuf, A., Hapsoh, Siregar, S. H., & Nurrochmat, D. R. (2019). Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 6(2), 67. <https://doi.org/10.31258/dli.6.2.p.67-84>

LAMPIRAN I

Tabel Distribusi Wilayah Buffer Aliran Lava

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Buffer	Luas	Presentase
1.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	100 m	19.06	2.39
2.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	100 m	308.96	38.68
3.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	200 m	28.15	3.52
4.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	200 m	246.02	30.80
5.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	200 m	0.08	0.01
6.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	300 m	27.54	3.45
7.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	300 m	163.99	20.53
8.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	300 m	4.97	0.62
Grand Total					798.76	100

LAMPIRAN II

Distribusi Wilayah Potensi Jalur Aliran Lava Berdasarkan Tutupan Lahan

No	Tutupan Lahan	KRB	Buffer	Luas	Presentase
1.	Belukar	2 Km	200 m	1.51	0.19
2.	Belukar	5 Km	200 m	0.80	0.10
3.	Belukar	2 Km	300 m	0.71	0.09
4.	Belukar	5 Km	300 m	4.35	0.55
5.	Hutan Lahan Kering Sekunder	2 Km	100 m	87.29	11.10
6.	Hutan Lahan Kering Sekunder	5 Km	100 m	31.25	3.97
7.	Hutan Lahan Kering Sekunder	2 Km	200 m	69.61	8.85
8.	Hutan Lahan Kering Sekunder	5 Km	200 m	39.43	5.01
9.	Hutan Lahan Kering Sekunder	2 Km	300 m	31.34	3.98
10.	Hutan Lahan Kering Sekunder	5 Km	300 m	50.53	6.42
11.	Hutan Tanaman	5 Km	100 m	36.32	4.62
12.	Hutan Tanaman	2 Km	200 m	0.81	0.10
13.	Hutan Tanaman	5 Km	200 m	35.97	4.57
14.	Hutan Tanaman	2 Km	300 m	2.80	0.36
15.	Hutan Tanaman	5 Km	300 m	29.96	3.81
16.	Tanah Terbuka	2 Km	100 m	133.82	17.01
17.	Tanah Terbuka	5 Km	100 m	36.17	4.60
18.	Tanah Terbuka	2 Km	200 m	75.00	9.53
19.	Tanah Terbuka	5 Km	200 m	45.78	5.82
20.	Tanah Terbuka	2 Km	300 m	33.86	4.30
21.	Tanah Terbuka	5 Km	300 m	39.32	5.00
				786.63	100

LAMPIRAN III

Distribusi Wilayah Tutupan Lahan KRB Gunung Merapi

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	KRB	Tutupan Lahan	Luas	Presentase
1.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	2 Km	Belukar	2.22	0.06
2.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	Belukar	43.51	1.22
3.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Belukar	21.70	0.61
4.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Belukar	32.71	0.92
5.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	2 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	204.89	5.75
6.	Girikerto	Turi	Sleman	5 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	52.25	1.47
7.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	645.23	18.12
8.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	7.00	0.20
9.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	130.55	3.67
10.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	79.37	2.23
11.	Wonokerto	Turi	Sleman	5 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	1.14	0.03
12.	Girikerto	Turi	Sleman	7 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	40.43	1.14
13.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	85.55	2.40
14.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	13.79	0.39
15.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	24.27	0.68
16.	Wonokerto	Turi	Sleman	7 Km	Hutan Lahan Kering Sekunder	66.12	1.86
17.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	2	Hutan	10.86	0.30

