

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Salah satu bencana alam yang pernah terjadi di Jawa Tengah dan memiliki kecenderungan pola untuk terjadi ialah erupsi Gunung Merapi. Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi aktif di Pulau Jawa yang memiliki sejarah letusan sejak tahun 1768 (abad 18). Dari studi stratigrafi dan geokimia, dapat direka ulang bahwa aktivitas letusan Gunung Merapi memiliki karakteristik yang berbeda dan berpola dari abad ke abad. Di abad 20 (tahun 1900–2000), pola dominan dari aktivitas Gunung Merapi berupa erupsi efusif.(Voight et al., 2000). Letusan cukup sempat terjadi pada tahun 1930 dengan VEI berskala 3. Di abad sebelumnya, yakni abad 19 (tahun 1800–1900), erupsi Gunung Merapi tidak bersifat efusif melainkan eksplosif atau ledakan. Bahkan, di tahun 1872, sempat terjadi letusan besar yang memiliki Indeks Letusan Gunung Berapi atau *Volcanic Explosivity Index* (VEI) hingga skala 4. Di abad 18 (tahun 1700–1800), aktivitas Merapi meliputi kegiatan pembentukan kubah lava dan beberapa kawah saja, dan tidak terjadi ledakan. Dari pola di atas dari abad ke-18 hingga ke-20, dapat disimpulkan bahwa pola aktivitas Gunung Merapi ialah aktivitas tenang atau tidak terjadi ledakan, kemudian aktivitas eksplosif, kemudian aktivitas efusif (tidak eksplosif). Dari pola ini, diprediksikan di abad 21, akan terdapat letusan besar yang sama seperti pada tahun 1800-an, dimana pola letusan eksplosif itu berjalan setiap 100 tahun. Kejadian itu benar terjadi di abad 21, tepatnya pada tahun 2006 dan paling baru di tahun 2010 dimana letusannya terjadi jauh lebih besar dari letusan-letusan sebelumnya selama satu abad(Newhall et al., 2000), bahkan sejak tahun 1872. Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 memiliki VEI berskala 4 tepatnya pada bulan November 2010 ketika berada pada fase magmatik (Pallister et al., 2013).

Dari letusan tahun 2006, disusun Rencana Kontingensi pada tahun 2009. Namun karena letusan tahun 2010 yang terjadi ternyata lebih besar daripada perkiraan, rencana kontingensi tahun 2009 yang telah disusun kurang dapat mengakomodasi kebutuhan evakuasi masyarakat dimana jumlah shelter dan sarana transportasi kurang memadai, belum terpetakannya desa-desa yang termasuk dalam zona bahaya yang mengakibatkan beberapa masyarakat pada desa tersebut tidak

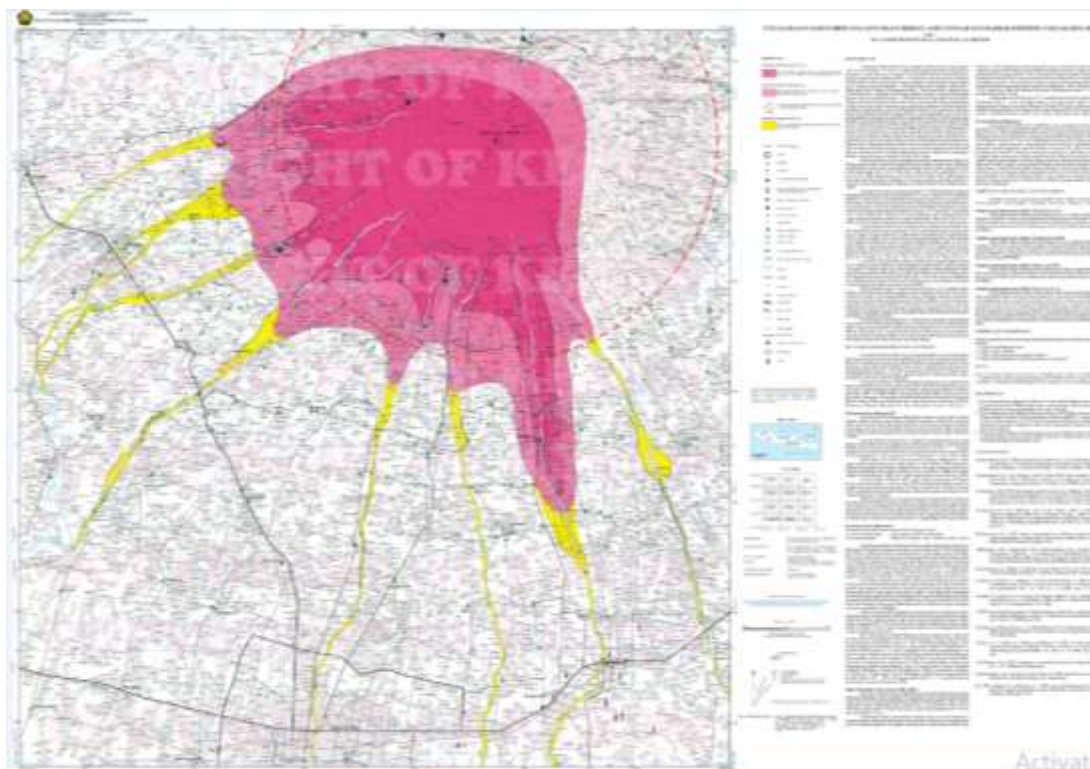
mengetahui rute/jalur evakuasi yang aman (Tyas et al., 2013). Pada tahun 2010, jarak aman erupsi Gunung Merapi dihitung dari kawah berulang kali diperbarui yakni dari 5 kilometer menjadi 10 kilometer kemudian menjadi 15 kilometer. Dampak dari letusan Gunung Merapi di tahun 2010 menyebar ke 4 kabupaten sekitar Gunung Merapi yakni Kabupaten Magelang, Kabupaten Sleman, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Klaten. Zona ancaman bahaya Gunung Merapi letusan pada tahun 2010 per 19 November 2010 dijabarkan dalam tabel I.1 berikut.

Tabel I. 1
Desa-Desa dalam Zona Ancaman Bahaya Gunung Merapi per 19 November 2010

Kecamatan	Kabupaten	Jumlah Desa	Nama Desa
Srumbung	Magelang (Jateng)	6	Kaliurang, Kemiren, Mranggen, Ngablak, Ngargosoko, Tegalrandu
Dukun	Magelang (Jateng)	9	Kalibening, Keningar, Krinjing, Mangunsoko, Ngargomulyo, Paten, Sengi, Sewukan, Sumber
Sawangan	Magelang (Jateng)	3	Kapuhan, Ketep, Wonolelo
Selo	Boyolali (Jateng)	7	Jrakah, Klakah, Lencoh, Samiran, Selo, Suroteleng, Tlegolele
Cepogo	Boyolali (Jateng)	4	Genting, Jombang, Sukabumi, Wonodoyo
Musuk	Boyolali (Jateng)	5	Cluntang, Dragan, Jemowo, Mriyan, Sangup
Kemalang	Klaten (Jateng)	8	Balerante, Bumiharjo, Kendalsari, Panggang, Sidorejo, Tangkil, Tegalmulyo, Tlogowatu
Ngemplak	Sleman (DIY)	3	Sindumartani, Umbulmartani, Wedomartani
Turi	Sleman (DIY)	2	Giti Kerto, Wono Kerto
Pakem	Sleman (DIY)	5	Candi Binangun, Hargo Binangun, Harjo Binangun, Pakem Binangun, Purwo Binangun
Cangkringan	Sleman (DIY)	5	Argo Mulyo, Glagah Harjo, Kepuh Harjo, Umbul Harjo, Wukir Sari

Sumber: Buku Kajian Pasca Bencana dan Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Wilayah Pascabencana Gunung Merapi

Ancaman gunung Merapi terdiri dari ancaman primer ketika letusan berlangsung dan ancaman sekunder setelah letusan berlangsung. Jenis bahaya pada ancaman primer antara lain awan panas, udara panas (surger) dan lontaran material berukuran blok hingga kerikil. Sedangkan jenis bahaya pada ancaman sekunder ialah banjir lahar dingin, banjir, dan kekeringan. Ancaman letusan gunung merapi dijelaskan dalam gambar 1.1 Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi sebagai berikut.



Sumber: Kementerian ESDM Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

Gambar 1. 1
Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Merapi Jawa Tengah, dan Daerah Istimewa Yogyakarta 2010

Dampak dari letusan Gunung Merapi meliputi kerusakan dan kerugian yang dihitung menggunakan metode ECLAC (*Economic Commissions for Latin America and the Caribbean*) pada sektor perumahan, sosial, ekonomi produktif, prasarana/infrastruktur, serta lintas sektor (pemerintah, keuangan, dan lingkungan hidup). Kabupaten Boyolali sendiri menerima sekitar 6% dari dampak bencana tersebut. Di sektor perumahan, rumah pada radius 0–5 km di Kabupaten Boyolali mengalami rusak sedang dan rusak ringan akibat semburan debu dan lahar dingin tetapi tidak dilalui awan panas. Selain itu, dampak dari erupsi Gunung Merapi ini menelan korban tewas 10 jiwa di Kabupaten Boyolali. Tabel I.2 mendeskripsikan jumlah korban dan pengungsi akibat letusan Gunung Merapi Tahun 2010.

