

EVALUASI KAWASAN RAWAN ERUPSI GUNUNG MERAPI LERENG SELATAN KABUPATEN SLEMAN, YOGYAKARTA

Paramitha Tedja Trisnaning, Obrin Trianda

Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

Email: mitha@itny.ac.id

Abstrak

Gunung Merapi, salah satu gunungapi aktif di Indonesia telah mengalami 28 erupsi sepanjang kurun abad 20. Gunungapi dengan ketinggian 2.986 mdpl dan terletak pada bagian utara Yogyakarta telah menjadi ancaman bagi daerah sekitarnya, termasuk Jawa Tengah. Erupsi terbesar pada November 2010 lalu dengan produk aliran piroklastik mencapai 15 km, menyebabkan 386 jiwa meninggal, 15.366 jiwa mengungsi, dan kerusakan di wilayah Sleman mencapai Rp 2,14 Triliun. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan melakukan pemetaan tingkat kerawanan maupun risiko bencana akibat aktifitas Gunung Merapi, khususnya pada daerah lereng selatan. Adanya pemetaan tingkat kerawanan dan risiko tersebut dapat sebagai upaya memperkecil korban jiwa, kerusakan maupun kerugian di masa mendatang. Penelitian dilakukan dengan metode pemetaan permukaan guna menghasilkan peta parameter, selanjutnya dilakukan analisis terkait tingkat kerawanan dan risiko menggunakan Sistem Informasi Geografi. Mengacu Permen PU/No.21/PRT/M/2007, pemanfaatan lahan KRB III pada daerah penelitian belum sesuai Permen yang berlaku dengan tingkat risiko bencana tinggi dan rendah. KRB II dan I telah dikembangkan sesuai peruntukannya pada Permen PU/No.21/PRT/M/2007 dengan tingkat risiko bencana KRB II sedang hingga tinggi dan KRB I memiliki tingkat risiko rendah.

Kata kunci: Merapi, Sleman, Pemetaan, Kerawanan, Risiko

Abstract

Mount Merapi, one of the active volcanoes in Indonesia, has experienced 28 eruptions throughout the 20th century. The volcano with an altitude of 2,986 meters above sea level and located in the northern part of Yogyakarta has become a threat to the surrounding area, including Central Java. The largest eruption that occurred in November 2010 with pyroclastic flows reaching 15 km has caused 386 deaths, 15,366 people displaced, and damage in the Sleman area reached Rp 2.14 trillion. Considering the conditions, objective of the research is vulnerability and disaster risk mapping due to the activities of Mount Merapi. The research was carried out in an effort to minimize future casualties, damage, and losses. Research method done by surface mapping to produce parameter maps, continued by vulnerability and risk analysis by overlaying the parameter maps. Referring to Permen PU/No.21/PRT/M/2007, the landuse of Disasater Prone Area (DPA) III in the research area has not been in accordance with the applicable Ministerial Regulation with high and low levels of disaster risk. DPA II and I have been developed according to their designation in Permen PU/No.21/PRT/M/2007 with level of disaster risk DPA II is a moderate to high level and DPA I is with a low risk level.

Keywords: Merapi, Sleman, Mapping, Vulnerability, Risk

1. Pendahuluan

Gunung Merapi merupakan salah satu gunungapi aktif di Indonesia dan ancaman terbesar yang kedua setelah Gempabumi yang mungkin melanda wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Gunungapi dengan ketinggian 2.986 mdpl dan terletak pada bagian utara D.I. Yogyakarta telah memperlihatkan 28 aktivitas erupsi sepanjang kurun abad 20 [1]. Memasuki abad 21, erupsi Gunung Merapi terbesar terjadi pada November 2010 dengan produk aliran piroklastik mencapai 15 km dari puncak menuju Kali Gendol [1,2]. Tercatat, sebanyak 386 jiwa meninggal akibat erupsi Gunung Merapi dan 15.366 jiwa mengungsi [3]. Korban jiwa terbesar berasal dari Kabupaten Sleman sebanyak 277 jiwa meninggal dan 12.839 jiwa mengungsi dengan kerusakan maupun kerugian bagi wilayah D.I. Yogyakarta sebesar Rp 2,14 Triliun [3].

Meskipun menunjukkan keaktifan tinggi, setiap kali paska erupsi masyarakat setempat tetap kembali tinggal dan mencari penghidupan di sekitar lereng Gunung Merapi. Tampak 10 tahun terakhir telah berkembang dengan cukup pesat pemukiman di lereng selatan Gunung Merapi [4-6] Bahkan, sejumlah tempat dan atraksi wisata telah dibangun dan menjadi daya tarik tersendiri, serta aktifitas pertambangan

semakin aktif.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian dilakukan dengan tujuan untuk memetakan maupun menentukan kawasan rawan dan risiko terhadap bencana erupsi Gunung Merapi. Pemetaan dilakukan sebagai upaya evaluasi terhadap kawasan rawan erupsi yang telah ada pada daerah penelitian. Evaluasi dilakukan berdasarkan 1) Pemanfaatan lahan, 2) Kawasan rawan erupsi Gunung Merapi dan 3) Risiko bencana erupsi Gunung Merapi. Peta Kawasan Rawan Bencana Erupsi Gunung Merapi dan Peta Risiko Bencana Erupsi Gunung Merapi yang dibuat dapat sebagai acuan dalam pengembangan daerah penelitian, lereng selatan Gunung Merapi kedepannya. Selain itu, diharapkan dapat sebagai acuan dalam memperkecil korban jiwa, kerusakan maupun kerugian yang ditimbulkan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dan proses evaluasi dilakukan dengan mengacu terhadap data sekunder maupun data permukaan yang mencakup informasi mengenai produk hasil letusan Gunung Merapi, perbandingan perubahan bentuk lahan, dan pemanfaatan lahan. Proses pengumpulan dan pengolahan data dilakukan melalui empat tahapan, sebagai berikut:

a) Pengumpulan Data Pustaka

Pada tahap ini dilakukan tinjauan pustakan maupun pengumpulan data sekunder yang digunakan sebagai data pendukung atau acuan dalam tahap pengumpulan data primer di lapangan maupun pengolahan data. Data sekunder yang digunakan berupa Peta Geologi Regional [7], rekaman letusan Gunung Merapi sepanjang Tahun 2010 – 2020 dan Peta Rupabumi Digital [8][9].