				Km	Tanaman		
18.	Girikerto	Turi	Sleman	5 Km	Hutan Tanaman	6.88	0.19
19.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Hutan Tanaman	100.96	2.84
20.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	Hutan Tanaman	61.53	1.73
21.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Hutan Tanaman	3.41	0.10
22.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	Hutan Tanaman	0.81	0.02
23.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Hutan Tanaman	14.67	0.41
24.	Girikerto	Turi	Sleman	7 Km	Hutan Tanaman	3.65	0.10
25.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Hutan Tanaman	7.91	0.22
26.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Hutan Tanaman	11.53	0.32
27.	Wonokerto	Turi	Sleman	7 Km	Hutan Tanaman	21.06	0.59
28.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Pemukiman	10.07	0.28
29.	Girikerto	Turi	Sleman	7 Km	Pemukiman	35.04	0.98
30.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pemukiman	33.31	0.94
31.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Pemukiman	178.78	5.02
32.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pemukiman	15.03	0.42
33.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Pemukiman	3.98	0.11
34.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pemukiman	110.72	3.11
35.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Pertanian Lahan Kering	26.19	0.74
36.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Pertanian Lahan Kering	6.81	0.19
37.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Pertanian Lahan Kering	11.46	0.32
38.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering	92.23	2.59
39.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering	1.96	0.05
40.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering	0.05	0.00
41.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering	75.79	2.13
42.	Girikerto	Turi	Sleman	5 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	1.09	0.03

43.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	3.28	0.09
44.	Girikerto	Turi	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	89.22	2.51
45.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	57.02	1.60
46.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	123.35	3.46
47.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	203.81	5.72
48.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	0.98	0.03
49.	Wonokerto	Turi	Sleman	7 Km	Pertanian Lahan Kering Campur	73.77	2.07
50.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	2 Km	Tanah Terbuka	265.38	7.45
51.	Girikerto	Turi	Sleman	5 Km	Tanah Terbuka	28.55	0.80
52.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Tanah Terbuka	60.22	1.69
53.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	Tanah Terbuka	171.55	4.82
54.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Tanah Terbuka	135.52	3.81
55.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	Tanah Terbuka	1.83	0.05
56.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Tanah Terbuka	16.64	0.47
57.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Tanah Terbuka	25.03	0.70
58.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	Tanah Terbuka	8.37	0.24
Grand Total						3561.03	100

LAMPIRAN IV

Distribusi Wilayah KRB Gunung Merapi

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Jarak	KRB	Luas	Presentase
1.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	2 Km	III	483.35	13.57
2.	Girikerto	Turi	Sleman	5 Km	II	88.77	2.49
3.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	II	197.44	5.54
4.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	II	921.82	25.89
5.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	II	156.02	4.38
6.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	II	131.37	3.69
7.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	II	107.34	3.01
8.	Wonokerto	Turi	Sleman	5 Km	II	1.14	0.03
9.	Girikerto	Turi	Sleman	7 Km	I	168.34	4.73
10.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	I	163.87	4.60
11.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	I	323.31	9.08
12.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	I	196.16	5.51
13.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	I	229.49	6.44
14.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	I	231.65	6.51
15.	Wonokerto	Turi	Sleman	7 Km	I	160.95	4.52
Grand Total						3561.04	100

LAMPIRAN V

Tabel Distribusi Kepadatan Penduduk Kawasan Gunung Merapi

No	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Jarak	KRB	Kepadatan per Km	Presentase
1.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	2 Km	III	363.00	4.34
2.	Girikerto	Turi	Sleman	5 Km	II	720.00	8.61
3.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	II	499.00	5.96
4.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	II	363.00	4.34
5.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	II	430.00	5.14
6.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	5 Km	II	724.00	8.65
7.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	5 Km	II	543.00	6.49
8.	Wonokerto	Turi	Sleman	5 Km	II	723.00	8.64
9.	Girikerto	Turi	Sleman	7 Km	I	720.00	8.61
10.	Glagaharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	I	499.00	5.96
11.	Hargobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	I	363.00	4.34
12.	Kepuharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	I	430.00	5.14
13.	Purwobinangun	Pakem	Sleman	7 Km	I	724.00	8.65
14.	Umbulharjo	Cangkringan	Sleman	7 Km	I	543.00	6.49
15.	Wonokerto	Turi	Sleman	7 Km	I	723.00	8.64
Grand Total						8367	100

LAMPIRAN VI

Data Curah Hujan Kabupaten Sleman Tahun 2021

Stasiun	X	Y	Curah Hujan (/th)
Stasiun Meteorologi Yogyakarta	-7.90746	110.05448	1,955.00
Stasiun Klimatologi DI Yogyakarta	-7.731	110.354	1,955.00
Stasiun Geofisika Sleman	-7.82	110.3	1,709.90

