

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi satu dari banyak negara yang dilewati jalur Cincin Api Pasifik, sehingga terdapat banyak gunungapi aktif. Gunungapi ini tersebar melintang di bagian selatan Indonesia dengan spesifikasi sebaran sebagai berikut.

- a) Pulau Sumatera 30 Gunungapi
- b) Pulau Jawa 35 Gunungapi
- c) Pulau Bali dan Nusa Tenggara 30 Gunungapi
- d) Pulau Sulawesi 18 Gunungapi;
- e) Kepulauan Maluku 16 Gunungapi

Gunungapi yang berada di Indonesia terbagi menjadi beberapa tipe mulai dari tipe A, B, dan C. Gunungapi A merupakan tipe gunungapi yang telah mengalami setidaknya satu kali letusan magmatik sejak tahun 1600. Gunungapi B merupakan gunungapi yang belum pernah mengalami letusan magmatik sejak tahun 1600, namun masih berpotensi meletus dengan menunjukkan tanda-tanda seperti hembusan solfatara dan aktivitas vulkanik lainnya. Gunungapi C merupakan gunungapi yang belum pernah diketahui letusannya sepanjang sejarah manusia, namun masih mempunyai tanda-tanda aktivitas gunungapi sebelumnya yang ditandai dengan adanya medan *sofatarafumarol* yang lemah (K. Kusumadinata et al., 1979).

Gunungapi Gamalama yang termasuk ke dalam tipe A merupakan salah satu gunungapi strato berbentuk kerucut hampir sempurna dengan lebar 11,6 km dan tinggi 1.715 mdpl. Gamalama menjadi salah satu gunungapi aktif di Provinsi Maluku Utara, selain Gunungapi Dukono, Gamkonora, Ibu, dan Keibesi (Pratomo et al, 2006). Kawasan Gunungapi Gamalama ini merupakan salah satu dari pulau vulkanik kecil terpadat di Provinsi Maluku Utara, yaitu Pulau Ternate dengan luas 111 km².

Gunungapi Gamalama menjadi menarik untuk dilakukan kajian lebih lanjut, karena memiliki perbedaan yang mencolok dibanding gunungapi lain di Kepulauan Maluku. Letusan Gunungapi Gamalama yang semula ditandai dengan gempa vulkanik secara beruntun lambat laun semakin berubah. Terdapat kecenderungan tanda kegempaan semakin singkat yang disusul dengan letusan besar setelahnya. Tanda letusan yang memiliki jangka waktu pendek mengakibatkan kesempatan warga untuk melakukan evakuasi mandiri juga semakin sempit dan beresiko besar. Aktivitas Letusan Gunungapi Gamalama tahun 2015 menjadi contoh semakin singkatnya tanda-tanda gunungapi ini sebelum meletus. Durasi letusan Gunungapi Gamalama cenderung relatif lama, terhitung mulai dari 16 Juli hingga 8 September 2015 lalu. Adapun data letusan tersebut disajikan dalam tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Letusan Gunungapi Gamalama

Tahun	Letusan Sebelumnya	Deskripsi
1737	(Letusan sebelumnya 1687)	Letusan terjadi pada 10-13 Maret: <i>Volcanic Explosivity Index 2</i> : Lava mengalir ke arah barat dan mencapai laut
1775	(Letusan sebelumnya 1774)	Letusan terjadi pada 5-7 September: <i>Volcanic Explosivity Index 3</i> : Sebanyak 141 orang meninggal dunia.
1840	(Letusan sebelumnya 1839)	Letusan terjadi pada 2 Februari-29 September: <i>Volcanic Explosivity Index 3</i> : Letusan memicu Tsunami di Halmahera
1980	(Letusan sebelumnya 1963)	<i>Volcanic Explosivity Index 2</i> : Sebanyak 40.000 orang dievakuasi ke Tidore, Hiri, dan Pulau Halmahera.
2015	(Letusan sebelumnya 2014)	Letusan terjadi pada 16 Juli-8 September: <i>Volcanic Explosivity Index 2</i> : Sebanyak 1791 orang dievakuasi.
2024	(Letusan sebelumnya 2018)	Sejak 1–16 April 2024 terjadi 28 kali gempa embusan, 1 kali gempa vulkanik dangkal, dan 29 gempa vulkanik dalam

Sumber : De Clereq (2001), dan Program Vulkanisme Global (2013)