b) Pengumpulan Data Permukaan

Data permukaan atau data primer, berupa 1) variasi endapan atau litologi produk erupsi; 2) kemiringan lereng dan kondisi morfologi; dan 3) tataguna lahan yang berkembang pada lereng selatan sepanjang aliran Kali gendol. Masing-masing data tersebut akan digunakan sebagai parameter dalam menentukan Kawasan Rawan maupun Risiko Erupsi Gunung Merapi sebagai bagian upaya evaluasi kawasan bencana.

c) Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data primer terkait persebaran litologi atau produk erupsi, kemiringan lereng, dan tataguna lahan, sehingga menghasilkan peta-peta terkait dengan menggunakan perangkat lunak Arc GIS. Selanjutnya, dilakukan *overlay* antara Peta Geologi dan Peta Geomorfologi guna penentuan Kawasan Rawan Erupsi Gunung Merapi mengacu Permen PU/No.21/PRT/M/2007 [10] [11]. Zonasi Risiko Erupsi Gunung Merapi ditentukan berdasarkan *overlay* Peta Kawasan Rawan Erupsi Gunung Merapi dengan Peta Tataguna Lahan mengacu pada data primer di lapangan dan Peta Rupabumi Digital [8][9].

d) Evaluasi

Tahap akhir, dilakukan evaluasi kondisi daerah penelitian, khususnya disepanjang Kali Gendol. Evaluasi dilakukan berdasarkan Kawasan Rawan maupun Risiko Erupsi Gunung Merapi saat ini.

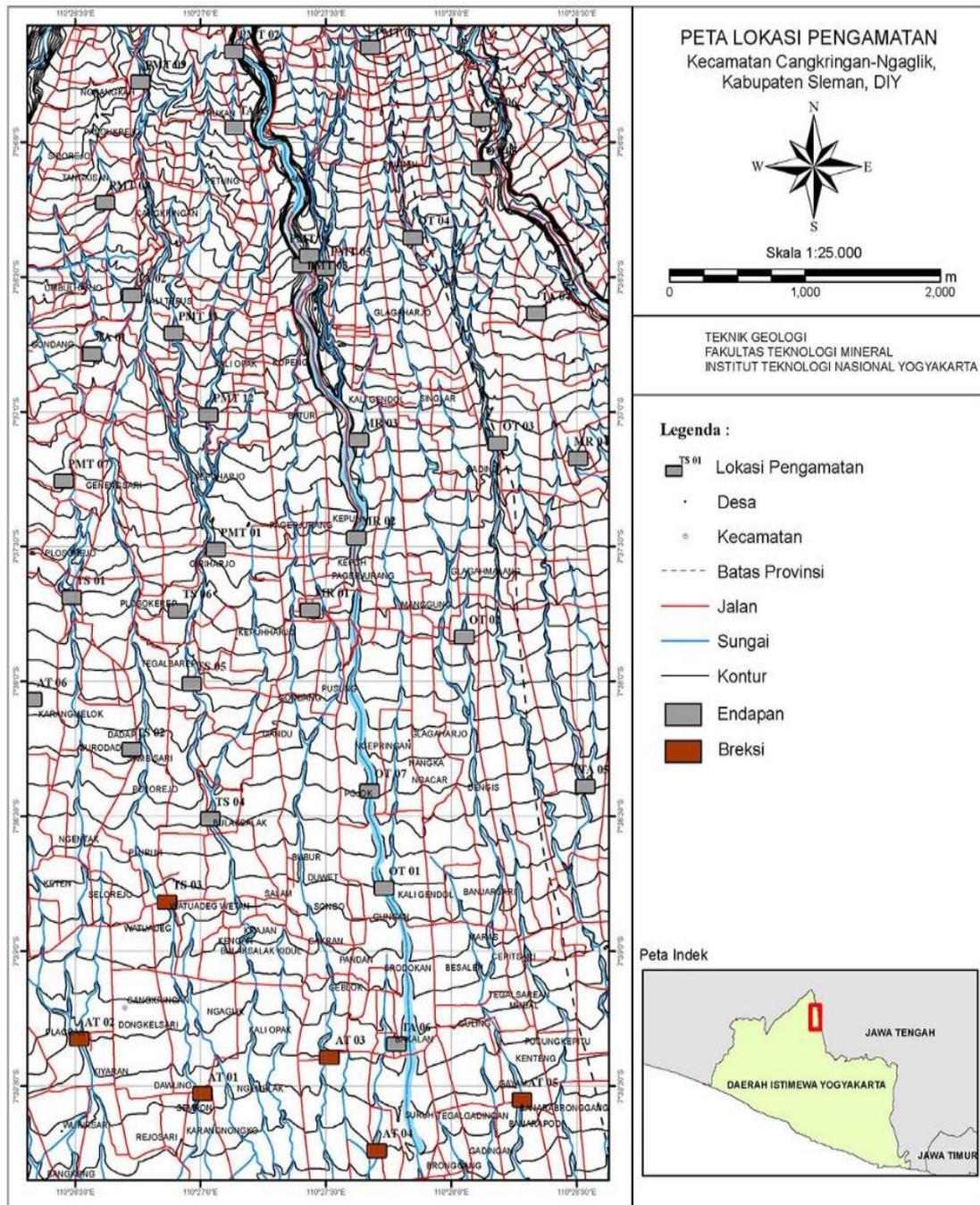
3. Hasil dan Analisis

Penelitian dilakukan pada lereng selatan Gunung Merapi, mencakup wilayah Kecamatan Cangkringan dengan lokasi pengamatan sebanyak 40 titik (Gambar 1). Hasil pengamatan disajikan dalam bentuk peta parameter terkait kondisi geomorfologi, variasi litologi, dan tataguna lahan. Selanjutnya, melalui tumpangtindih setiap peta parameter dilakukan analisis kawasan kerawanan maupun risiko erupsi Gunung Merapi.