LAMPIRAN VII

Data Skoring Kemiringan Kabupaten Sleman

Slope	Klasifikasi	Skor	Bobot	Total
0 - 8 %	Datar	1	1	1
8 - 15 %	Landai	3	1	3
15 - 25 %	Agak Curam	5	1	5
25 - 40 %	Curam	7	1	7
> 40 %	Sangat Curam	9	1	9

LAMPIRAN VIII

Data Skoring Ketinggian Kabupaten Sleman

Ketinggian	Skor	Bobot	Total
> 1759 m	18	2	36
1265 - 1759 m	14	2	28
837 - 1265 m	10	2	20
426 - 837 m	6	2	12
< 426 m	2	2	4

LAMPIRAN IX

Data Skoring Tutupan Lahan Kabupaten Sleman

Jenis Tutupan Lahan	Skor	Bobot	Total
Hutan Lahan Kering Sekunder	2.5	2.5	6.25
Hutan Tanaman	2.5	2.5	6.25
Belukar	7.5	2.5	18.75
Pemukiman	17.5	2.5	43.75
Tanah Terbuka	22.5	2.5	56.25
Pertanian Lahan Kering	12.5	2.5	31.25
Pertanian Lahan Kering Campur	7.5	2.5	18.75
Tanah Terbuka	22.5	2.5	56.25
Sawah	17.5	2.5	43.75
Bandara / Pelabuhan	17.5	2.5	43.75

LAMPIRAN X

Data Skoring Jenis Tanah Kabupaten Sleman

Jenis Tanah	Skor	Bobot	Total
Gleisol	1	1	1
Regosol	9	1	9
Grumosol	5	1	5

LAMPIRAN XI

Data Skoring Jarak dari Sungai Kabupaten Sleman

Jarak Dari Sungai	Skor	Bobot	Total
0 - 25 m	18	2	36
25 - 50 m	14	2	28
50 - 75 m	10	2	20
75 - 100 m	6	2	12
> 75 - 100 m	2	2	4

LAMPIRAN XII

Data Skoring Curah Hujan Kabupaten Sleman

Curah Hujan	Skor	Bobot	Total
2.750 - 2.850 mm/th	13.5	1.5	20.25
2.850 - 2.950 mm/th	13.5	1.5	20.25
2.950 - 3.050 mm/th	13.5	1.5	20.25
3.050 - 3.150 mm/th	13.5	1.5	20.25
3.150 - 3.250 mm/th	13.5	1.5	20.25

LAMPIRAN XIII

Data Skoring Banjir Lahar Dingin Kabupaten Sleman

Kerawanan	Tingkatan	Kecamatan
Aman	46.5	PRAMBANAN
Aman	46.5	PIYUNGAN
Aman	46.5	PRAMBANAN
Aman	46.5	PRAMBANAN
Aman	46.5	GEDANGSARI
Aman	48.5	PIYUNGAN
Aman	48.5	PRAMBANAN
Aman	49	GAMPING
Aman	49	GAMPING
Aman	50.5	PRAMBANAN

Aman	50.5	PATUK
Aman	50.5	PRAMBANAN
Aman	50.5	PRAMBANAN
Aman	50.5	GEDANGSARI
Aman	50.5	PRAMBANAN
Aman	51	GAMPING
Aman	51	GAMPING
Aman	52.5	PRAMBANAN
Aman	52.5	PATUK
Aman	52.5	PIYUNGAN
Aman	53	MINGGIR
Aman	53	GAMPING
Aman	53	GAMPING
Aman	54.5	PRAMBANAN
Aman	54.5	PIYUNGAN
Aman	55	MINGGIR
Aman	55	GAMPING
Aman	56.5	PRAMBANAN
Aman	56.5	PIYUNGAN
Aman	57	CANGKRINGAN
Aman	57	DEPOK
Aman	57	KALASAN
Aman	57	NGEMPLAK
Aman	57	TEMPEL
Aman	57	BERBAH
Aman	57	GAMPING
Aman	57	MINGGIR
Aman	57	TURI
Aman	58.5	PRAMBANAN
Aman	58.5	GEDANGSARI
Aman	58.5	PIYUNGAN
Aman	59	CANGKRINGAN
Aman	59	DEPOK
Aman	59	KALASAN
Aman	59	NGEMPLAK
Aman	59	TEMPEL
Aman	59	BERBAH
Aman	59	GAMPING
Aman	59	TURI
Aman	60.5	CANGKRINGAN
Aman	60.5	PAKEM
Aman	60.5	TURI
Aman	60.5	PRAMBANAN
Aman	61.0	MINGGIR
Aman	61.0	CANGKRINGAN
Aman	61.0	DEPOK
Aman	61.0	KALASAN
Aman	61.0	NGEMPLAK
Aman	61.0	TEMPEL
Aman	61.0	GAMPING
Aman	61.0	MINGGIR