Tabel I. 2
Jumlah Korban dan Pengungsi Erupsi Gunung Merapi 2010

Lokasi	Meninggal			Rawat Inap	Pengungsi	Jumlah Titik
	Luka Bakar	Non luka bakar	Total			
Klaten	7	29	36	30	5.369	147
Boyolali		10	10	37	672	20
Magelang		52	52	98	21.701	136

Lokasi	Meninggal			Rawat Inap	Pengungsi	Jumlah Titik
	Luka Bakar	Non luka bakar	Total			
Kota Magelang					409	16
Temanggung					359	1
Total Jateng	7	91	98	165	28.465	320

Sumber: Kementerian Kesehatan RI, Pemkab Sleman, Pustadops (DIY) dan Bakorwil (Jawa Tengah)

Pada letusan susulan Merapi tanggal 29 Oktober dimana terdapat sedikitnya tujuh kali semburan awan panas, ribuan warga Boyolali di Kecamatan Musuk dan Selo, memadati TPS. Jumlah pengungsi diperkirakan mencapai 2.600-an jiwa. Evakuasi semula diprioritaskan pada manula, ibu hamil, dan balita. Di Kecamatan Musuk, sekitar 1.200 pengungsi di balai desa Sangup, Musuk. Selain itu, pengungsi juga datang dari Dusun Stabelan dan Takeran, Desa Tlogolele 1.461 orang. Pengungsi dari Tlogolele tersebut diungsikan ke balai desa dan Dusun Tlogomulyo. Hujan abu terjadi di Desa Tlogolele. Terdapat bau belerang di sebagian Desa Jrasah, Kecamatan Selo, (m.jpnn.com). Jumlah pengungsi di Kabupaten Boyolali sempat membludak hingga puncaknya mencapai 60.643 orang (antaraews.com). Baik pemerintah maupun pengungsi kebingungan dalam mendapatkan lokasi pengungsian, sehingga lokasi pengungsian dari satu desa terpisah-pisah. Hal ini menyebabkan sulitnya koordinasi. Pengungsi kemudian dipusatkan di Kantor Pemerintah Kabupaten Boyolali sehingga pengungsi membludak (okezone.com). Gambar 1.2 di bawah mendeskripsikan Pengungsi Boyolali tahun 2010 di Terminal Boyolali.



Sumber: Dokumentasi Maryono, 2010

Gambar 1. 2
Pengungsi Boyolali 2010 di Terminal Boyolali

Saat ini ialah masa abad 21 dimana terdapat potensi letusan Gunung Merapi yang bersifat eksplosif mengikuti pola sejarahnya. Rencana penanggulangan bencana seperti rencana mitigasi harus diperbarui dengan berbagai skenario untuk mengantisipasi letusan Gunung Merapi yang akan datang, baik yang berdampak sama atau lebih besar maupun kurang. Oleh karena hal tersebut, Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Boyolali menetapkan kebijakan *sister village* pada pertengahan tahun 2016 untuk keperluan pengungsian ketika sewaktu-waktu Gunung Merapi kembali meletus. *Sister village* juga telah ditetapkan dan diresmikan di Kabupaten Magelang tahun 2012, di Kabupaten Klaten, serta Kabupaten Sleman. *Sister village* ialah kebijakan dengan perjanjian antara beberapa pasangan desa (satu desa dengan satu desa) dimana penduduk desa asal mengungsi ke masing-masing penduduk desa tujuan selama dibutuhkan. Kesepakatan ini telah diresmikan dalam MoU untuk masing-masing pasangan desa. Jalur evakuasi masing-masing pasangan desa telah ditetapkan dan disosialisasikan oleh BPBD meski belum diresmikan dalam Peraturan Daerah. Masyarakat telah memahami jalur evakuasi yang ditetapkan tersebut karena jalur tersebut merupakan jalur utama yang biasa dilalui warga. Kajian jalur evakuasi eksisting ini perlu dilaksanakan mengingat simulasi evakuasi dari desa asal menuju desa tujuan belum pernah dilaksanakan. Proses evakuasi yang akan berlangsung diharapkan dapat berjalan dengan baik dengan adanya penelitian ini.

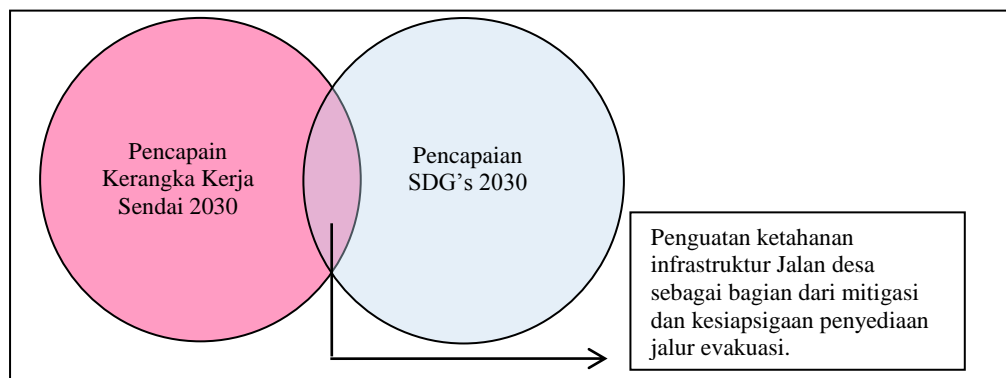
I.2. Rumusan Permasalahan

Hujan abu yang mengguyur Kabupaten Boyolali berdampak terhadap kesehatan seperti penyakit ISPA serta kesehatan mata. Beberapa dampak pada kesehatan akibat terpaan abu vulkanik antara lain: asma dan bronkitis, sfikosis penyakit paru fibrosa dan juga kanker paru-paru, serta penyakit tuberkolosis paru-paru dapat dipicu oleh paparan abu vulkanik yang mengandung crystalline silica (Baxter et al., 1983; International Agency for Research on Cancer, 1997; dan Hnizdo and Murray, 1998 dalam Damby et al., 2013) sehingga penduduk harus mengungsi. Penduduk tersebut ialah penduduk yang bertempat tinggal di desa-desa rawan bencana. Dalam skenario *sister village*, desa-desa tersebut ialah Desa Jrasah, Lencoh, Samiran, Selo, Suroteleng, Genting, Sukabumi, Gedangan, Wonodoyo, Cepogo, Jombong, CLuntang, Mriyan, Kembangsari, Sangup, Lanjaran, dan Sumur. Sedangkan desa tujuan atau 'desa saudara'-nya ialah Desa Karanggeneng, Kembang, Mudal, Sidomulyo, Karangnongko, Kelurahan Kemiri, Kelurahan Banaran, Kelurahan Pulisen, Desa Penggung, Banyuanyar, Tambak, Kelurahan Siswodipuran, Desa Kiringan, Singosari, Madu, dan Kebonbimo. Pada studi ini, pasangan desa yang akan diteliti ialah pasangan desa Mriyan-Kiringan, Wonodoyo-Penggung, dan Samiran-Mudal yang berada di Kawasan Rawan Bencana II (KRB II) Gunung Merapi. KRB II adalah kawasan yang berpotensi terlanda aliran massa berupa awan panas, aliran lava, lahar dan terlanda lontaran berupa jatuhnya

piroklastik dan lontaran batu. Pada kawasan ini masyarakat diharuskan mengungsi jika terjadi peningkatan aktivitas gunungapi.

Jalur evakuasi untuk pasangan desa tersebut telah ditetapkan, akan tetapi berjumlah hanya satu. Jumlah pengungsi setiap desa yang mencapai 1000 orang akan melakukan pergerakan ke daerah bawah dalam rentang waktu yang cenderung sama. Oleh karena itu, agar proses evakuasi dapat berjalan lancar serta usaha untuk mengurangi resiko dampak erupsi Gunung Merapi terlaksana, jalur evakuasi perlu dikaji. Pengkajian tersebut terkait kemampuannya dalam menyalurkan penduduk dari desa asal menuju desa tujuan. Selain itu, beberapa jalur alternatif evakuasi juga perlu direncanakan untuk mengantisipasi beberapa kemungkinan, misal jalur evakuasi utama dilalui truk evakuasi sedangkan terdapat beberapa penduduk yang akan melakukan evakuasi menggunakan moda sendiri yakni sepeda motor. Hal ini mengingat preferensi warga yang menggunakan moda sepeda motor untuk evakuasi karena dianggap jauh lebih efektif, cepat, dan lebih praktis. Menurut warga, warga harus bergerak sendiri dan tidak boleh menggantungkan bantuan dan pertolongan kepada pemerintah. Warga juga menyebutkan bahwa dalam hujan abu yang sangat pekat, kaca mobil yang digunakan sebagai moda evakuasi justru tertutup abu sehingga menyulitkan pergerakan. Sehingga penelitian ini perlu dilaksanakan untuk memaksimalkan proses evakuasi. Sehingga kecenderungan hasil studi ini ialah jalur evakuasi alternatif untuk moda sepeda motor. Selain itu, masyarakat pada wilayah studi merupakan masyarakat yang memiliki ternak sapi yang harus dibawa turun maupun yang akan ditengok secara berkala. Belum terdapat jalur alternatif untuk manusia maupun untuk ternak tersebut yang dapat memecah arus kendaraan pada satu jalur tertentu. Jalur tersebut haruslah merupakan jalur yang nyaman. Jalur tersebut dikaji melalui penelitian ini. Nyaman dalam hal ini dikaji melalui lebar jalan, jenis permukaan, serta angka kerusakan.

Pengkajian jalur evakuasi ini juga merupakan salah satu implementasi dari Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Resiko Bencana 2015–2030, suatu kerangka kerja yang disusun di forum United Nations. Seluruh negara termasuk Indonesia perlu mengadopsi dan mengimplementasikan sehingga upaya-upaya pengurangan resiko bencana dapat dilaksanakan secara lebih tepat sasaran sesuai kerangka kerja yang telah disepakati. Di sisi lain, upaya untuk mencapai tujuan-tujuan *Sustainable Development Goals's 2030* juga harus dicapai untuk peningkatan kesejahteraan. Salah satu dari tujuan SDG's 2030 tersebut ialah pada bidang ketahanan infrastruktur. Jalur evakuasi yang akan dikaji merupakan instrumen kesiapsiagaan bencana yang sesuai dengan Kerangka Kerja Sendai sekaligus menjadi saran masukan untuk mendukung *Sustainable Development Goals's 2030*.



Sumber: Analisis Penulis, 2017

Gambar 1. 3

Keterkaitan rumusan masalah dalam konteks irisan pencaian SDG's dan Sendai framework 20130

I.3. Tujuan dan Sasaran

Tujuan dan sasaran pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

I.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah mengkaji jalur evakuasi dan menganalisis jalur evakuasi alternatif dalam skenario *sister village* di Kabupaten Boyolali dalam mengantisipasi erupsi Gunung Merapi.