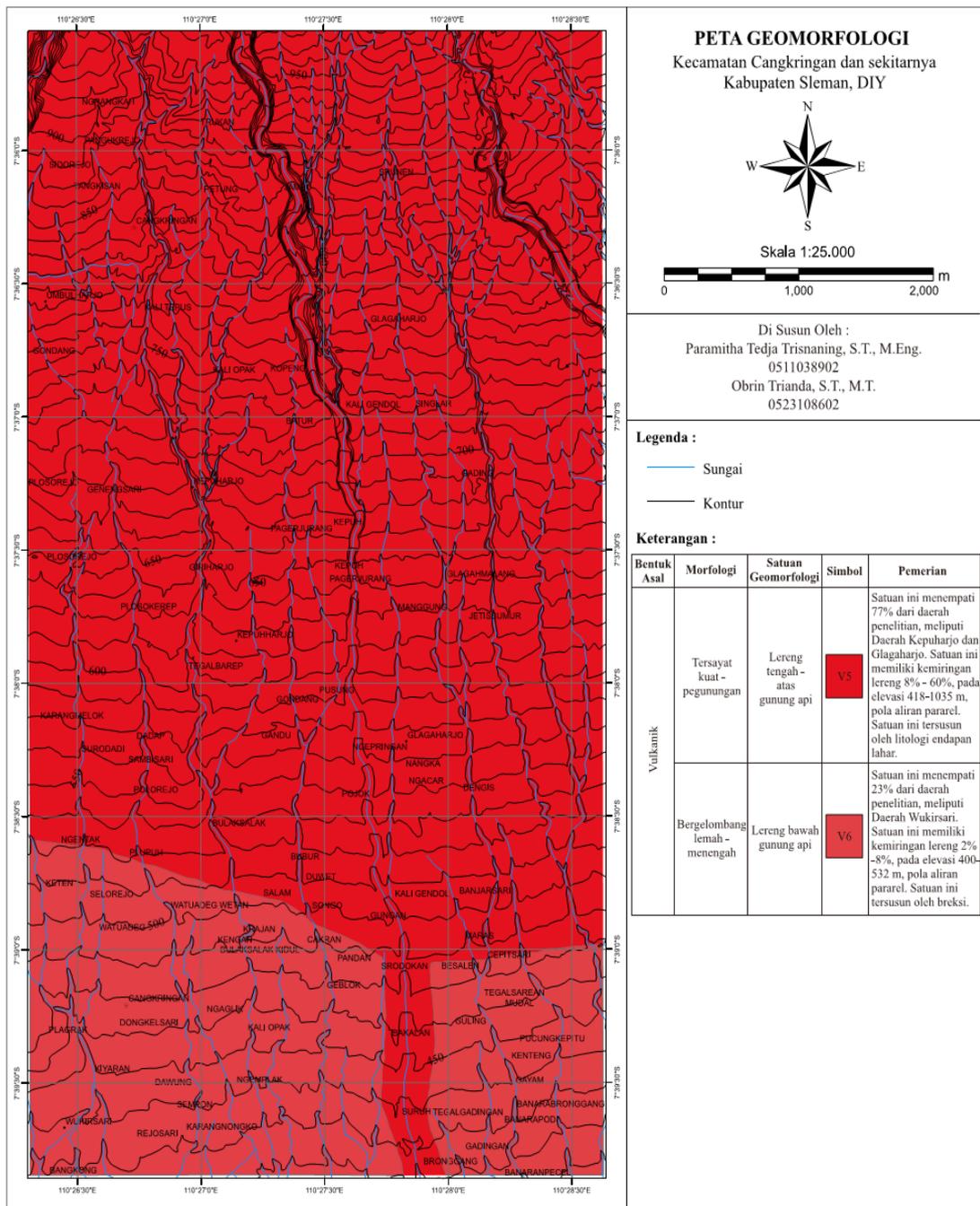
3.1. Geomorfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis geomorfologi, daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi Satuan geomorfologi pegunungan lereng tengah-atas Gunung Merapi dan Satuan geomorfologi lereng bawah Gunung Merapi (Gambar 2). Satuan geomorfologi pegunungan lereng tengah – atas Gunung Merapi menempati luas $\pm 77\%$ dari daerah penelitian, meliputi daerah Ngrangkah, Trukan, dan daerah Srunen hingga bagian selatan pada daerah Ngentak, Pluruh, Salam, Songo, Gungan, dan Maras. Satuan ini berkembang pada Endapan Lahar Merapi dengan bentuk relief tersayat kuat – pegunungan memiliki kemiringan 8% – 60% [12] dan ketinggian 418 – 1.035 m.

Satuan geomorfologi lereng bawah Gunung Merapi menempati luas ±23% dari daerah penelitian dengan bentuk relief topografi bergelombang lemah atau lereng landai memiliki kemiringan lereng 2% – 8% [12] dan ketinggian 400 – 532 m, serta berkembang pada Satuan Batuan Breksi. Persebaran satuan geomorfologi ini meliputi daerah Keten menerus ke timur di daerah Cepitsari hingga daerah Banjarpecel pada bagian selatan yang menerus ke arah barat.