Berdasarkan catatan sejarah letusan Gamalama menunjukkan kondisi yang terus berkembang sejak aktivitas bencana pertama yang terdokumentasi tahun 1510, dengan informasi rinci setidaknya ada dua fase besar yang dapat diidentifikasi dari letusan tersebut. Aktivitas Gunungapi Gamalama pada tahun 1510 hingga 1770 memiliki jangka waktu rata-rata antar letusan lebih dari 10 tahun (Pratomo dkk. 2011). Tahun 1771 hingga 2015 jangka waktu aktivitasnya berkurang dan menjadi lebih singkat, yaitu hanya berkisar 1-2 tahun. Gunungapi Gamalama biasanya meletus dari kawah pusat, namun dalam beberapa letusan yang terjadi pada tahun 1737, 1763, 1770, dan 1962-1963 menimbulkan letusan parasit dengan luapan endapan, sehingga membentuk sebuah pulau vulkanik dengan nama Pulau Ternate (Hidayat et al. 2020).

Zonasi wilayah yang berisiko terhadap letusan gunungapi dapat ditentukan berdasarkan kemungkinan terkena dampak aliran piroklastik dan/atau aliran lavanya. Luas dampak letusan gunungapi dapat diperkirakan dari peta topografi, peta geologi, observasi lapangan, dan lain-lain. Menurut Dokumen Kajian Risiko Bencana oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana, kawasan rawan bencana dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan tingkat bahayanya.

- a) Kawasan Rawan Bencana (KRB) I, Kawasan yang memiliki potensi terkena dampak material cair seperti lahar. Material lain yang potensial menimpa kawasan ini yaitu awan panas, serta material jatuhan (abu vulkanik, lontaran batu hasil letusan gunungapi, dan/atau air dengan pH tinggi).
- b) Kawasan Rawan Bencana (KRB) II, Kawasan dengan tingkat bahaya lebih tinggi karena berpotensi terlanda material cair seperti aliran lahar, lumpur panas, dan aliran lava. Selain itu material padat dan gas yang dapat menimpa Kawasan ini seperti awan panas, hujan abu yang cukup lebat, gas beracun, lontaran batu pijar, dan/atau guguran lava.
- c) Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, Kawasan dengan tingkat bahaya paling tinggi, karena sangat berpotensi terkena material langsung dari aktivitas gunungapi. Adapun material yang memungkinkan melanda Kawasan ini seperti awan panas, aliran lava, guguran lava, lontaran batu pijar, dan/atau gas beracun.

Masyarakat yang masuk ke dalam kawasan rawan bencana tersebut perlu diedukasi terkait pentingnya mitigasi bencana secara mandiri. Mitigasi bencana sendiri merupakan proses yang dilakukan untuk mengurangi dan mencegah terjadinya kerugian atau dampak negatif baik pra bencana, saat terjadi bencana, maupun pasca bencana. Tantangan utama dalam mitigasi bencana letusan gunungapi yaitu penyediaan jalur evakuasi yang aman, efektif, dan efisien sehingga mampu bekerja dengan baik dalam situasi darurat sekalipun. Jalur dengan kondisi aman tersebut juga harus dapat digunakan oleh masyarakat terdampak dari berbagai kalangan termasuk masyarakat yang mungkin membutuhkan perhatian khusus.

Masyarakat dari berbagai kalangan menjadi faktor krusial, karena merupakan subjek utama dalam kegiatan mitigasi bencana. Masyarakat rentan yang tergolong dalam status balita, anak-anak, ibu hamil, lansia dan penyandang disabilitas terkadang perlu mendapat perhatian ekstra dalam penanganan bencananya. Masyarakat rentan tersebut dikhawatirkan akan mengalami kesulitan saat evakuasi sehingga dapat mempengaruhi kecepatan dan efektivitas kondisi kardiorespirasi dalam prespektif evakuasi mandiri.

Penelitian yang berfokus pada studi kasus kawasan Gunungapi Gamalama ini juga memiliki sejumlah masyarakat rentan bencana. Adapun data masyarakat rentan bencana secara rinci dimuat dalam bentuk tabel 1.2.

Tabel 1.2 Masyarakat Rentan Bencana

Penduduk Rentan	Usia (Tahun)	Jumlah (Jiwa)
Balita	0-4	10.833
Anak-Anak	5-9	15.277
Lansia	≥ 60	13.433
Disabilitas	-	1.450
Total		40.933

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Ternate, 2022

Masyarakat rentan yang tinggal di kawasan Gunungapi Gamalama ini sebanyak 40.933 orang atau sebesar 4,4% dari jumlah penduduk keseluruhan sebesar 182.250 jiwa. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus bagi pemerintah setempat dalam pemodelan jalur evakuasi yang aman dan responsif terhadap kondisi kardiorespirasi masyarakatnya. Kajian tersebut juga tercermin dalam regulasi dan standar penanggulangan bencana yang ada baik pedoman internasional dan nasional telah menetapkan bahwa sistem evakuasi harus mempertimbangkan kebutuhan khusus dari kelompok rentan, termasuk mereka yang memiliki kondisi kesehatan tertentu. Penelitian yang ada cenderung berfokus pada desain jalur evakuasi secara umum tanpa memperhitungkan variabel penting ini, sehingga mengakibatkan ketidakmampuan sistem evakuasi dalam memenuhi kebutuhan semua kelompok masyarakat secara merata.