I.3.2 Sasaran

Sasaran yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan penelitian ialah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting:
 - a. Pasangan desa-desa asal dan desa-desa tujuan;
 - b. Titik kumpul di setiap desa asal
 - c. Jalur evakuasi eksisting
2. Menginput data kondisi jalan;
3. Mengkaji jalur evakuasi eksisting;
4. Melakukan analisis spasial untuk mencari jalur evakuasi alternatif untuk pasangan desa asal-tujuan menggunakan software ArcGIS;
5. Melakukan penilaian kembali mengenai kondisi jalan.

I.4. Ruang Lingkup

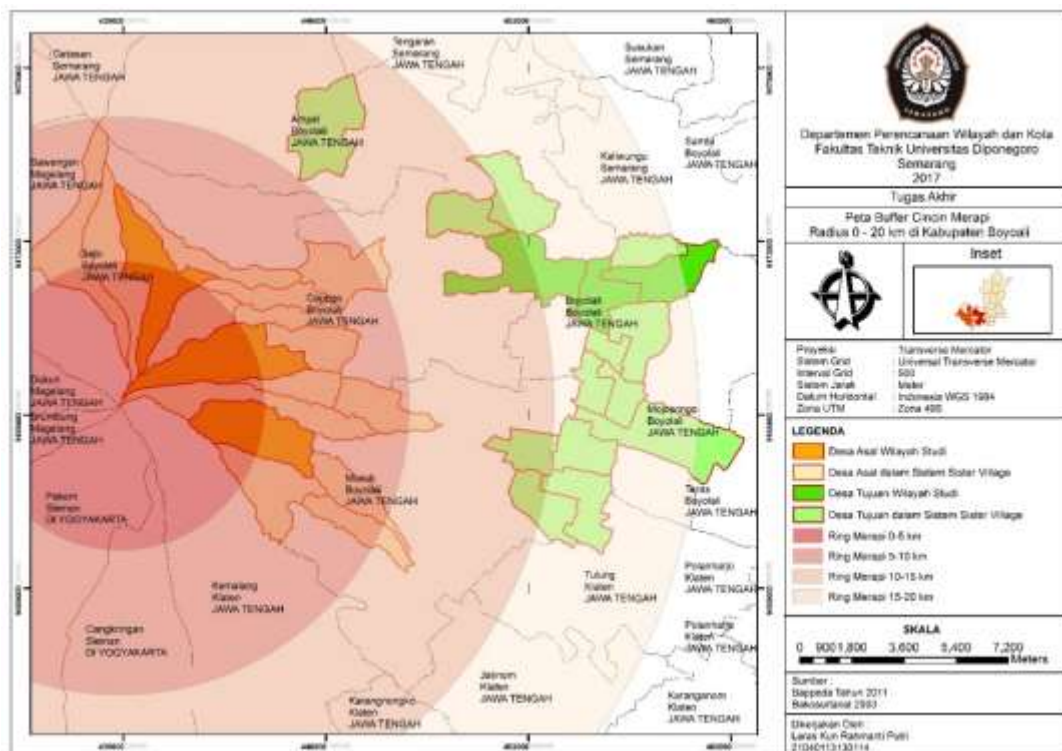
Ruang lingkup penelitian terbagi menjadi ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi. Ruang lingkup wilayah mendeliniasi batasan wilayah penelitian, sedang ruang lingkup materi membatasi materi penelitian.

I.4.1 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah dalam penelitian ialah tiga desa-desa asal dan desa-desa tujuan dalam skenario sister village di Kabupaten Boyolali. Desa-desa asal tersebut adalah:

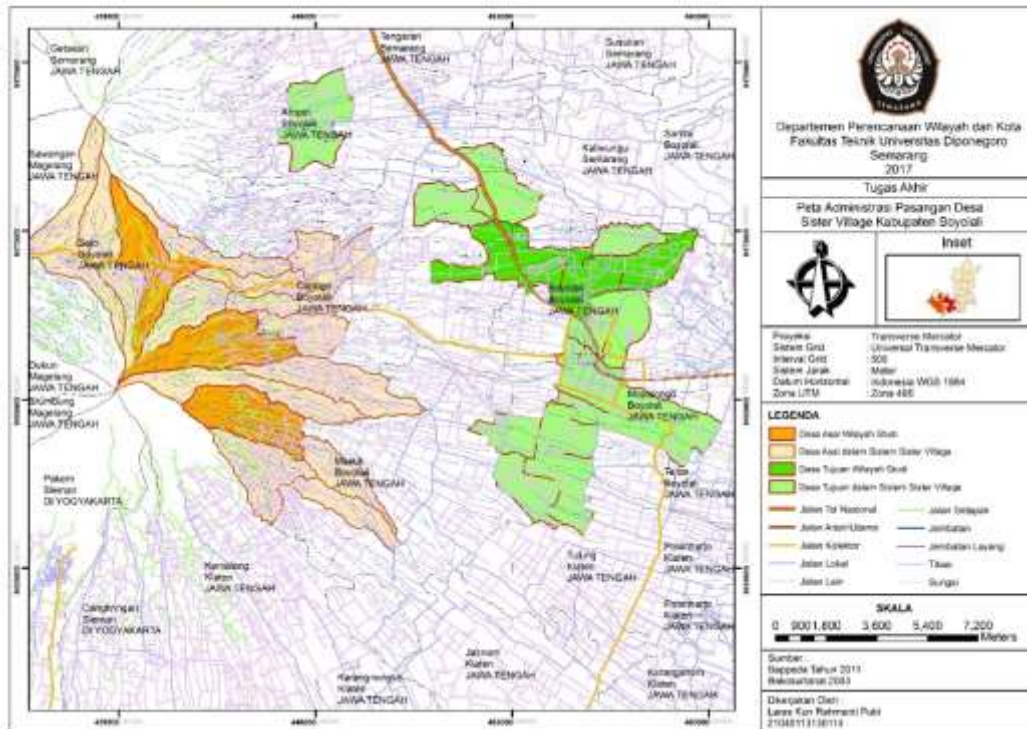
- Desa Samiran di Kecamatan Selo,
- Desa Wonodoyo di Kecamatan Cepogo khusus untuk Desa Wonodoyo Tengah dan Selatan, dan
- Desa Mriyan di Kecamatan Musuk khusus untuk Desa Mriyan Utara.

Letak desa-desa tujuan tersebut berada pada radius 15–20 km dari puncak Merapi. Lokasi desa tujuan pada radius ini dinilai aman. Cincin *buffer* per 5 kilometer ditunjukkan pada gambar 1.3 sedang peta peta ruang lingkup jaringan jalan yang akan dikaji ditunjukkan pada gambar 1.4.



Sumber: Bappeda Boyolali 2008, Diolah

Gambar 1. 4
Peta Buffer Cincin Radius 0 – 20 Kilometer di Kabupaten Boyolali



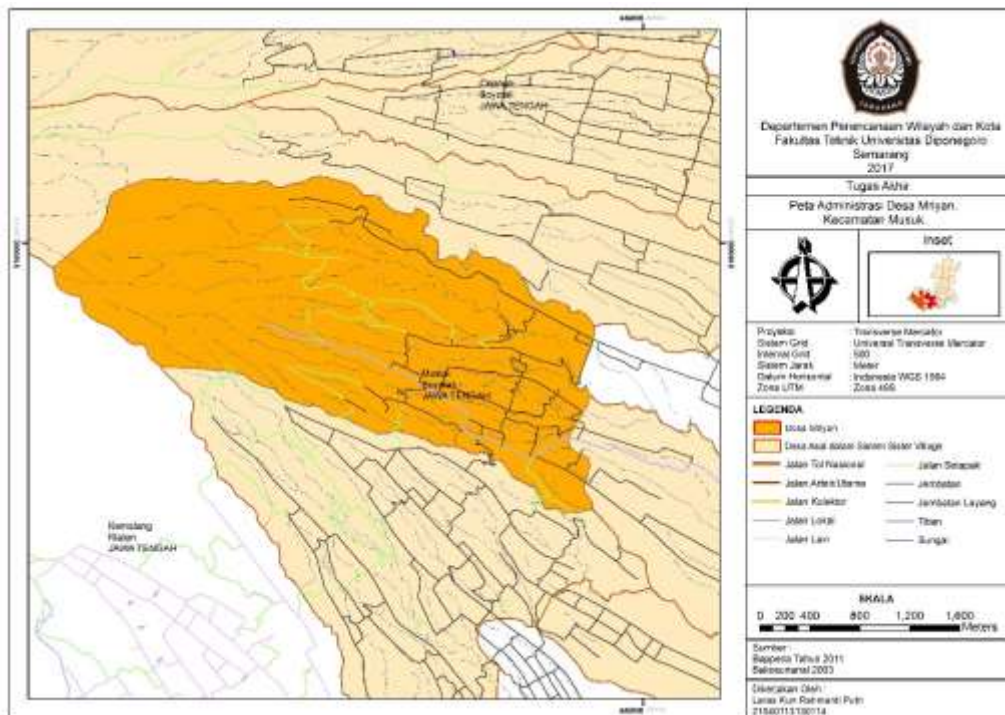
Sumber: Bappeda Boyolali 2008, Diolah

Gambar 1.5
Peta Administrasi Desa Bersaudara di Kabupaten Boyolali

Adapun justifikasi pemilihan ketiga desa asal tersebut adalah :