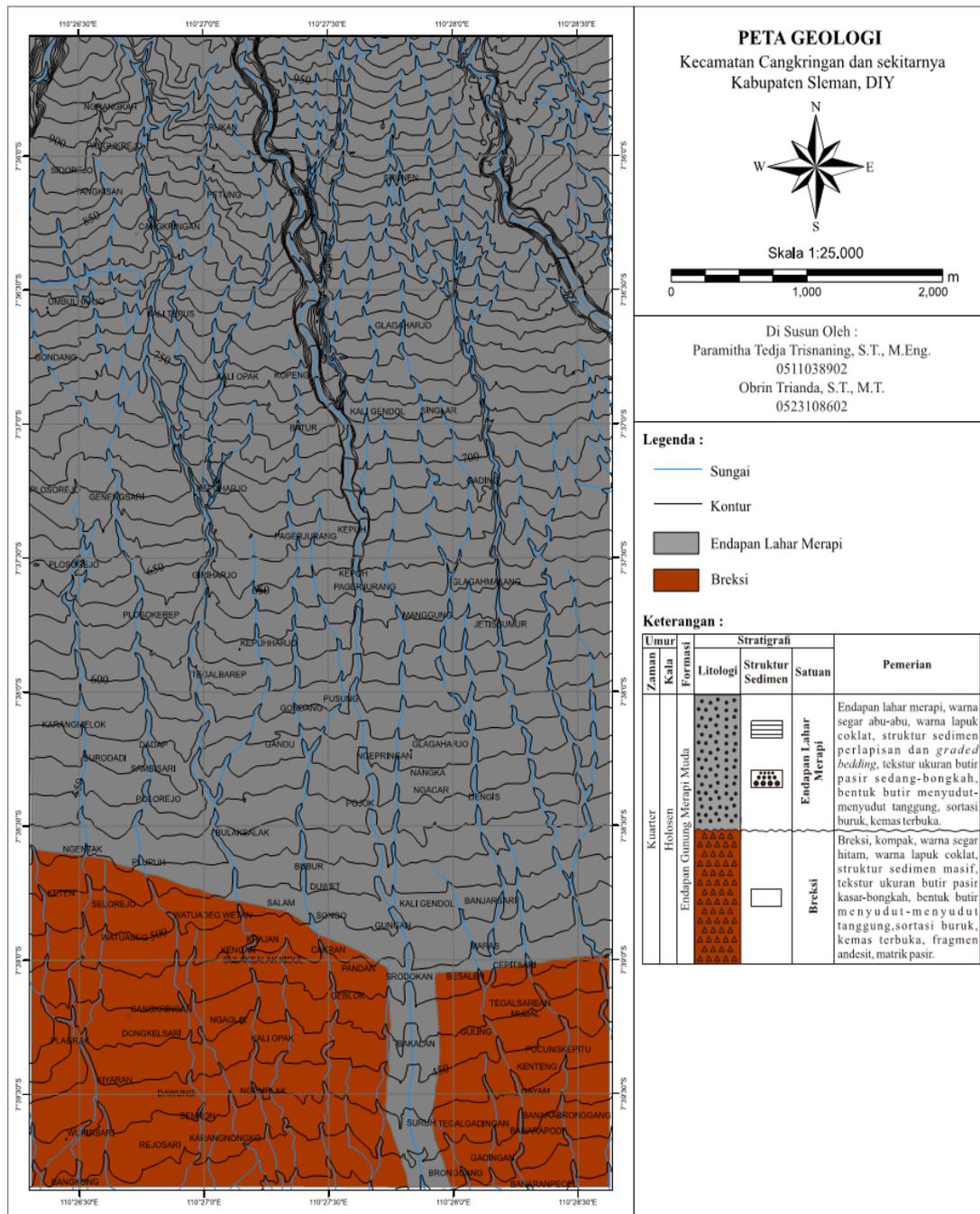
Gambar 1. Peta Lokasi Pengamatan, menunjukkan persebaran endapan dijumpai pada sebagian besar daerah penelitian dan breksi dijumpai pada bagian selatan



Gambar 2. Pembagian satuan geomorfologi daerah penelitian, lereng tengah atas – bawah (bagian utara; merah tua) dan lereng bawah gunungapi (bagian selatan, merah muda)

3.2. Variasi Litologi Daerah Penelitian

Hasil pemetaan menunjukkan daerah penelitian tersusun atas Satuan Endapan Lahar Merapi dan Satuan Batuan Breksi produk erupsi Gunung Merapi (Gambar 3) [10]. Endapan Lahar Merapi terutama dijumpai di sepanjang aliran Kali Gendol hingga menuju hilir di daerah Brongang, meliputi bagian utara pada daerah Ngrangkah, Trukan, dan Srunen hingga bagian selatan pada daerah Ngentak, Pluruh, Salam, Songo, Gungan, Maras, dan daerah Cepitsari. Kondisi fisik menunjukkan warna abu-abu terang, ukuran butir bongkah (± 1 meter) – lempung, bentuk butir menyudut – menyudut tanggung, sortasi buruk, kemas terbuka, dan belum terkompaksi, serta tampak struktur sedimen yang berkembang berupa *graded bedding* dan laminasi (Gambar 4A). Fragmen berupa andesit dengan material halus dominan berupa abu.



Gambar 3. Pembagian penyusun daerah penelitian pada lereng selatan Gunung Merapi, berupa Endapan Lahar Merapi (bagian utara) dan Breksi (bagian selatan)

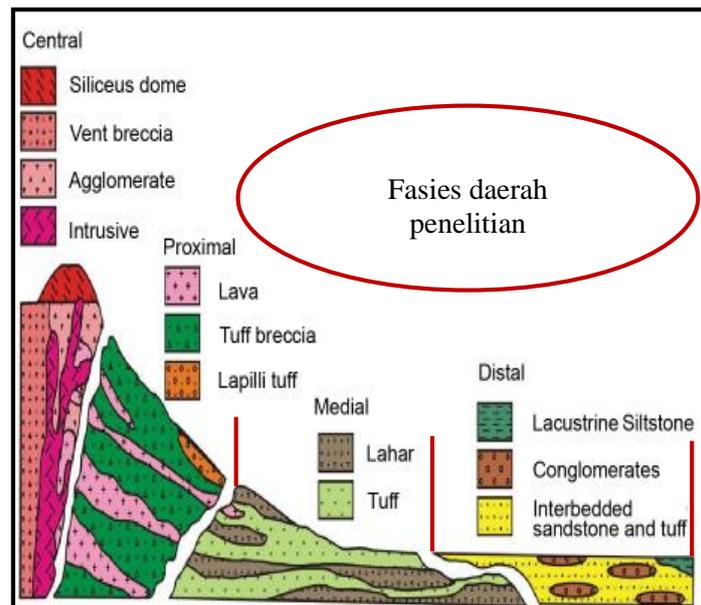
Persebaran Satuan Batuan Breksi dijumpai terutama pada bagian barat maupun timur Kali Gendol. Pada bagian barat dijumpai pada daerah Pandan ke arah barat pada daerah Keten hingga ke arah selatan pada daerah Bangkong. Persebaran pada bagian timur dijumpai pada daerah Besaleh dan Cepitsari hingga ke arah selatan pada daerah Bronggang dan Banaranpecel. Satuan Batuan Breksi memiliki warna hitam, berukuran butir bongkah – pasir kasar, bentuk butir menyudut – menyudut tanggung, sortasi buruk, kemas terbuka, dan struktur batuan relatif masif, serta telah mengalami kompaksi dengan baik (Gambar 4B). Fragmen batuan berupa andesit dan matrik pasir.

Berdasarkan variasi dan persebaran material hasil erupsi dan batuan, serta bentukan morfologi, daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi Fasies Medial dan Fasies Distal (Gambar 5) [13]. Fasies Medial, terdiri atas Endapan lahar Merapi yang menempati bagian lereng atas. Endapan dari fasies

medial ini banyak mengisi pada tubuh Kali Gendol, Kali Kuning, Kali Opak, dan Kali Tepus. Fasies Distal pada daerah penelitian menempati morfologi lereng bawah dengan material penyusun secara lateral mengalami perubahan dari Endapan Lahar menjadi Batuan Breksi.