Berdasarkan uraian permasalahan penelitian ini menjadi penting bagi akademisi, agar semakin kritis terhadap permasalahan mengenai kebencanaan di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model jalur evakuasi yang tidak hanya efektif dalam hal keselamatan tetapi juga responsif terhadap kebutuhan kesehatan khusus masyarakat. Dengan fokus pada Gunungapi Gamalama, studi ini akan memberikan kontribusi berharga bagi pengembangan strategi mitigasi bencana yang lebih holistik dan menyeluruh. Keberhasilan penelitian ini dapat menjadi model yang dapat diterapkan di kawasan rawan bencana lainnya. Dalam hal ini peneliti mengambil tema penelitian dengan judul **“PEMODELAN JALUR EVAKUASI YANG RESPONSIF TERHADAP KONDISI KARDIORESPIRASI MASYARAKAT DI KAWASAN RAWAN BENCANA LETUSAN GUNUNGAPI : STUDI KASUS GUNUNGAPI GAMALAMA”**.

1.2 Perumusan Masalah

Gunungapi Gamalama merupakan gunung yang berada pada salah satu pulau vulkanik terdapat di Maluku Utara yaitu Pulau Ternate. Berdasarkan data BPS tahun 2023, Pulau Ternate terkhusus pada Kecamatan Pulau Ternate, Ternate Utara, Ternate Tengah, dan Ternate Selatan dihuni oleh masyarakat dengan berbagai rentang umur yang berjumlah 182.250 jiwa. Kawasan Pulau Ternate menurut

bentuk wilayahnya, memiliki potensi ancaman yang besar terlebih bencana letusan Gunungapi Gamalama.

Keterbatasan aksesibilitas karena kondisi wilayahnya yang dikelilingi oleh perairan ini sangat perlu menjadi perhatian, terlebih terdapat masyarakat terkategori rentan bencana, sehingga menjadi acuan utama dalam mengukur tingkat keberhasilan dalam tindakan pengurangan risiko bencana. Terlebih dalam skala pulau vulkanik seperti Pulau Ternate ini yang memiliki potensi kerusakan ekologis yang tinggi dan masih belum terdapat jalur khusus untuk evakuasi dari pemerintah setempat. Adapun ringkasan perumusan masalah dari problematika penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis kondisi kerentanan sosial masyarakat yang masuk ke dalam Kawasan Rawan Bencana Letusan Gunungapi Gamalama?
2. Bagaimana penentuan lokasi evakuasi yang aman terhadap bahaya Letusan Gunungapi Gamalama?
3. Bagaimana pemodelan jalur evakuasi yang responsif terhadap masyarakat terdampak letusan Gunungapi Gamalama?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah yang ada, penelitian ini dimaksudkan untuk menjawab permasalahan tersebut dengan tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisis kerentanan sosial masyarakat berdasarkan kelompok usia yang kaitannya dengan kondisi kardiorespirasi masyarakat terdampak Letusan Gunungapi Gamalama.
2. Menentukan lokasi evakuasi masyarakat terdampak Letusan Gunungapi Gamalama berdasarkan Peta Bahaya Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunungapi Gamalama.
3. Membuat pemodelan jalur evakuasi yang responsif serta efisien terhadap masyarakat terdampak letusan Gunungapi Gamalama.

1.4 Kegunaan Penelitian

Berdasarkan uraian poin rumusan masalah dan tujuan di atas, penelitian ini diharapkan dapat diperoleh kegunaan sebagai berikut :

1. Kegunaan Keilmuan (Teoritis)

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kegunaan bagi dunia pendidikan khususnya dalam pemanfaatan *Geographic Information System* (GIS) untuk membandingkan beberapa metode visualisasi dampak atau modeling dari berbagai bencana alam sehingga visualisasi tidak *overestimate* atau *underestimate* dan dapat tergolong valid atau mendekati kenyataan yang nantinya dapat menjadi bahan edukasi kepada mahasiswa ataupun masyarakat terkait dalam tindakan kemitigasian.