Aman	63.0	TURI
Aman	63.5	GAMPING
Aman	64.5	PRAMBANAN
Aman	66.5	PAKEM
Aman	65.5	KASIHAN
Aman	66.5	TURI
Aman	66.5	PRAMBANAN
Aman	66.5	PATUK
Tidak Rawan	67.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	67.0	PAKEM
Tidak Rawan	67.0	TURI
Tidak Rawan	67.0	PAKEM
Tidak Rawan	67.0	TEMPEL
Tidak Rawan	67.5	MINGGIR
Tidak Rawan	68.5	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	68.5	PAKEM
Tidak Rawan	69.0	TEMPEL
Tidak Rawan	69.0	TURI
Tidak Rawan	69.0	PAKEM
Tidak Rawan	69.0	TURI
Tidak Rawan	69.5	MINGGIR
Tidak Rawan	70.5	TEMPEL
Tidak Rawan	70.5	PAKEM
Tidak Rawan	71.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	71.0	PAKEM
Tidak Rawan	71.0	TURI
Tidak Rawan	71.5	MINGGIR
Tidak Rawan	72.5	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	72.5	PAKEM
Tidak Rawan	73.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	73.0	TURI
Tidak Rawan	73.0	PAKEM
Tidak Rawan	73.5	PAKEM
Tidak Rawan	73.5	MINGGIR
Tidak Rawan	74.0	TEMPEL
Tidak Rawan	74.0	GODEAN
Tidak Rawan	74.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	74.0	MOYUDAN
Tidak Rawan	74.0	MINGGIR
Tidak Rawan	74.0	KASIHAN
Tidak Rawan	74.0	SEDAYU
Tidak Rawan	74.0	GAMPING
Tidak Rawan	74.5	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	74.5	PAKEM
Tidak Rawan	75.0	PAKEM
Tidak Rawan	75.0	TURI
Tidak Rawan	75.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	75.5	MINGGIR
Tidak Rawan	76.0	TEMPEL
Tidak Rawan	76.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	77.5	MINGGIR

Tidak Rawan	78.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	78.0	TEMPEL
Tidak Rawan	78.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	78.0	MINGGIR
Tidak Rawan	78.0	MOYUDAN
Tidak Rawan	79.5	MINGGIR
Tidak Rawan	80.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	81.0	PAKEM
Tidak Rawan	81.0	TURI
Tidak Rawan	82.0	TEMPEL
Tidak Rawan	82.0	BERBAH
Tidak Rawan	82.0	DEPOK
Tidak Rawan	82.0	KALASAN
Tidak Rawan	82.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	82.0	NGEMPLAK
Tidak Rawan	82.0	GONDOKUSUMAN
Tidak Rawan	82.0	MLATI
Tidak Rawan	82.0	NGAGLIK
Tidak Rawan	82.0	TEGALREJO
Tidak Rawan	82.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	82.0	SLEMAN
Tidak Rawan	82.0	BANGUNTAPAN
Tidak Rawan	82.0	BERBAH
Tidak Rawan	82.0	PIYUNGAN
Tidak Rawan	82.0	NGEMPLAK
Tidak Rawan	82.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	84.0	MLATI
Tidak Rawan	84.0	GODEAN
Tidak Rawan	84.0	MLATI
Tidak Rawan	85.5	MINGGIR
Tidak Rawan	86.0	TEMPEL
Tidak Rawan	86.0	SEYEGAN
Tidak Rawan	86.5	MOYUDAN
Tidak Rawan	87.0	PAKEM
Tidak Rawan	87.5	MINGGIR
Tidak Rawan	88.0	TEMPEL
Tidak Rawan	89.0	PAKEM
Tidak Rawan	90.0	GONDOKUSUMAN
Tidak Rawan	90.0	MLATI
Tidak Rawan	90.0	KALASAN
Tidak Rawan	91.0	TURI
Tidak Rawan	91.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	92.0	TEMPEL
Tidak Rawan	92.0	DEPOK
Tidak Rawan	92.0	KALASAN
Tidak Rawan	92.0	BERBAH
Tidak Rawan	92.0	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	92.0	TURI
Tidak Rawan	97.5	CANGKRINGAN
Tidak Rawan	98.0	DEPOK
Tidak Rawan	98.0	BERBAH