Gambar 4. A) Kenampakan Endapan Lahar produk erupsi Gunung Merapi pada tebing Kali Gendol bagian barat (PMT 03 pada koordinat $7^{\circ}36'28,3''$ S, $110^{\circ}27'23,3''$ E) dan B) singkapan batuan Breksi pada salah satu lokasi pengamatan yang berada di Desa Watuadeg Wetan (TS 03 pada koordinat $7^{\circ}38'50,1''$ S, $110^{\circ}26'52,3''$ E)



Gambar 5. Pembagian fasies gunungapi pada daerah penelitian [14]

3.3. Tataguna Lahan pada Daerah Penelitian

Hasil pengamatan lapangan pada lereng selatan Gunung Merapi, khususnya sepanjang aliran Kali Gendol dimanfaatkan sebagai kawasan Pertambangan Bahan Galian C berupa pasir ataupun batuan produk erupsi. Kawasan pertambangan dapat dijumpai menerus hingga bagian hilir Kali Gendol (Gambar 6 di Lampiran 1). Daerah persawahan dan perkebunan umumnya berkembang pada Satuan Geomorfologi Pegunungan Lereng Tengah – Atas bagian bawah menerus hingga Satuan Geomorfologi Pegunungan Lereng Bawah. Kawasan pemukiman dengan vegetasi penutup semak belukar, umumnya berkembang sepanjang Satuan Geomorfologi Pegunungan Lereng Tengah – Atas. Kawasan wisata, terutama dijumpai pada bagian barat Kali Gendol. Persebaran tataguna lahan pada daerah penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis pemanfaatan lahan dan sebaran sepanjang lereng selatan Gunung Merapi

No	Jenis Pemanfaatan Lahan	Nama Desa
1	Sawah	Wukirsari, Gayam, Ngaglik, Gadingan.
2	Semak belukar	Glagaharjo, Plosorejo, Pangkurejo, Trukan
3	Kebun	Kepuharjo, Duwet, Dengis, Gading
4	Pemukiman & tempat kegiatan	Cangkringan, Tegal Sarean, Plosorejo, Srunen
5	Wisata	Genengsari, Petung, Gondang, Cangkringan, Trukan
6	Tambang Pasir	Umbulharjo, Kepuharjo, Bulaksalak, Giriharjo sepanjang Kali Gendol, Kali Tepus, Kali Opak

3.4. Analisis Kawasan Bencana Gunung Merapi

Sebaran KRB pada daerah penelitian dipengaruhi oleh bentukan morfologi, jenis batuan maupun endapan, serta kehadiran sungai. Berdasarkan hasil analisis, lereng selatan Gunung Merapi dapat dibagi tiga Kawasan Rawan Bencana (KRB), yaitu (Gambar 7 di Lampiran 2):

- KRB III, kawasan ini sering terlanda aliran awan panas, aliran lava, guguran dan lontaran batuan gunungapi (pijar), dan gas beracun pada setiap kejadian erupsi [11]. KRB III berada dekat pusat erupsi dan telah ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Taman Nasional Gunung Merapi.
- KRB II, kawasan ini berpotensi terlanda aliran awan panas, batuan gunungapi (pijar), gas beracun dan aliran lahar pada saat kejadian erupsi [11].
- KRB I, kawasan ini rawan terhadap lahar/banjir dan kemungkinan dapat terkena perluasan awan panas pada saat terjadi erupsi [11].

3.5. Analisis Risiko Bencana Erupsi Gunung Merapi

Zonasi risiko erupsi Gunung Merapi ditentukan berdasarkan tumpang tindih Peta Tata Guna Lahan dengan Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi. Hasil tumpang tindih peta-peta tersebut menunjukkan, daerah penelitian dibedakan menjadi tiga tingkat risiko (Gambar 8 di Lampiran 3), yaitu:

- Risiko Tinggi, zona ini mencakup daerah pemukiman, wisata, dan area tambang pasir disepanjang aliran Kali Gendol, serta sejumlah lahan persawahan dan/atau perkebunan. Besarnya jumlah jiwa, properti, fasilitas umum, maupun tingginya tingkat aktivitas masyarakat pada daerah tersebut, menjadikan risiko terhadap erupsi Gunung Merapi tinggi.
- Risiko Sedang, zona ini mencakup area persawahan dan perkebunan yang berkembang pada lereng tengah – atas bawah hingga lereng bawah. Tingkat risiko sedang dikarenakan jumlah jiwa, kerugian atau kerusakan yang mungkin terjadi tidak terlalu besar.
- Risiko Rendah, zona ini mencakup area persawahan dan area dengan tutupan semak belukar. Tingkat risiko rendah dikarenakan jumlah jiwa dan aktivitas pada area tersebut relatif kecil dengan kemungkinan terlanda produk erupsi relatif rendah.

3.6. Pembahasan

Daerah penelitian, 45% daerahnya termasuk KRB III dengan 39% termasuk KRB II dan 16% termasuk KRB I (Gambar 6 di Lampiran 1). Sebagaimana diuraikan pada Tabel 2, tampak pemanfaatan lahan pada KRB III tidak sesuai dengan peruntukannya. Kondisi di lapangan menunjukkan pemanfaatan lahan sebagai persawahan dan perkebunan disepanjang tempat. Bahkan, perkembangan pemukiman dan aktifitas pertambangan sepanjang aliran sungai cukup tinggi. Mengacu pada Permen PU/No.21/PRT/M/2007 [10], KRB III termasuk dalam Tipologi C, sehingga pemanfaatan lahan sebagai persawahan, perkebunan, pertambangan, dan pemukiman sangat tidak disarankan. Adapun pemanfaatan sebagai tempat wisata diperlukan sejumlah persyaratan khusus. Pada Kawasan Rawan Bencana II dan I, tampak pemanfaatan lahan sesuai Permen PU/No.21/PRT/M/2007 [10] dengan dimanfaatkan sebagai daerah pertanian, khususnya persawahan dan perkebunan, pemukiman dan tempat wisata (Tabel 2).