2. Kegunaan Praktis

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kegunaan bagi stakeholder yang berhubungan dengan penelitian ini, diantaranya :

- a) Sebagai masukan bagi pihak pemerintah berwenang guna perencanaan yang matang dalam pembuatan jalur evakuasi kebencanaan wilayah terkait untuk mengurangi dampak korban jiwa ataupun penduduk terpapar.
- b) Referensi dalam segi pembangunan agar mempertimbangkan dampak daribencana letusan Gunungapi Gamalama sehingga kerugian moril dan materil dapat diminimalisir.
- c) Acuan dalam pengawasan aktivitas Gunungapi Gamalama sehingga informasi statusnya dapat terekspos dan diketahui oleh masyarakat.

1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.5.1 Telaah Pustaka

A. Gunungapi Kepulauan Maluku

Kepulauan Maluku, yang terletak di Indonesia bagian timur, merupakan kawasan vulkanik aktif yang mencerminkan kompleksitas geologi dari Cincin Api Pasifik. Gunungapi di kawasan ini, seperti Halmahera, Seram, dan Banda,

memiliki karakteristik geologis yang bervariasi, tetapi umumnya tergolong dalam tipe stratovolcano atau kerucut yang cenderung menghasilkan letusan eksplosif. Struktur geologi di Maluku mencerminkan aktivitas vulkanik yang beragam, dengan tipe lava yang bervariasi dari basaltik hingga andesitik. Sebagai contoh, Gunung Banda Api yang terletak di Kepulauan Banda memiliki karakteristik letusan yang sangat eksplosif dengan pembentukan kaldera yang signifikan, sementara Gunungapi Gamalama di Pulau Ternate menunjukkan aktivitas yang lebih beragam dengan potensi letusan yang sering terjadi.

Keunikan geologi di Kepulauan Maluku juga dipengaruhi oleh posisi tektoniknya yang berada pada pertemuan lempeng tektonik, termasuk lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Interaksi antara lempeng-lempeng ini menyebabkan pembentukan dan aktivitas gunungapi yang intens, serta menghasilkan berbagai formasi geologis seperti kaldera, lapili, dan lahar. Kondisi ini berpengaruh pada ekosistem lokal dan dinamika lingkungan, membuat pemantauan dan studi vulkanik di kawasan ini sangat penting untuk mitigasi bencana dan perlindungan terhadap populasi yang tinggal di area berisiko tinggi. Pemahaman terhadap karakteristik gunungapi di Maluku juga memberikan wawasan penting mengenai proses geologis yang membentuk wilayah tersebut serta dampaknya terhadap lingkungan dan kehidupan manusia..

B. Bencana

Bencana adalah serangkaian kegiatan atau peristiwa yang mampu mengganggu keberlangsungan kehidupan maupun penghidupan masyarakat yang berada dalam zonanya. Bencana ini dapat terjadi karena faktor alam dan/atau faktor non alam bahkan faktor manusia, sehingga dapat menimbulkan kerugian dalam bentuk fisik, timbulnya korban, serta dampak psikologis (Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007)

Bencana terdiri dari 3 jenis antara lain yaitu, bencana alam terdiri dari gempa bumi, letusan gunungapi, angin topan, tanah longsor, kekeringan, kebakaran hutan/ lahan karena faktor alam, hama penyakit tanaman, epidemi, wabah, kejadian luar biasa, dan kejadian antariksa atau benda-benda angkasa.

Bencana non-alam terdiri dari kecelakaan transportasi, kebakaran hutan atau lahan oleh manusia, kegagalan konstruksi atau teknologi, dampak industri, pencemaran lingkungan, ledakan nuklir dan kegiatan keantariksaan. Bencana sosial berupa kerusuhan sosial serta konflik sosial dalam masyarakat.

C. Bencana Letusan Gunungapi Gamalama

Bencana letusan Gunung Gamalama di Pulau Ternate menonjol karena karakteristik unik yang membedakannya dari letusan gunungapi lainnya di Indonesia. Sebagai stratovolcano aktif, Gamalama memiliki pola letusan yang sangat dinamis dengan karakteristik eksplosif yang seringkali disertai dengan emisi material piroklastik dan aliran lava. Salah satu aspek yang menonjol adalah ketidakpastian dalam siklus letusannya, di mana letusan dapat terjadi secara sporadis dengan intensitas yang bervariasi. Contohnya, letusan pada tahun 2011 menampilkan fenomena piroklastik yang signifikan dan hujan abu tebal yang menyebabkan gangguan luas terhadap aktivitas sehari-hari penduduk serta dampak jangka panjang terhadap pertanian dan kesehatan masyarakat. Kejadian ini menggambarkan betapa bervariasinya dampak letusan pada wilayah urban dan infrastruktur yang padat penduduk.