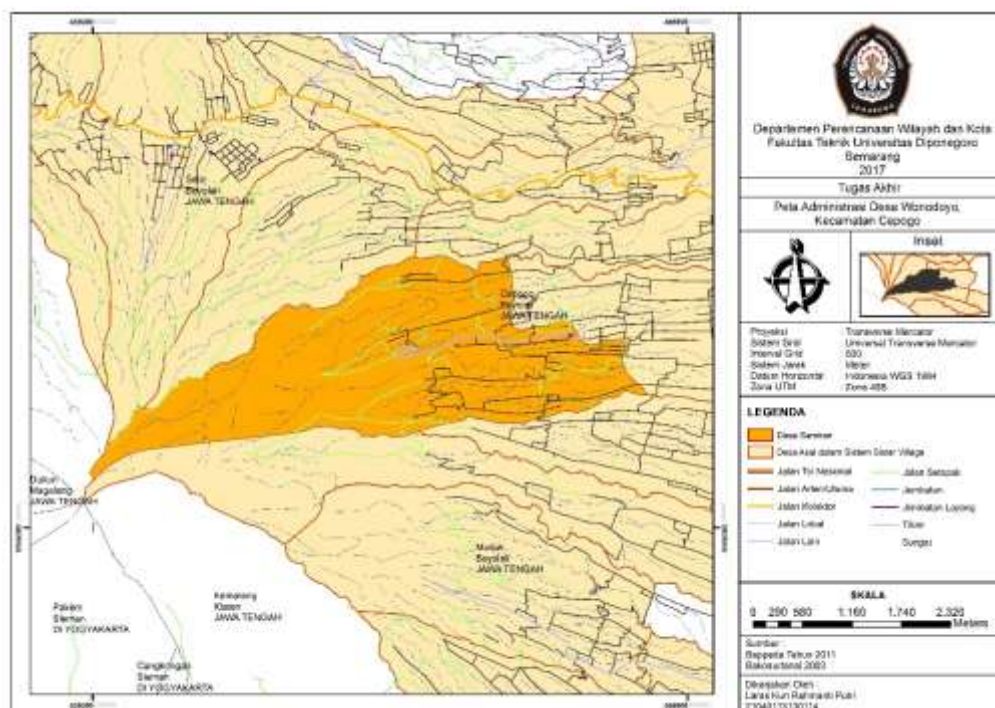
- Desa Mriyan, karena letaknya permukiman yang paling dekat dengan kawah Gunung Merapi dibanding desa lain dalam satu kecamatan;
- Desa Wonodoyo, karena karakteristiknya yang unik dimana permukiman-permukimannya terpisah oleh jurang dan sungai-sungai sehingga masing-masing memerlukan jalur yang berbeda-beda ;
- Desa Samiran, karena merupakan desa wisata sehingga potensi korban meningkat yakni jumlah penduduk lokal dan wisatawan.

Gambar 1.5; 1.6; dan 1.7 masing-masing merupakan peta administrasi Desa Mriyan, Desa Wonodoyo, dan Desa Samiran.



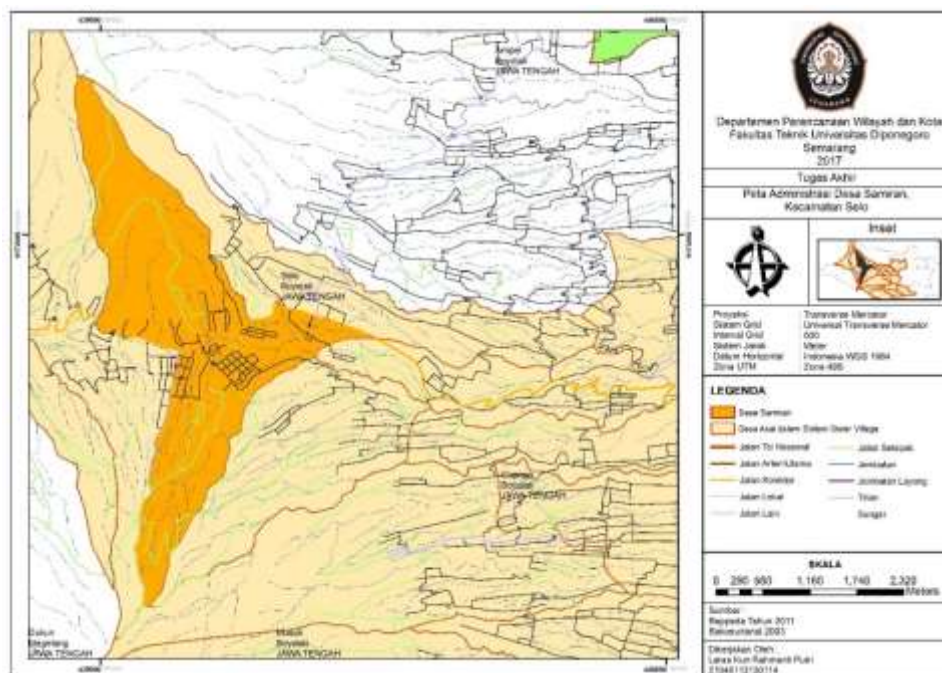
Sumber: Bappeda Boyolali 2008, Diolah

Gambar 1. 6
Peta Batas Administrasi Desa Mriyan, Kecamatan Musuk



Sumber: Bappeda Boyolali 2008, Diolah

Gambar 1. 7
Peta Batas Administrasi Desa Wonodoyo, Kecamatan Cepogo



Sumber: Bappeda Boyolali 2008, Diolah

Gambar 1. 8
Peta Batas Administrasi Desa Samiran, Kecamatan Selo

Batas-batas desa wilayah studi ialah :

- i. Sebelah Utara : Kecamatan Ampel, Kabupaten Boyolali dan Kecamatan Sawangan, Kabupaten Magelang
- ii. Sebelah Timur : Desa Cepogo, Mliwis, Gedangan, Jombang (Kecamatan Cepogo); Kembangsri, Ringinlarik, Sruni, Karangkendal (Kecamatan Musuk).
- iii. Sebelah Selatan : Kecamatan Turi, Pakem, Cangkringan (Kabupaten Sleman, Provinsi DIY); Kecamatan Kemalang (Kabupaten Klaten)
- iv. Sebelah Barat : Kecamatan Dukun dan Srumbung (Kabupaten Magelang).

I.4.2 Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi dalam penelitian ini ialah kajian jalur evakuasi dalam skenario *sister village* di Kabupaten Boyolali dalam mengantisipasi bencana erupsi Gunung Merapi. Ruang lingkup materi pada penelitian ini ialah: kajian jalur evakuasi eksisting dan analisis serta penetapan jalur evakuasi alternatif dari desa asal/desa bencana (*origin*) menuju desa tujuan/desa aman (*destination*). Untuk itu, dibutuhkan data-data jaringan jalan dan jembatan yang menghubungkan desa-desa asal dengan desa-desa tujuan

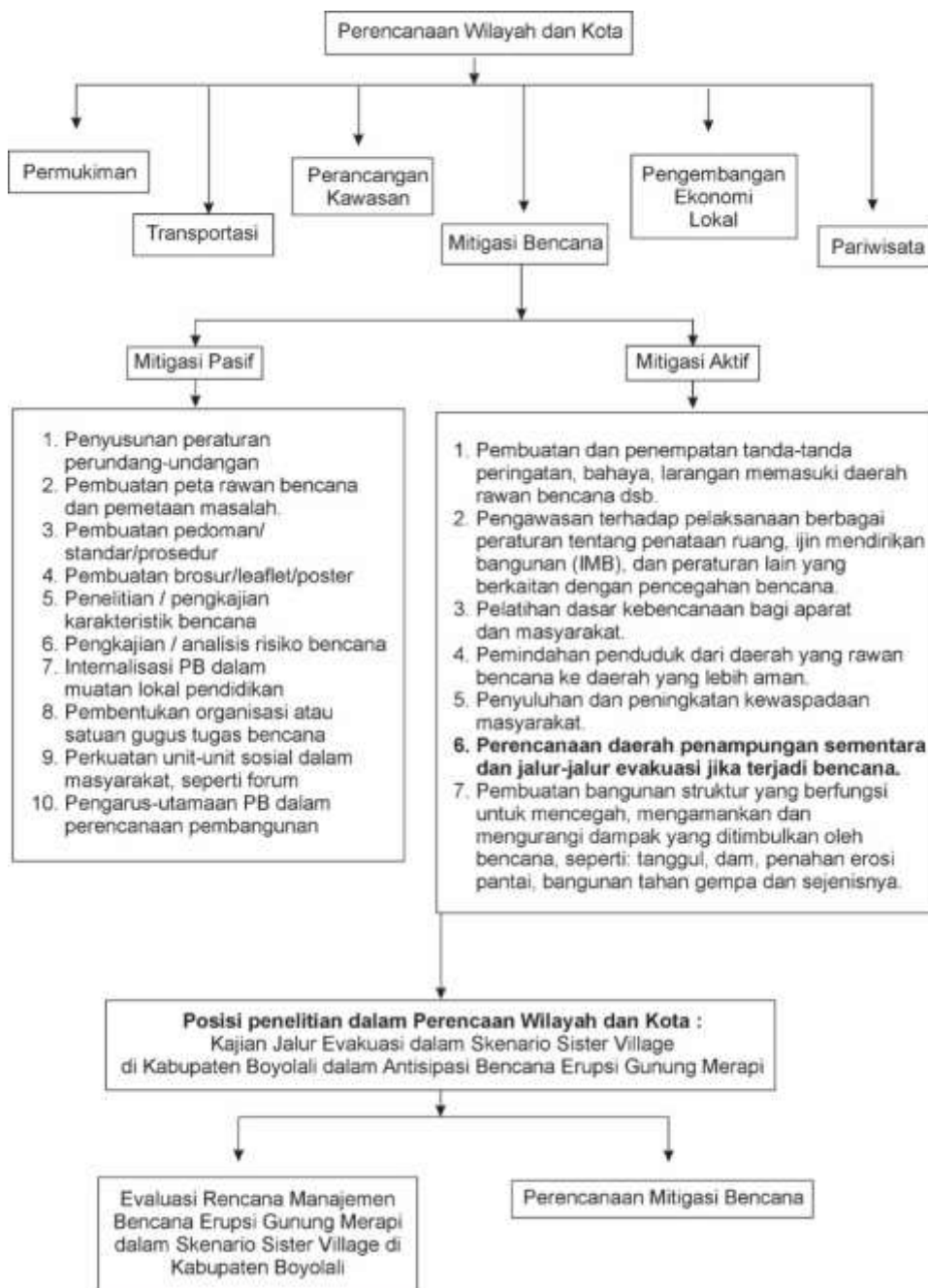
I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua, yakni manfaat praktis dan akademis:

1. Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi sumbangan pemikiran mengenai proses evakuasi yang berjalan menggunakan konsep *sister village*. Selain itu, juga dapat memberi masukan bagi pemerintah untuk meningkatkan kualitas jalur evakuasi alternatif.
2. Secara akademis, penelitian ini dapat menambah ilmu pengetahuan bagi penulis maupun pihak-pihak lain dalam pemilihan jalur evakuasi khususnya dalam bencana erupsi gunung berapi. Penelitian juga menyajikan pengetahuan mengenai kontribusi *sister village* dan jalur evakuasi dalam spektrum yang lebih luas, yakni bahwa jalur evakuasi dapat turut berperan dalam pengembangan wilayah desa.