Tidak seluruh KRB III termasuk dalam tingkat risiko tinggi, melainkan dapat dijumpai pula KRB II. Hal ini dikarenakan, tingkat risiko tinggi dikontrol atas pemanfaatan lahan kawasan pemukiman, tempat wisata, dan pertambangan bahan galian C (Gambar 8 di Lampiran 3) dengan perkiraan jumlah korban jiwa, kerusakan maupun kerugian relatif tinggi. Tingginya tingkat risiko, tidak hanya disebabkan aktivitas primer erupsi Gunung Merapi, tetapi juga disebabkan aktifitas sekunder berupa aliran lahar dingin. Adapun saran mitigasi guna memperkecil jumlah korban jiwa, kerusakan maupun kerugian ditunjukkan pada Tabel 3.

Upaya pengurangan risiko bencana Gunung Merapi dapat dilakukan dengan adanya sinergi antara masyarakat setempat, pengusaha tempat wisata maupun tambang dengan pemerintah secara langsung sesuai dengan kebutuhan setiap kawasan. Penentuan Kawasan Rawan Bencana dan Risiko dapat digunakan sebagai acuan dalam mengatur kegiatan dan pemanfaatan ruang, serta dalam mempersiapkan ruang dan jalur evakuasi.

Tabel 2. Sebaran Kawasan Rawan Bencana (KRB) Erupsi Gunung Merapi

No	KRB	Cakupan Daerah	Keterangan
1	III	Trukan, Cangkringan, Umbul-harjo, Gelagaharjo, Kepuh, Pusung, dan Gadingan, serta sepanjang Kali Opak, Kali Gendol, dan Kali Tepus.	Kawasan ini tidak diperbolehkan adanya pemukiman perkotaan dan pedesaan. Namun, masih terdapat pemukiman dan tempat wisata dengan aktifitas masyarakat tinggi, serta terdapat pertambangan bahan galian C yang aktif
2	II	Suren, Jetis Sumur, Gayam, Ngemplak, Bulak Salak, dan Gondang.	Kawasan ini dapat dimanfaatkan sebagai persawahan, perkebunan, pertambangan, pemukiman dan tempat wisata dengan persyaratan [11]
3	I	Wukirsari, Watuadeg, dan Plupuh.	Kawasan ini dapat dimanfaatkan sebagai persawahan, perkebunan, pertambangan, pemukiman dan tempat wisata dengan persyaratan [11], khususnya pada daerah tepi aliran sungai

Tabel 3. Tingkat Risiko Erupsi Gunung Merapi dan Mitigasi

No	Tingkat Risiko	Cakupan Daerah	Mitigasi
1	Tinggi	Petung, Sidorejo, Genengsari, Ploso, Kepuharjo, Gondang, Pandan, Srunen, Gading, dan Banjarsari, serta sepanjang Kali Opak, Kali Gendol, dan Kali Tepus.	Kawasan pemukiman, wisata, dan pertambangan dialihkan sebagai Kawasan Strategis Taman Nasional Gunung Merapi.
2	Sedang	Kepuharjo, Duwet, Ngemplak, Kenteng, Banjarsari, dan Dengis.	Pengembangan sebagai daerah persawahan dan perkebunan, tanpa adanya kawasan pemukiman dan pembatasan kegiatan pertambangan.
3	Rendah	Ngentak, Ngaglik, Wukirsari, dan Ple-puh, serta sepanjang Kali Opak, Kali Gendol dan Kali Opak.	Penanggulangan bencana lahar dingin pada daerah sepadan sungai dengan pemasangan peringatan dini dan pembuatan tanggul.

4. Kesimpulan

Daerah penelitian, lereng selatan Gunung Merapi memiliki bentuk geomorfologi berupa pegunungan lereng tengah-atas Gunung Merapi (kemiringan lereng 8% – 60% dan ketinggian 418 – 1.035 m) dengan penyusun Endapan Lahar Merapi dan Satuan geomorfologi lereng bawah Gunung Merapi (kemiringan lereng 2% – 8% dan ketinggian 400 – 532 m) berkembang pada Satuan Batuan Breksi. Berdasarkan material penyusun lereng, daerah penelitian dari utara ke selatan termasuk dalam Fasies Medial dan Fasies Distal.

Kawasan Rawan Bencana (KRB) pada daerah penelitian mencakup KRB III, II, dan I dikontrol terutama oleh jenis material erupsi. Risiko bencana Erupsi Gunung Merapi dapat dibedakan menjadi Risiko Tinggi, Risiko Sedang, dan Risiko Rendah. Risiko Tinggi dikontrol oleh pemanfaatan lahan sebagai kawasan pemukiman, pertambangan, pariwisata, dan lahan pertanian. Risiko Sedang dikontrol oleh pemanfaatan lahan sebagai area persawahan dan perkebunan, sedangkan Risiko Rendah dikontrol oleh pemanfaatan lahan sebagai area persawahan dan tutupan lahan berupa semak belukar.

Evaluasi mengacu pada pembagian Kawasan Rawan Bencana (KRB) dan Permen PU/No.21/PRT/M/2007 menunjukkan pemanfaatan lahan KRB III daerah penelitian belum sesuai Permen yang berlaku dengan tingkat risiko bencana tinggi dan rendah. KRB II dan I telah dikembangkan sesuai peruntukannya