Keunikan bencana letusan Gamalama juga terletak pada interaksi antara aktivitas vulkanik dan faktor lingkungan lokal. Pulau Ternate yang relatif kecil dan padat penduduknya membuat setiap letusan memberikan dampak yang signifikan pada komunitas lokal dan ekosistem sekitarnya. Keberadaan sistem drainase alami dan topografi pulau yang berbukit dapat memperburuk efek lahar dan banjir lahar. Selain itu, letusan Gamalama sering kali disertai dengan fenomena geologi seperti deformasi tanah yang dapat mempengaruhi stabilitas struktur bangunan dan menyebabkan ancaman lebih lanjut pasca-letusan.

Material yang dikeluarkan selama letusan Gunung Gamalama mencerminkan keragaman dan intensitas aktivitas vulkanik. Material utama yang dihasilkan mencakup abu vulkanik yang dapat mencapai lapisan atmosfer dan menurunkan kualitas udara, serta lapili dan bom vulkanik yang berpotensi menyebabkan kerusakan langsung pada area sekitarnya. Aliran lava, meskipun

kurang sering, juga dapat mempengaruhi lanskap lokal dan menyebabkan kerusakan struktural. Selain itu, letusan Gamalama sering kali diikuti dengan hujan lahar yang membawa material vulkanik ke daerah yang lebih rendah, memperburuk kerusakan lingkungan dan infrastruktur. Pemantauan dan analisis material vulkanik ini penting untuk merumuskan strategi mitigasi bencana dan memahami dampak jangka panjang dari aktivitas vulkanik terhadap masyarakat dan ekosistem di Pulau Ternate.

D. Kawasan Rawan Bencana Gunungapi

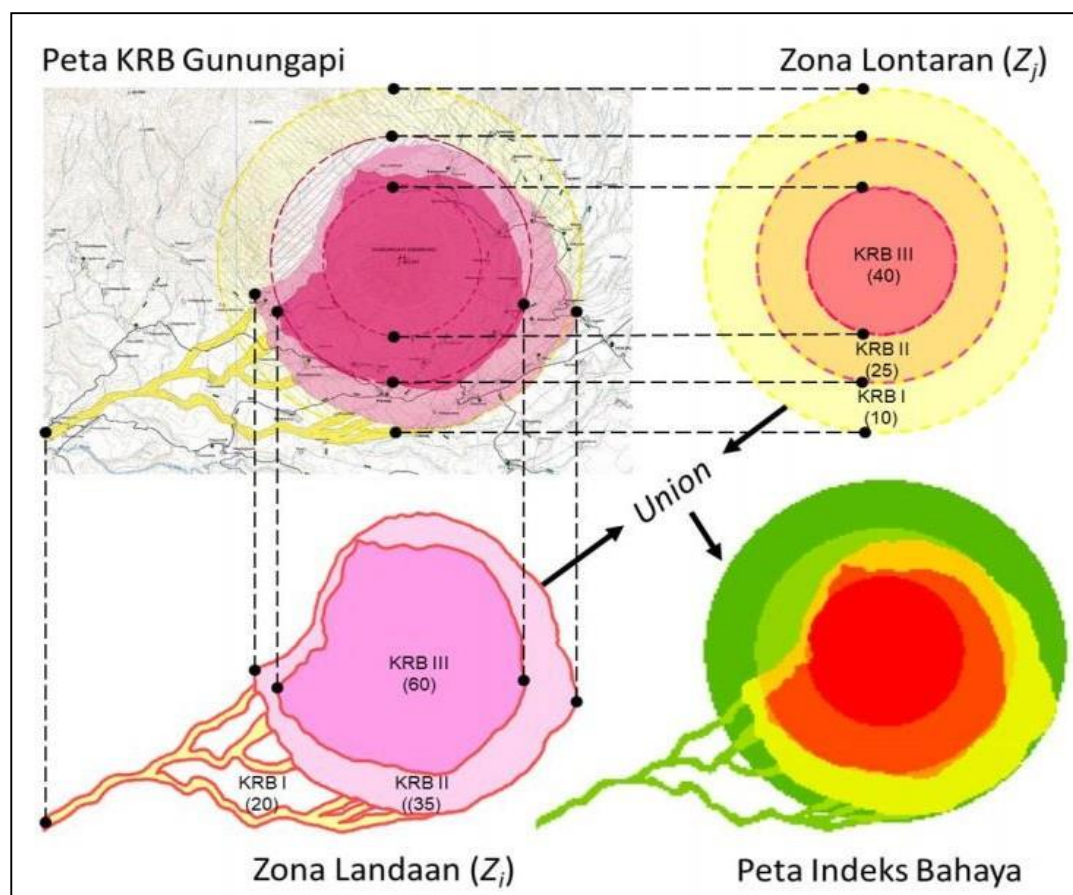
Suatu kawasan yang secara historis terkena dampak dari bencana letusan gunungapi dengan dampak langsung ataupun tidak langsung. Kawasan ini dijadikan model untuk memetakan kawasan yang kemungkinan kedepannya akan kembali terdampak ketika terjadi bencana serupa. Kawasan rawan bencana ini hanya berupa model estimasi semata, akan tetapi pada kawasan yang tidak termodelkan sebagai kawasan rawan bencana bisa saja suatu saat terkena dampak bencana dikarenakan aktivitas gunungapi yang semakin dahsyat (Marzochhi dkk, 2002).