I.6. Posisi Penelitian dalam Bidang Ilmu Perencanaan Wilayah dan Kota

Perencanaan wilayah dan kota memiliki banyak konsentrasi ruang lingkup studi seperti permukiman, transportasi, pengembangan desa, pariwisata, dan termasuk salah satunya ialah lingkup studi mitigasi bencana. Mitigasi bencana ialah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Salah satu upaya mengurangi risiko tersebut ialah perencanaan lokasi-lokasi pengungsian serta jalur evakuasi untuk menuju tempat pengungsian tersebut. Penelitian ini mengkaji mengenai jalur evakuasi dari zona bahaya (*origin*) menuju zona aman (*destination*). Posisi penelitian dalam bidang perencanaan wilayah dan kota ditunjukkan pada gambar 1.9 berikut.

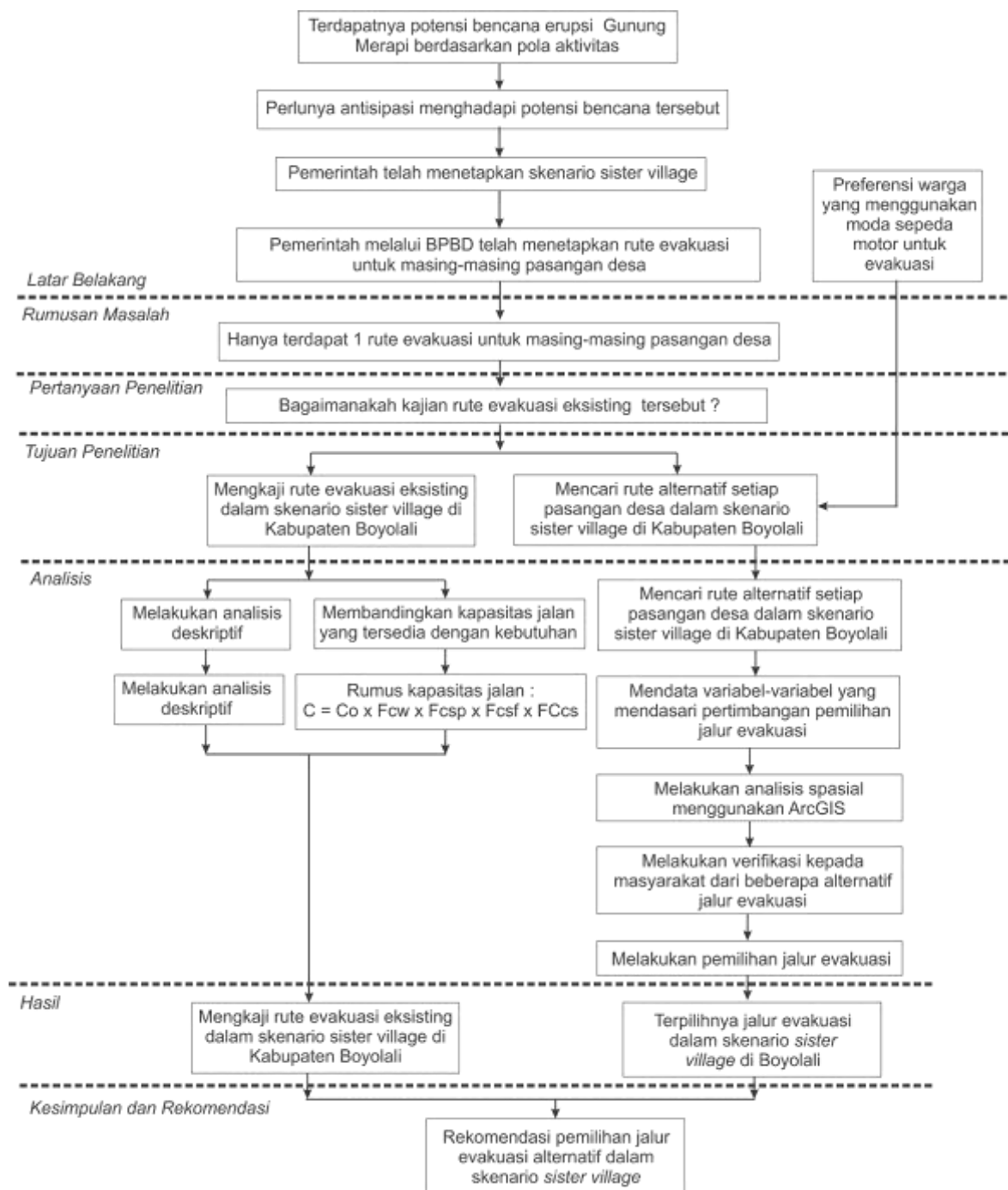


Sumber: Perka BNPB 4 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana

Gambar 1. 9
Posisi Penelitian dalam Perencanaan Wilayah dan Kota

I.7. Kerangka Pemikiran

Bagan kerangka pemikiran ditunjukkan pada gambar 1.10 di bawah ini.



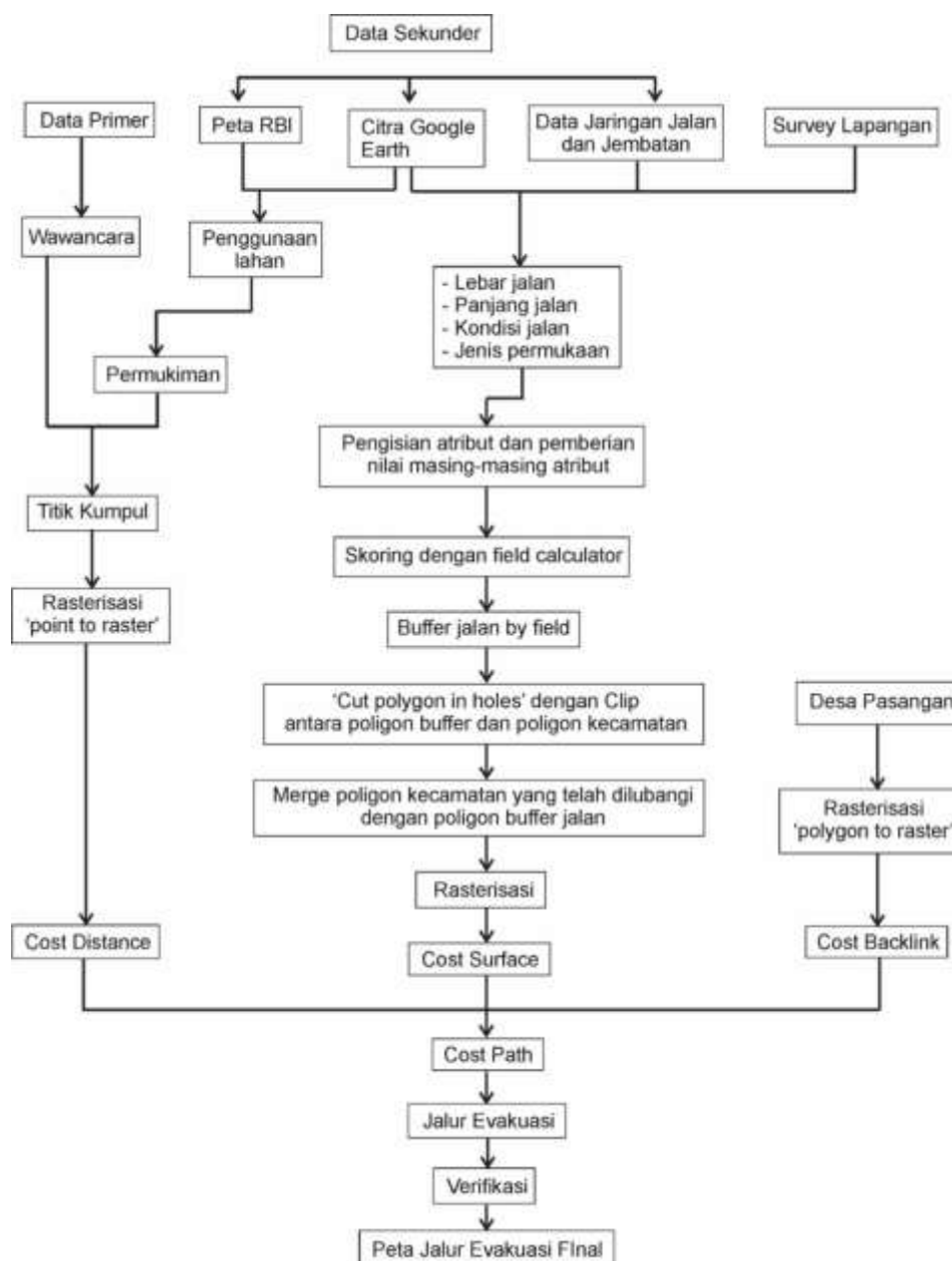
Sumber: Analisis Penyusun, 2017

Gambar 1. 10
Kerangka Pemikiran Penelitian

I.8. Metodologi Penelitian

I.8.1 Kerangka Analisis

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif spasial, yakni pemberian skoring dan bobot pada himpunan data raster dari beberapa variabel, yakni: 1) lebar jalan; 2) kerusakan jalan; 3) panjang jalan; dan 4) jenis permukaan. Metode ini menggunakan analisis raster *Least-Cost Path*. Gambar 1.11 berikut ialah bagan kerangka analisis dengan metode Least-Cost Path



Sumber: Analisis Penulis, 2017

Gambar 1. 11
Kerangka Kerja Studi

Least-Cost Path ialah analisis raster, sehingga himpunan data yang akan dijalankan berupa grid-grid atau pixel. Grid-grid atau pixel-pixel yang memiliki jumlah nilai (*value*) **terendah** dari titik awal hingga titik akhir-lah yang akan dipilih sebagai rute. Metode ini memiliki tujuan yang sama dengan *network analysis* tetapi berbeda dalam prosesnya. Dalam *least-cost path analysis*, dataset jalan diisi data atribut untuk setiap variabel.