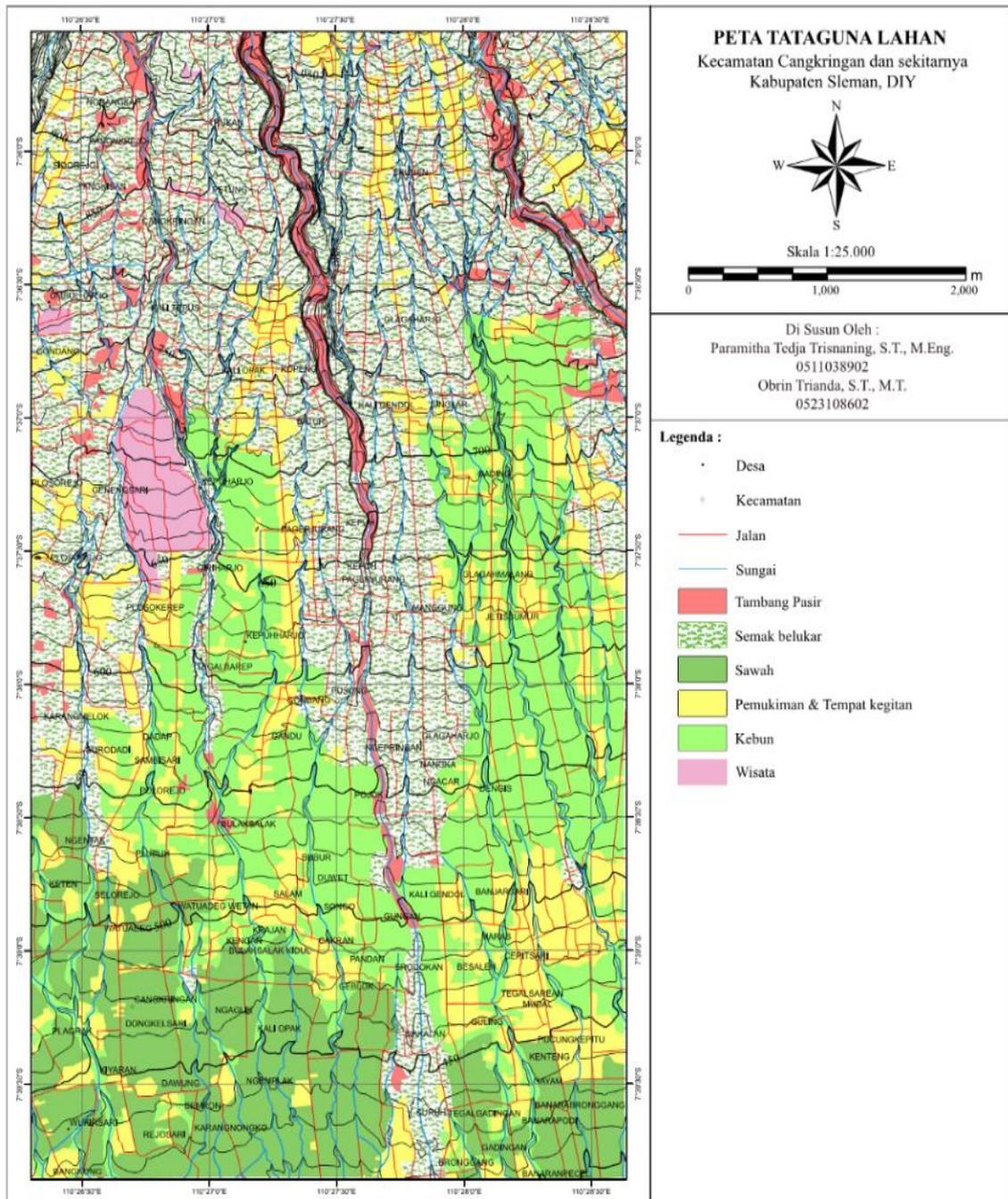
pada Permen PU/No.21/PRT/M/2007 dengan tingkat risiko bencana sedang hingga tinggi pada KRB II, sedangkan KRB I memiliki tingkat risiko rendah.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Geologi. *G. Merapi, Jawa Tengah*. Bandung: PVMBG, 2014.
- [2] Pandita H, Pambudi S. Model Granulometri Endapan Awan Panas Merapi Tahun 2010 di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. *KURVATEK*. 2016: 1(1): 49-58.
- [3] BAPPENAS, BNPB. *Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Wilayah Pasca Bencana Erupsi Gunung Merapi di Provinsi D.I. Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2011-2013*. Jakarta: BNPB, 2011.
- [4] Badan Pusat Statistik. *Kabupaten Sleman dalam Angka 2011*. BPS Kabupaten Sleman, 2011.
- [5] Badan Pusat Statistik. *Kabupaten Sleman dalam Angka 2016*. BPS Kabupaten Sleman, 2016.
- [6] Badan Pusat Statistik. *Kabupaten Sleman dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Sleman, 2021.
- [7] Rahardjo W, Sukandarumidi, Rosidi HMD. *Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta, Jawa 1408-2 & 1407-5*. Edisi 2. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1995.
- [8] Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. *Peta Rupabumi Digital Indonesia Kaliurang Lembar 1408-244*. Edisi I-2000. Bogor: BAKOSURTANAL, 1996.
- [9] Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. *Peta Rupabumi Digital Indonesia Pakem Lembar 1408-242*. Edisi I-2000. Cibinong, Bogor. BAKOSURTANAL, 1996.
- [10] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. No.21/PRT/M/2007. *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Letusan Gunung Berapi dan Kawasan Rawan Gempa Bumi*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2007.
- [11] Sayudi D.S., A. Nurnaning, Dj Juliani, Muzani M. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Merapi, Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Bandung. PVMBG. 2010.
- [12] Van Zuidam RA *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*, Smits Publishers. Netherland. The Hague, 1983.
- [13] Bronto S. Fasies Gunung Api dan Aplikasinya. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2006: 1(2).