Peraturan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No. 15 tahun 2011 dalam peraturan Mitigasi Bencana Gunungapi menegaskan bahwa model peta kawasan rawan bencana merupakan estimasi berdasarkan data historis kejadian bencana wilayah tersebut. Pemodelan tersebut digunakan untuk dasar antisipasi serta penentuan keputusan yang berguna sebagai bentuk upaya pengurangan dampak negatif terhadap bencana yang kemungkinan akan terjadi. Penentuan kawasan rawan bencana gunungapi terklasifikasi menurut dampaknya, adapun kelas bahayanya ialah sebagai berikut :

- a. Kawasan Rawan Bencana (KRB) I, Kawasan yang memiliki potensi terkena dampak material cair seperti lahar. Material lain yang potensial menimpa kawasan ini yaitu awan panas, serta material jatuhan (abu vulkanik, lontaran batu hasil letusan gunungapi, dan/atau air dengan pH tinggi).
- b. Kawasan Rawan Bencana (KRB) II, Kawasan dengan tingkat bahaya lebih tinggi karena berpotensi terlanda material cair seperti aliran lahar, lumpur

panas, dan aliran lava. Selain itu material padat dan gas yang dapat menimpa Kawasan ini seperti awan panas, hujan abu yang cukup lebat, gas beracun, lontaran batu pijar, dan/atau guguran lava.

- c. Kawasan Rawan Bencana (KRB) III, Kawasan dengan tingkat bahaya paling tinggi, karena sangat berpotensi terkena material langsung dari aktivitas gunungapi. Adapun material yang memungkinkan melanda Kawasan ini seperti awan panas, aliran lava, guguran lava, lontaran batu pijar, dan/atau gas beracun.



Gambar 1.1 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi (*Sumber : Modul Teknis KRB Gunungapi, BNPB*)

E. Mitigasi Bencana Gunungapi

Mitigasi sendiri berarti proses untuk mengurangi serta mencegah terjadinya kerugian atau dampak negatif baik pra bencana, saat terjadi bencana, maupun

setelah terjadi bencana. Dalam buku Manajemen Bencana mitigasi bencana gunungapi dilakukan dengan upaya, yaitu:

- a) Pemantauan gunungapi 24 jam dengan alat pendeteksi terjadinya gempa (*Seismograf*).
- b) Tanggap Darurat dengan mengevaluasi laporan berdasarkan data, pembentukan tim Tanggap Darurat, pengiriman tim ke lokasi, pemeriksaan secara terpadu.
- c) Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Gunungapi dapat menjelaskan jenis serta sifat bahaya gunungapi, wilayah rawan bencana, jalur penyelamatan diri, titik pengungsian, serta pos penanganan bencana.
- d) Penyelidikan gunungapi dengan metoda Geologi, Geofisika, dan Geokimia dan ilmu terapan yang diaplikasikan pada kejadian bencana terkait.
- e) Sosialisasi kepada Pemerintah Daerah maupun kepada masyarakat terutama pada daerah rawan letusan gunungapi .

Pengupaya mitigasi bencana lahar hujan menurut (Shinta, dkk 2015) dikelompokkan ke dalam upaya mitigasi non struktural, struktural dan peran masyarakat.