I.8.2 Metode Pengumpulan Data Penelitian

Teknik pengumpulan dan analisis masing-masing data dijabarkan pada Tabel I.3 sebagai berikut :

Tabel I. 3
Tabel Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Sasaran	Jenis Data	Teknik Pengumpulan	Metode Analisis	Hasil
1. Mengidentifikasi kondisi eksisting :				
a. pasangan desa-desa asal dan desa-desa tujuan	Data primer	Wawancara dan telaah dokmen kepada BPBD Boyolali	pemetaan	Peta pasangan desa asal-desa tujuan.
b. Mengidentifikasi titik kumpul di setiap desa asal	Data primer	Plotting pada peta kepada Kepala Desa	pemetaan	<i>Shapefile</i> titik kumpul sementara setiap desa.
c. Mengidentifikasi jalur evakuasi eksisting	Data primer	Plotting pada peta kepada Kepala Desa	pemetaan	<i>Shapefile</i> jalur evakuasi eksisting setiap desa.
2. Mengidentifikasi kondisi jaringan jalan;	Data primer dan sekunder	Lebar jalan	Memberi nilai atribut pada <i>dataset</i> 'jalan'.	Dataset 'jalan' yang memiliki atribut.
		Kondisi jalan		
		Jenis perkerasan		
		Panjang jalan per segmen		
3. Mengkaji jalur evakuasi eksisting	Data primer	Observasi kondisi jalan	<ul style="list-style-type: none"> Perhitungan kapasitas jalan Komparasi antara eksisting dan target. 	Penilaian kinerja jalur evakuasi eksisting
	Data sekunder	Telaah data BPS jumlah penduduk		
		Traffic counting (?)		
4. Melakukan analisis spasial untuk pencarian jalur evakuasi;	Data sekunder berupa <i>shapefile</i> 'jalan'.	Menyalin file dari DPU Boyolali.	Melakukan analisis <i>least-cost path</i> menggunakan software ArcGIS menggunakan <i>Spatial Analyst tool</i> yaitu <i>tool</i> : " <i>Cost Backlink</i> ", " <i>Cost Distance</i> ", dan " <i>Cost Path</i> ".	Jalur evakuasi terpilih pada masing-masing pasangan desa Mriyan, Wonodoyo, dan Samiran
5. Melakukan penilaian kembali terkait kondisi eksisting jalan.	Data primer	Pendataan hasil analisis dan hasil obeservasi.	Komparasi hasil temuan dengan hasil observasi lapangan	Jalur evakuasi final untuk pasangan desa Mriyan, Wonodoyo, dan Samiran.

Sumber: Analisis Penulis, 2017

I.8.3 Metode Analisis Data

Terdapat dua analisis dalam penelitian, yakni perhitungan kapasitas jalan sebagai kajian dan analisis least-cost path sebagai metode pencarian jalur evakuasi alternative.

A. Perhitungan Kapasitas Jalan Luar Kota

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan persatuan jam yang melewati suatu titik di jalan dalam kondisi yang ada. Untuk jalan dua-lajur dua-arah, kapasitas didefinisikan untuk arus dua-arah (kedua arah kombinasi). Persamaan dasar untuk penentuan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

C_0 = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_W = faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

- **Kapasitas Dasar**

Kapasitas suatu segmen jalan untuk suatu set (smp/jam) kondisi yang ditentukan sebelumnya (geometri, pola arus lalu-lintas dan faktor lingkungan). Penentuan kapasitas dasar didasarkan pada tipe jalan dan tipe alinyemen. Pada wilayah studi, tipe jalan yang akan dihitung kapasitasnya studi ialah jalan bertipe dua-lajur-dua-arah tak terbagi (2/2 UD) dengan tipe alinyemen gunung. Untuk kapasitas dasarnya dijabarkan pada Tabel I.4 berikut :

Tabel I. 4
Tabel Kapasitas Dasar Jalan Bertipe 2/2 UD

Tipe jalan/ tipe alinyemen	Kapasitas dasar total kedua arah (smp/jam)
Dua-lajur tak-terbagi	
- datar	3100
- bukit	3000
- gunung	2900

Sumber: MKJI, 1997

- **Faktor Penyesuaian Lebar Jalur (FCW)**

Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat lebar jalur lalu-lintas. Untuk tipe jalan dua-lajur tak terbagi, faktor penyesuaian lebar jalur dijabarkan pada Tabel I.5 berikut (total kedua arah):

Tabel I. 5
Tabel Faktor Penyesuaian Lebar Jalur pada Jalan Bertipe 2/2 UD

Lebar efektif jalur lalu lintas (W_C) (m)	FC_W
5	0,69
6	0,91
7	1,00
8	1,08
9	1,15
10	1,21
11	1,27

Sumber: MKJI, 1997

- **Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah**

Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi). Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat pemisahan arah (hanya untuk jalan dua arah tak terbagi). Untuk jalan dua-lajur 2/2 tak terbagi, faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah dijabarkan pada Tabel I.6 berikut:

Tabel I. 6
Tabel Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisah Arah pada Jalan Bertipe 2/2 UD

Pemisahan arah SP %-%	50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FC_{SPB}	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber: MKJI, 1997

- **Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping**

Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar akibat hambatan samping sebagai fungsi dari lebar bahu. Untuk tipe jalan 2/2 UD, faktornya dijabarkan pada Tabel I.7 berikut:

Tabel I. 7
Tabel Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping pada Jalan Bertipe 2/2 UD

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{SF})			
		Lebar bahu efektif W_S			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber: MKJI, 1997

Penentuan kelas hambatan samping ditentukan dari frekuensi berbobot dan kejadian per 200 meter. Pengkelasan hambatan samping dijabarkan pada tabel I.8 di bawah:

Tabel I. 8
Tabel Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping pada Jalan Bertipe 2/2 UD

Kelas Hambatan Samping	Kode	Frekuensi berbobot dan kejadian (kedua sisi)	Kondisi khas
Sangat rendah	VL	< 50	Pedesaan: pertanian atau belum berkembang
Rendah	L	50 – 150	Pedesaan: beberapa bangunan dan kegiatan samping jalan
Sedang	M	150 – 250	Kampung : kegiatan permukiman
Sangat tinggi	VH	250 – 350	Kampung: kbeberapa kegiatan pasar
Tinggi	H	> 350	Hampir perkotaan: banyak pasar/kegiatan niaga

Sumber: MKJI, 1997

Gambar 1.12 di bawah menjabarkan beberapa macam hambatan samping pada jalan luar kota:



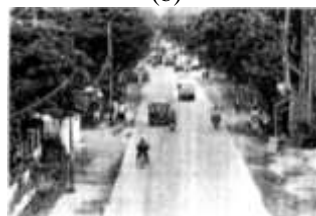
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Sumber: MKJI, 1997

Gambar 1. 12
Macam-macam hambatan samping pada jalan luar kota:
(a) sangat rendah, (b) rendah, (c) sedang, (d) rendah, (e) sangat rendah

- **Ekivalen Mobil Penumpang**

Ekivalensi mobil penumpang adalah faktor pengali masing-masing tipe kendaraan terhadap kendaraan ringan (sebagai acuan) dalam arus campuran, sehingga dihasilkan nilai satuan mobil penumpang. Satuan mobil penumpang ialah satuan arus lalu lintas. Tabel I.9 di bawah menjabarkan berbagai tipe kendaraan. Tabel I.10 menjabarkan faktor pengali untuk masing-masing tipe kendaraan.

Tabel I. 9
Tabel Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping pada
Jalan Bertipe 2/2 UD

Kode	Pengertian	Penjelasan
LV	Kendaraan Ringan	Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, truck pick-up, truk kecil, minibus, dan jeep sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).
MHV	Kendaraan Berat Menengah	Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 - 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda (dua gandar), sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
HV	Kendaraan Berat	Kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda (meliputi bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).
MC	Sepeda Motor	Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).

Sumber: MKJI, 1997

Tabel I. 10
Tabel Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping pada
Jalan Bertipe 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus total (kend./jam)	emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					lebar jalur lalu-lintas (m)		
<6m	6 – 8 m	> 8m					
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

Sumber: MKJI, 1997

B. Least Cost Path

Least-Cost Path ialah suatu cara/metode untuk menentukan rute dengan ‘biaya terendah’ dari satu titik (*origin*/desa asal) menuju titik lain (*destination*/desa tujuan) yang masing-masing sudah ditentukan lokasinya. Biaya yang dimaksud ialah tingkat kemudahan untuk melalui segmen jalan pada wilayah studi. Least-Cost Path ialah analisis raster, sehingga himpunan data yang akan dijalankan berupa grid-grid atau pixel. Logika dalam *least-cost path* ialah bahwa grid-grid atau pixel-pixel yang memiliki jumlah nilai (*value*) **terendah** dari titik awal hingga titik akhir-lah yang akan dipilih sebagai rute. Jalan yang baik dan terpilih ialah jalan yang memiliki nilai *pixel* rendah atau kecil, karena nilai pixel tersebut merupakan *cost* atau biaya. Sehingga jalan yang terpilih ialah jalan yang memiliki nilai pixel/biaya terendah. Metode ini memiliki tujuan yang sama dengan *network analysis* tetapi berbeda dalam prosesnya. Dalam *least-cost path analysis*, dataset jalan diisikan data atribut untuk setiap variabel.