Rawan	99.5	TURI
Rawan	99.5	PAKEM
Rawan	99.5	CANGKRINGAN
Rawan	102.0	PAKEM
Rawan	102.0	CANGKRINGAN
Rawan	102.0	TURI
Rawan	104.0	TURI
Rawan	104.0	CANGKRINGAN
Rawan	104.0	PAKEM
Rawan	106.0	PAKEM
Rawan	106.0	CANGKRINGAN
Rawan	106.0	TURI
Rawan	108.0	PAKEM
Rawan	108.0	CANGKRINGAN
Rawan	108.0	TEMPEL
Rawan	108.0	TURI
Rawan	114.0	PAKEM
Rawan	114.0	CANGKRINGAN
Rawan	114.0	TURI
Sangat Rawan	114.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	114.5	PAKEM
Sangat Rawan	114.5	TURI
Sangat Rawan	114.5	PAKEM
Sangat Rawan	116.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	116.5	PAKEM
Sangat Rawan	116.5	TURI
Sangat Rawan	120.5	PAKEM
Sangat Rawan	120.5	TURI
Sangat Rawan	120.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	122.5	TURI
Sangat Rawan	122.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	122.5	PAKEM
Sangat Rawan	132.5	PAKEM
Sangat Rawan	132.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	132.5	TURI
Sangat Rawan	134.5	TURI
Sangat Rawan	134.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	134.5	PAKEM
Sangat Rawan	140.5	PAKEM
Sangat Rawan	140.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	140.5	TURI
Sangat Rawan	146.5	TURI
Sangat Rawan	146.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	146.5	PAKEM
Sangat Rawan	150.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	150.5	TURI
Sangat Rawan	154.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	154.5	PAKEM
Sangat Rawan	156.5	CANGKRINGAN
Sangat Rawan	158.5	PAKEM
Sangat Rawan	158.5	CANGKRINGAN

Sangat Rawan	164.5	PAKEM
Sangat Rawan	166.5	PAKEM
Sangat Rawan	166.5	PAKEM



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon
(0341)551354, Fax: (0341) 572533 Website:
<http://www.uin-malang.ac.id> Email: [info@uin-](mailto:info@uin-malang.ac.id)
malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210604110081
Nama : DILA MUTIARA SILVIARANI
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : AHMAD LUTHFIN,M.Si
Dosen Pembimbing 2 : NAQIIBATIN NADLIRIYAH,M.Si
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BENCANA GUNUNG MERAPI BERBASIS
SISTEM INFORMASI GEOGRAFI BERDASARKAN DATA SATELIT LANDSAT
(STUDI KASUS: KABUPATEN SLEMAN)

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	13 September 2024	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Merevisi proposal skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	11 Oktober 2024	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Revisi proposal skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	14 Mei 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Revisi Bab II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	15 Mei 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Revisi Bab II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	24 September 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Revisi hasil dari Bab IV	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	26 September 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Bimbingan Bab IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	08 Oktober 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Revisi Bab IV	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	29 Oktober 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Bimbingan Bab IV	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui

Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

NAQIIBATIN NADLIRIYAH,M.Si

Malang, _____

Dosen Pembimbing 1

AHMAD LUTHFIN,M.Si