1. Mitigasi Non Struktural, upaya guna untuk mengurangi dampak bencana yang dilakukan dengan penentuan kebijakan perundang-undangan penanggulangan bencana (Undang Undang PB), Pengarahan RTRW, serta kesadaran masyarakat akan bencana yang terjadi didaerahnya. Kegiatan mitigasi non struktural yaitu:

- a) Pembuatan tim kerja dinas-instansiterkait pada tingkat daerah bagian untuk melakukan serta penentuan pembagian tugas dan kerja untuk upaya-upaya nonfisik penanggulangan kegiatan mitigasi bencana lahar hujan. Pengupayaan dilakukan untuk pemantauan dan penelusuranatas sarana prasarana untuk pengendalian lahar hujan serta langkah yang harus dilakukan selanjutnya,

- b) Perekomendasian perbaikan sarana prasarana untuk meminimalisir terjadinya bencana lahar hujan.
 - c) Memonitoring serta evaluasi parameter daerah rawan bencana lahar hujan yang bertujuan untuk peramalan bencana.
 - d) Persiapan peta rawan bencana lahar hujan dilengkapi dengan jalur evakuasi, titik posko, dan titik pengamatan,
 - e) Penegecakan dan pengujian sarana peringatan dini yang tersedia serta pengambilan Langkah pemeliharaan.
 - f) Pempersiapan kebutuhan logistik dan penyediaan dana, peralatan, serta material untuk kegiatan yang diperluka dalam kegiatan tanggap darurat berupa pangan dan air.
 - g) Perencanaan penyiapan SOP sebagai tanggap darurat, terdiri dari identifikasi kawasan rawan, penentuan jalur evakuasi, titik pengungsian, dan kebutuhan logistik, keperluan dapur umum, obat-obatan serta tenda darurat.
 - h) Sistem informasi bencana lahar hujan, dilakukan dengan penyampaian langsung kepada masyarakat, melalui media elektronika atau media cetak sebagai informasi bencana.
 - i) Kegiatan pelatihan evakuasi guna kesiapsiagaan masyarakat serta kesiapan tempat pengungsian dengan perlengkapan jika terjadi bencana dengan waktu yang tidak dapat ditentukan, dan
 - j) Kegiatan penyuluhan kepada masyarakat dengan peta rawan bencana lahar hujan yang berada di wilayah setempat.
2. Mitigasi Struktural, dilakukan dengan upaya meminimalan kerusakan akibat bencana dengan melakukan pembagunan prasaran fisik serta pemanfaatan teknologi. Kegiatan mitigasi struktural antara lain;
- a) Pembangunan penahan serta tanggul di sekitar sungai yang dialiri lahar.

- b) Kegiatan reboisasi di bagian hulu guna mengurangi kecepatan debit aliran, pembuatan tanggul, dan sistem pembanunan disesuaikan dengan kondisi yang terjadi.

F. Dampak Bencana

Dampak bencana yang timbul karena kejadian bencana berupa adanya korban jiwa, luka, kerusakan infrastruktur/asset, kerusakan lingkungan, kehilangan harta benda, pengungsian serta gangguan pada stabilitas sosial-ekonomi. Dampak bencana yang ditimbulkan berdasarkan tingkat ancaman (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas/ kemampuan menanggulangi bencana. Dampak bencana menurut Benson and Clay dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

- a) Dampak langsung (*Direct Impact*), berupa kerugian finansial akibat kerusakan asset ekonomi, antaranya rusaknya bangunan tempat tinggal atau tempat usaha.
- b) Dampak tidak langsung (*Indirect Impact*), berhentinya kegiatan produksi, hilangnya sumber penerimaan atau flow value dalam konteks ekonomi.
- c) Dampak sekunder (*Secondary Impact*), dampak lanjutan berupa terhambatnya kegiatan ekonomi, gangguan pembangunan yang sudah direncanakan, peningkatan angka kemiskinan dan lainnya.

Dampak langsung akibat terjadinya bencana lebih mudah untuk diperhitungkan kerugiannya dan lebih cepat diakumulasikan dengan adanya bantuan. Nilai kerusakan yang ditimbulkan akibat bencana yang ditimbulkan dari dampak tidak langsung dan dampak sekunder. Dampak lain yang dapat diakibatkan adanya bencana yaitu dampak psikologi. Dampak psikologis yaitu dampak berupa mental korban bencana dapat mengakibatkan trauma dalam skala ringan hingga berat. Dampak psikologis antaranya yaitu, kehilangan anggota keluarga, kelumpuhan, dan terjebak diantara bencana lainnya.

G. Geomorfologi Gunungapi Gamalama

Geomorfologi kawasan Gunung Gamalama di Pulau Ternate menunjukkan kompleksitas yang mencerminkan aktivitas vulkanik yang intensif. Sebagai stratovolcano yang aktif, Gamalama memiliki bentuk kerucut yang khas, dengan kemiringan yang tajam dan puncak yang sering kali ditandai dengan kawah. Struktur ini terbentuk dari akumulasi material vulkanik seperti lava, abu, dan lapili yang dikeluarkan selama letusan. Kawasan sekitar gunungapi ini ditandai oleh variasi topografi, termasuk lereng yang curam dan lembah yang terbentuk dari erosi material vulkanik. Proses geomorfologis ini dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik yang terus-menerus, yang menyebabkan perubahan pada formasi tanah dan lanskap sekitarnya.