Pemilihan penggunaan analisis *Least-Cost Path* ialah berdasarkan pemikiran bahwa warga membutuhkan jalur alternatif dalam melakukan proses evakuasi di luar jalur evakuasi utama. Jalur alternatif tersebut Parameter-parameter tersebut antara lain:

- a. Lebar jalan: Jumlah kendaraan (penduduk) yang dapat melintasi satu segmen jalan ditentukan oleh lebar jalannya, semakin lebar jalan maka semakin banyak kendaraan (penduduk) yang dapat melintasinya, serta semakin mudah dan nyaman jalan tersebut dilalui. Oleh karena itu, lebar jalan menjadi parameter dalam kajian jalur evakuasi ini.
- b. Kondisi jalan: Parameter ketiga ialah kondisi jalan karena menentukan kemudahan dan kecepatan serta waktu orang melaluinya, dimana semakin baik kondisi jalan maka semakin mudah orang melaluinya. Kondisi jalan dinilai dari jenis dan angka kerusakan jalan. Semakin kecil angka kerusakan jalan, maka semakin mudah jalan tersebut dilalui.
- c. Jenis permukaan: Jenis permukaan jalan bervariasi dari aspal, beton, dan lain-lain. Masing-masing dari jenis permukaan ini berpengaruh terhadap kemudahan kendaraan melaluinya.
- d. Panjang jalan: Justifikasi dari parameter panjang jalan ialah bahwa di setiap penelitian, parameter ini selalu diperhitungkan karena merupakan parameter langsung dalam menentukan panjang pendeknya suatu rute. Semakin pendek suatu rute maka semakin baik pula.

Masing-masing parameter ini menjadi ‘*field*’ dalam ‘*attribute table*’ pada *dataset* ‘jalan.shp’. Kemudian masing-masing *field* untuk masing-masing *feature* diisikan data secara manual berdasarkan hasil survey melalui perintah *start editing*. Analisis Least-Cost Path

dijalankan menggunakan software ArcGIS. Analisis *Least-Cost-Path* atau analisis jalur biaya terendah adalah analisis yang menghasilkan jalur dengan biaya minimum atau efektif untuk menempuh dari suatu titik menuju titik tujuan. Pada contoh pembangunan jalur pipa di Sleman, kriteria yang digunakan untuk menentukan biaya ialah kriteria penggunaan lahan, keberadaan sungai, deliniasi daerah rawan bencana, kemiringan lahan, serta arah lereng. Pada studi ini, kriteria yang digunakan adalah panjang jalan, lebar jalan, kondisi jalan, jenis permukaan jalan, serta preferensi masyarakat dalam menggunakan jaringan jalan. Analisis ini berada pada '*Distance*' *Toolset* di bawah '*Spatial Analyst*' *toolbox* dan menggunakan data berbentuk raster. Sehingga data-data masukan yang masih berbentuk vector harus dikonversi terlebih dahulu menjadi raster melalui '*polygon to raster*' *tool* di bawah '*to raster*' *toolset* di bawah '*Conversion*' *toolbox*.

Pada tahap *buffer*, angka 3 meter dipilih sebagai besaran *buffer* sehingga menghasilkan lebar jalan 6 meter. Pemilihan angka 3 meter ini dimaksudkan agar proses eksekusi raster berjalan lebih cepat dan memudahkan visualisasi. Adapun ukuran pixel pada analisis ini ialah 5x5 meter sehingga *value* pada pixel representatif terhadap jalan. Sebelum menjalankan *tools*, ekstensi '*Spatial Analyst*' diaktifkan terlebih dahulu pada jendela '*Windows*' > '*Extension*'. Dalam proses eksekusi, analisis ini melalui empat (4) tahap, yakni:

- 1) menghitung biaya permukaan atau '*cost surface*' atau '*cost raster*' dengan menjalankan perhitungan *Field Calculator* pada tabel atribut jalan. Pada tahap ini, masing-masing parameter diberi skor dan bobot. Tujuan dari tahap ini ialah melakukan penilaian 'biaya' pada permukaan bumi di wilayah studi. Pada kasus pencarian rute untuk pembangunan jalan atau jalur pipa pada referensi, seluruh permukaan bumi yang dinilai, sehingga jalur yang mungkin terpilih dapat berada di koordinat manapun. Sedangkan pada studi ini, permukaan yang akan digunakan hanyalah pada permukaan yang jalan, tidak lainnya. Sehingga permukaan yang bukan jalan diberi skoring tinggi agar tak dipilih oleh ArcGIS dalam proses. Tabel IV.1; IV.2; IV.3; IV.4; dan IV.5 menjabarkan bobot dan skor masing-masing kriteria pada studi. Nilai-nilai ini merupakan adopsi dari penelitian sebelumnya serta menyesuaikan dengan kondisi lapangan.

a) Lebar Jalan (skor 33%)

Tabel I.11 di bawah menunjukan pengkelasan lebar jalan dan skor masing-masing kelas.

Tabel I. 11
Tabel Skoring Lebar Jalan

Lebar Jalan	Skor
>= 6 meter (lebih dari 2 mobil)	10
>5 - <= 6 meter (2 mobil atau lebih)	20
>4 - <=5 m (1 mobil dan 1 sepeda motor; 2 mobil)	30

>3.5 – <= 4 m	40
>2.5 – <= 3.5 m (2 sepeda motor atau 1 mobil)	50
>0.5 – <=2.5 m (1 sepeda motor)	80
bukan jalan	10000

Sumber: Ardana dalam Harsini, 2014 dan Modifikasi Penulis

b) Kerusakan Jalan (skor 25%)

Penilaian kerusakan jalan dilakukan dengan metode Bina Marga yang dijelaskan dalam “Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan Kota” No. 018/T/ BNKT/ 1990. Pengenalan dan identifikasi jenis-jenis kerusakan jalan didapat dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 15/PRT/M/2007 tentang “Pedoman Survei Kondisi Jalan Tanah dan atau kerikil dan Kondisi Rinci Jalan Beraspal untuk Jalan Antar Kota”. Meski begitu, pada beberapa segmen jalan yang mengalami kerusakan parah diberi skor lebih besar. Hal ini karena beberapa kerusakan yang memiliki skor sama memiliki tingkat penghambatan yang berbeda. Tabel I.12 menjabarkan pengkelasan angka kerusakan serta skor masing-masing kelas.

Tabel I. 12
Tabel Skoring Angka Jalan

Angka Kerusakan	Skor
0	10
1 – 3	20
4 – 5	30
6 – 7	40
8 – 9	50
10 – 11	60
12 – 13	70
15 – 20	90
bukan jalan	10000

Sumber: Ardana dalam Harsini, 2014 dan Modifikasi Penulis

c) Jenis Permukaan (skor 22%)

Jenis permukaan jalan mempengaruhi kecepatan dan kemudahan melaluinya. Tanah memiliki skor yang lebih baik daripada kerikil dan batu karena tanah bersifat padat dan cenderung rata. Sedangkan kerikil dan batu tidak bersifat padat dan tidak rata sehingga lebih menghambat. Tabel I.13 berikut menjabarkan pengkelasan dan skor jenis permukaan jalan.

Tabel I. 13
Tabel Skoring Jenis Permukaan Jalan

Jenis	Skor
Aspal	10
Aspal-beton	20
Beton	30

Jenis	Skor
Paving	40
Aspal/beton dan rumput/tanah	50
Tanah	60
Aspal-kerikil	70
Rumput	80
Tanah berbatu/pasir batu	90
Batu	100
Bukan jalan	10000

Sumber: Ardana dalam Harsini, 2014 dan Modifikasi Penulis

d) Panjang Jalan (20%)

Panjang jalan dihitung dari segmen jalan per persimpangan. Tabel I.14 berikut menjabarkan pengkelasan dan skor panjang jalan.

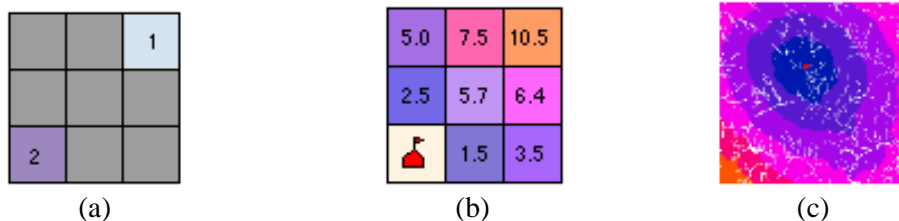
Tabel I. 14
Tabel Skoring Kondisi Jalan

Kelas (meter)	Skor
<=100 m	10
>=100 – <200 m	20
>=200 – <300 m	30
>=300 – <400 m	40
>=400 – <500 m	50
>=500 – <1000 m	60
>=1000 – < 1500 m	70
>1500 m	80
not road	10000

Sumber: Ardana dalam Harsini, 2014 dan Modifikasi Penulis

2) menjalankan ‘*Cost Distance*’ tool pada ‘*Distance*’ toolset di bawah ‘*Spatial Analyst*’ toolbox.

Tujuan dari tahapan ini ialah untuk mendapatkan nilai total dari nilai tiap-tiap sel untuk menuju ke titik sumber, dimana nilai pada tiap sel tersebut menunjukkan **jarak (biaya) terendah** berdasarkan *cost surface* yang telah didapatkan dari tahapan pertama. Untuk menjalankan *tool* ini, masukan yang dibutuhkan adalah ‘*source dataset*’ yakni ‘*original*’ dan ‘*cost surface dataset*’ yakni raster yang mengandung penjumlahan nilai-nilai atribut. Gambar 1.13 di bawah menunjukkan ilustrasi *Cost Distance*.



Sumber: Ardana dalam Harsini, 2014

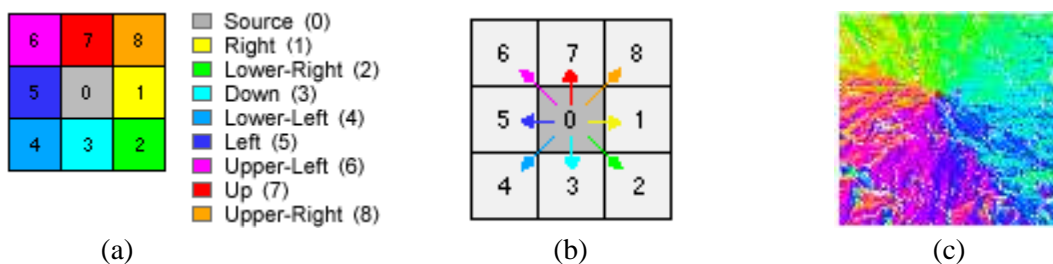
Gambar 1. 13

Ilustrasi Cost Distance:

(a) Nomor 2 ialah sel yang akan dituju dan nomor 1 ialah sel yang akan menuju; (b) Nilai tiap sel menuju sel tujuan (nomor 2), (c) Contoh jarak biaya berbobot (*cost-weighted distance*)

3) menjalankan ‘*Cost Backlink*’ tool pada ‘*Distance*’ toolset di bawah ‘*Spatial Analyst*’ toolbox.