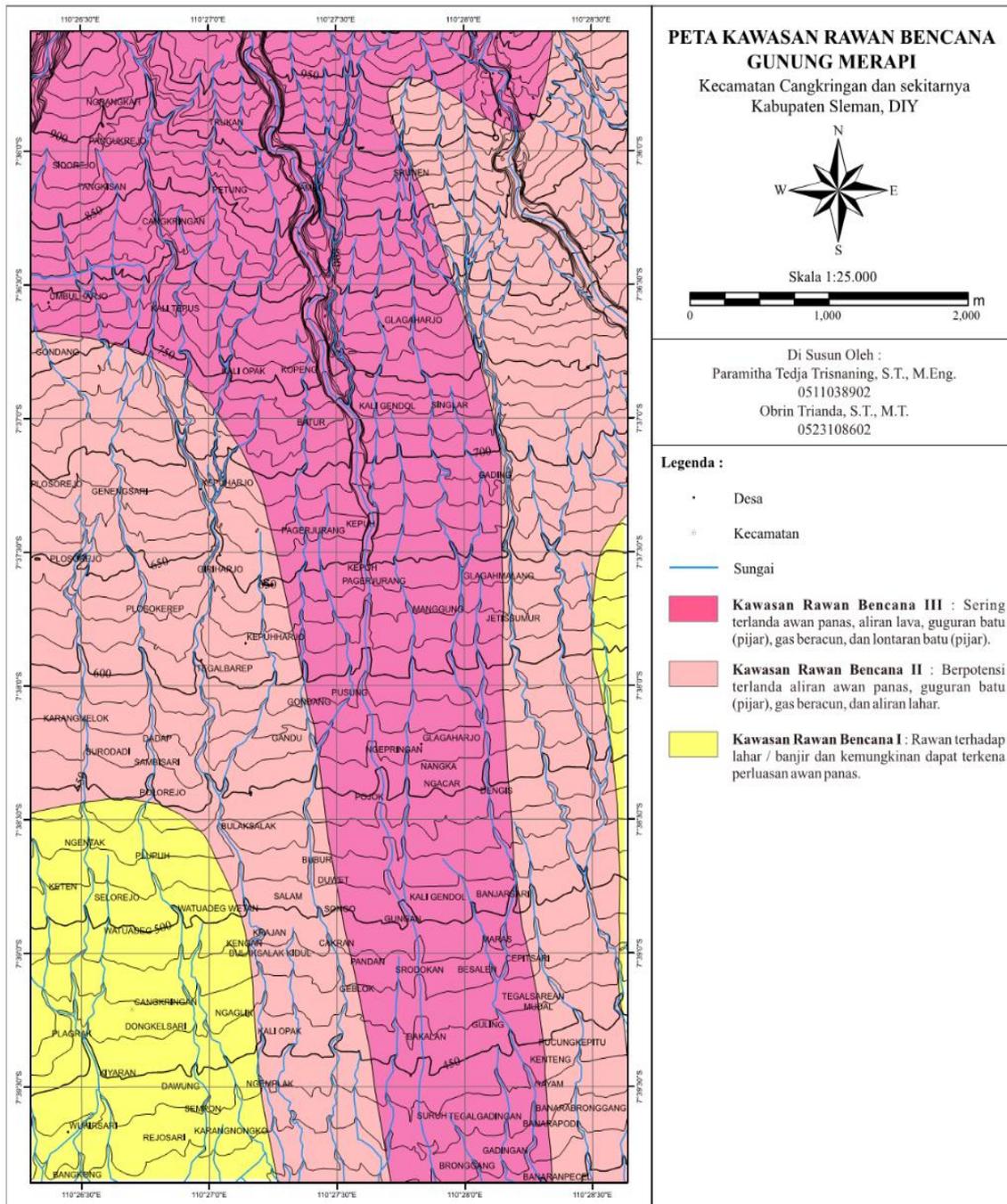
LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1:



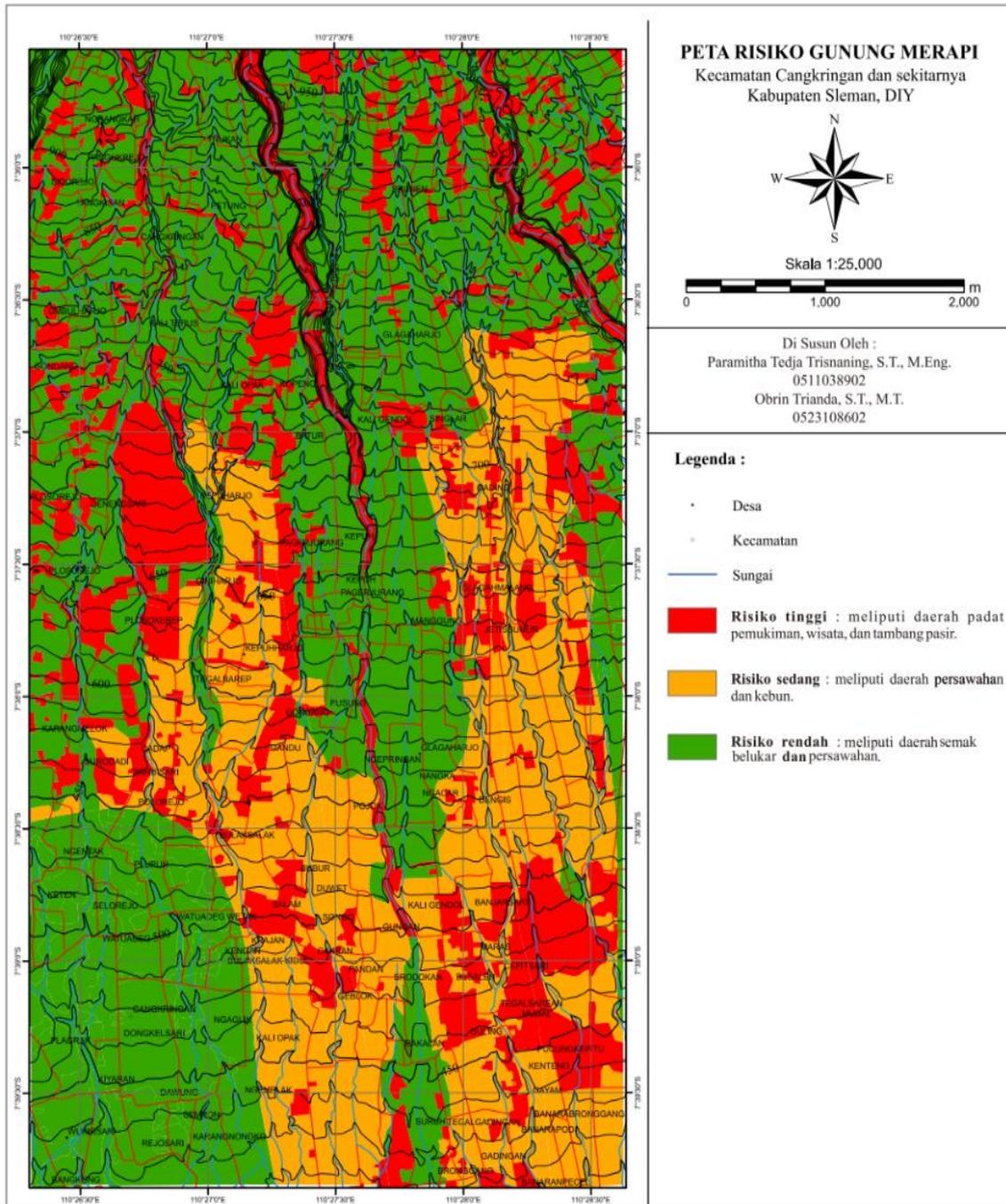
Gambar 6. Jenis dan persebaran tataguna lahan pada daerah penelitian

Lampiran 2:



Gambar 7. Pembagian Kawasan Rawan Bencana pada daerah penelitian menjadi KRB III, II, dan I

Lampiran 3:



Gambar 8. Pembagian tingkat risiko akibat erupsi Gunung Merapi pada daerah penelitian menjadi Risiko Tinggi (merah), Risiko Sedang (jingga), dan Risiko Rendah (hijau)