Tujuan dari tahapan ini ialah untuk menunjukkan arah bagi tiap-tiap sel menuju sel lain dengan piksel kecil menuju ke titik sumber berdasarkan biaya terendah. Arah ini ditunjukkan dengan nilai 1–8, dimana nilai 1 menunjukkan arah timur, dan nilai 5 menunjukkan arah barat. Untuk menjalankan tool ini, masukan yang dibutuhkan adalah ‘*source dataset*’ yakni ‘*destination*’ dan ‘*cost surface dataset*’ yakni raster yang mengandung penjumlahan nilai-nilai atribut. Gambar 1.14 di bawah menunjukkan ilustrasi *Cost Backlink*.



Sumber: Ardana dalam Harsini, 2014

Gambar 1. 14

Ilustrasi Cost Back Link :

(a) Koding arah, (b) Penunjukkan arah dari sumber, (c) contoh arah biaya berbobot (*cost-weighted direction*)





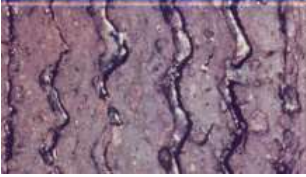
4) menjalankan ‘*Cost Path*’ tool pada ‘*Distance*’ toolset di bawah ‘*Spatial Analyst*’ toolbox.



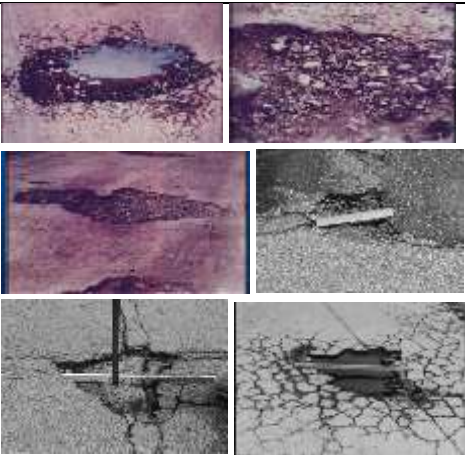

Tujuan dari tahapan ini ialah untuk mendapatkan rute dengan biaya minimum, inputnya berupa cost distance raster dan cost backlink raster dari tahap kedua dan ketiga.





- **Identifikasi Kerusakan Jalan**

Pada jaringan jalan di wilayah studi, terdapat berbagai macam kerusakan jalan yang dapat menghambat pergerakan kendaraan. Skoring mengenai kerusakan jalan tersebut dilakukan menggunakan metode Bina Marga. Pengenalan dan identifikasi jenis-jenis kerusakan jalan didapat dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 15/PRT/M/2007 tentang “Pedoman Survei Kondisi Jalan Tanah dan atau kerikil dan Kondisi Rinci Jalan Beraspal untuk Jalan Antar Kota”. Tabel I.15 berikut menjabarkan jenis-jenis kerusakan jalan tersebut.

Tabel I. 15
Tabel Jenis Kerusakan Jalan

No.	Jenis Kerusakan	Penjelasan	Gambar
1.	Close Textured	Lapisan jalan terlihat mulai terkikis namun ikatan masih kompak.	
2.	Rough	Lapisan jalan mulai terkikis	
3.	Ambles (<i>grade depressions</i>)	Penurunan setempat pada suatu bidang perkerasan yang biasanya berbentuk tidak menentu tanpa terlepasnya material perkerasan	
4.	Alur (<i>ruts</i>)	penurunan memanjang yang terjadi pada lajur jejak rodi kiri (JRKI) dan jejak rodi kanan (JRKA).	
5.	Kegemukan (<i>bleeding/flushing/fatty</i>)	Naiknya aspal ke permukaan karena kelebihan kadar aspal, sehingga permukaan perkerasan ja-lan terlihat licin, meng-kilat, danbila dilalui roda kendaraan akan tampak bekas roda ban.	

No.	Jenis Kerusakan	Penjelasan	Gambar
			
6.	Kekurusan (<i>hungry</i>)	kondisi permukaan perkerasan beraspal akibat kekurangan kadar aspal, sehingga terlihat kusam dan kurang ikatan antar batuan, atau jalan sudah berumur lama (terjadi oksidasi aspal)	
7.	Cacat permukaan (<i>desintegration</i>)	Lapisan jalan terkelupas, merupakan lanjutan dari raveling.	
8.	Lubang (<i>pothole</i>)	kerusakan perkerasan jalan setempat atau di beberapa tempat berbentuk lubang dengan berbagai variasi ukuran luas maupun kedalaman.	
9.	Pelepasan butir (<i>raveling</i>)	lepasnya butir agregat pada permukaan jalan beraspal.	
10.	Retak (<i>cracking</i>)		

No.	Jenis Kerusakan	Penjelasan	Gambar
11.	a. Retak buaya (<i>alligator/crocodile cracking</i>)	retak yang mempunyai celah lebih besar atau sama dengan 3 mm; saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil menyerupai kulit buaya.	
12.	b. Retak tidak beraturan (<i>irregular crack</i>)	retak yang terjadi pada tempat-tempat tertentu yang berbentuk tidak beraturan	
13.	c. Retak melintang (<i>transversal crack</i>)	retak yang terjadi melintang tegak lurus sumbu jalan.	
14.	d. Retak memanjang (<i>longitudinal crack</i>)	retak yang terjadi memanjang atau sejajar dengan sumbu jalan.	
15.	Tambalan (<i>patching</i>)	keadaan permukaan perkerasan yang sudah diperbaiki setempat-setempat.	

Sumber: *Manual Konstruksi Dan Bangunan Survei Kondisi Jalan Untuk Pemeliharaan Rutin Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga No. 001-01 / M / BM / 2011; ASTM D6433 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys; Modul Kuliah Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Kerusakan Pada Perkerasan & Tindakan Departemen Teknik Sipil Universitas Pancasila Jakarta 2008; dan Analisis Penulis, 2017*

- **Penilaian Kerusakan Jalan**

Penilaian kerusakan jalan dilakukan menggunakan metode Bina Marga. Tabel I.16 di bawah menjabarkan skoring kerusakan jalan dengan metode bina marga:

Tabel I. 16
Tabel Skoring Kerusakan Jalan

1. Retak-retak		1. Retak-retak	
Tipe	Angka	< 1 mm	1
Buaya	5	Tidak Ada	0
Acak	4	Jumlah Kerusakan	
Melintang	3	Luas	Angka
Memanjang	1	> 30 %	3

1. Retak-retak	
Tidak Ada	1
Lebar	Angka
> 2 mm	3
1 – 2 mm	2

1. Retak-retak	
10 - 30%	2
<10%	1
0	0

2. Alur	
Kedalaman	Angka
> 20 mm	7
11 - 20 mm	5
6 - 10 mm	3
0 – 5 mm	1
Tidak Ada	0

3. Tambalan dan Lubang	
Luas	Angka
> 30 %	3
20 - 30 %	2
10 - 20 %	1
< 10%	0

4. Kekasaran Permukaan	
	Angka
Desintegration	4
Pelepasan Butir	3
Rough (Hungry)	2
Fatty	1
Close Texture	0

5. Amblas	
	Angka
> 5 /100 m	4
2 – 5 / 1 00 m	2
0 – 2/100 m	1
Tidak Ada	0

Sumber: Tata Cara Penyusunan Program Pemeliharaan Jalan Kota No. 018/T/ BNKT/ 199

I.9. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian mengenai kajian evaluasi tempat evakuasi sementara dan rute evakuasi efektif dalam menghadapi erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Boyolali ini disusun atas lima bab dengan struktur sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan sasaran, ruang lingkup wilayah dan materi, manfaat penelitian, posisi penelitian dalam bidang ilmu perencanaan wilayah dan kota, kerangka pemikiran, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan dalam penelitian ini.

BAB II MITIGASI BENCANA DAN SISTEM SISTER VILLAGE

Bab ini berisikan penjabaran mengenai Kerangka Kerja Sendai, pengertian kesiapsiagaan dan mitigasi bencana, evakuasi, konsep sister village, *Sustainable Development Goals* 2030, ketahanan infrastruktur, keterhubungan ketahanan infrastruktur dan pengembangan wilayah desa.

BAB III DESKRIPSI LOKASI STUDI DAN PROSES EVAKUASI

Bab ini berisikan penjelasan mengenai profil Gunung Merapi, gambaran umum di desa-desa bersaudara wilayah studi dari aspek fisik; aspek non fisik seperti demografi, kondisi sosial ekonomi, jumlah pengungsi pada peristiwa erupsi 2010, dan kronologi proses evakuasi pada peristiwa 2010 lalu; serta aspek sarana-prasarana seperti titik kumpul sementara dan jalur evakuasi per desa.

BAB IV KAJIAN JALUR EVAKUASI DAN TEMUAN JALUR EVAKUASI ALTERNATIF

Bab ini berisikan analisis kajian jalur evakuasi serta proses dan hasil analisis Least-Cost Path menggunakan ArcGIS dalam tiga iterasi untuk mendapatkan jalur evakuasi alternatif. Bab ini juga memuat penilaian kembali hasil analisis dengan dokumentasi survey lapangan. Peta proses, peta hasil, serta peta titik kondisi jalan ditampilkan dalam pembahasan dalam bab ini.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan hasil analisis, dan rekomendasi dari penelitian, serta rekomendasi penelitian selanjutnya. Rekomendasi ditujukan kepada pemerintah, masyarakat, serta akademisi.