Selain itu, keberadaan Gunung Gamalama berkontribusi pada pembentukan fitur geomorfologis tambahan seperti kaldera dan aliran lahar. Kaldera yang terbentuk dari letusan besar dapat menampung akumulasi air dan membentuk danau kawah, sedangkan aliran lahar, yang sering terjadi setelah letusan, dapat mempengaruhi lembah dan dataran rendah di sekitarnya. Proses-proses geomorfologis ini berperan penting dalam menentukan pola aliran air dan sedimentasi di daerah tersebut. Studi tentang geomorfologi Gunung Gamalama tidak hanya memberikan wawasan tentang dinamika vulkanik tetapi juga membantu dalam perencanaan dan mitigasi bencana, serta memahami dampak jangka panjang terhadap lingkungan dan penggunaan lahan di sekitar kawasan vulkanik.

H. Kerentanan

Perka BNPB Nomor 2 tahun 2012 menyatakan bahwa kerentanan merupakan suatu hal yang dapat menjadikan kondisi masyarakat menjadi tidak mampu/menjadi tidak siap dalam menghadapi kondisi darurat bencana. Pengertian kerentanan buku pelatihan kesiapsiagaan bencana menyebutkan kerentanan ialah bagian dari ketidaksiapan masyarakat dalam menghadapi suatu bencana yang disebabkan oleh faktor lingkungan. Kerentanan erat kaitannya dengan kemampuan masyarakat atau manusia untuk melindungi diri dari segala

bentuk dampak bencana yang ada tanpa bantuan eksternal. Menurut Perka BNPB Nomor 2 tahun 2012 tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana tingkat kerentanan dapat dilihat dari kerentanan fisik, kerentanan sosial, dan kerentanan ekonomi.

a) Kerentanan Fisik

Kerentanan fisik erat kaitannya dengan rawannya suatu kondisi fisik tertentu terhadap faktor-faktor yang membahayakannya. Kerentanan fisik mencakup beberapa indikator yang dapat dilihat, yaitu bentuk rumah (permanen, semi permanen atau non permanen), keberadaan dan ketersediaan bangunan, ketersediaan fasum, dan ketersediaan faskris.

b) Kerentanan Sosial

Kerentanan sosial divisualisasikan dengan indeks kerapuhan sosial terhadap faktor-faktor yang membahayakannya. Kajian kerentanan sosial menyatakan bahwa jika indeks kerentanannya tinggi, maka akan mengalami banyak kerugian. Kerentanan sosial ini dapat dilihat kepatadan penduduknya, rasio jenis kelamin, rasio kemiskinan, rasio masyarakat berkebutuhan khusus, dan rasio masyarakat berdasar kelompok usia.

c) Kerentanan Ekonomi

Kerentanan ekonomi digambarkan dengan kondisi rapuhnya sektor ekonomi terhadap kondisi yang dapat membahayakannya. Kerentanan ekonomi dapat dilihat dengan data PDRB dan luas lahan produktifnya

I. Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi menurut Perda Kabupaten Klaten No. 11 tahun 2011 tentang RTRW Kabupaten Klaten 2011 ialah rute yang dapat dilalui untuk berpindah dari lokasi terdampak bencana menuju ke lokasi diluar dampak bencana yang dapat menampung penduduk.

Dalam Permen PU No. 20 tahun 2011, disebutkan bahwa BWP (Bagian Wilayah Perkotaan) yang terletak pada zona bahaya bencana alam wajib menyediakan komponen mitigasi bencana seperti rute evakuasi maupun shelter sementara yang terintegrasi secara umum, baik di tingkat kabupaten/kota maupun

kawasan. Kriteria - kriteria perencanaan jalur evakuasi aman terhadap bencana terklasifikasi berdasarkan fungsi jaringan jalannya, yaitu (Saputra, dkk., 2019) :

- a) Jalan arteri, merupakan jenis jalan yang mampu dilalui oleh angkutan umum yang berkecepatan tinggi, serta adanya pembatasan secara efisien jika memasuki jalurnya.
- b) Jalan kolektor, merupakan jalan yang dapat dilalui oleh angkutan umum dengan kecepatan sedang, serta akses jalannya dibatasi.
- c) Jalan lokal, merupakan jalan yang hanya dapat dilalui angkutan umum lokal/setempat dengan kecepatan rerata rendah, serta tidak adanya pembatasan akses jalannya

J. Kondisi Kardiorespirasi

Kondisi Kardiorespirasi merupakan konsistensi kekuatan detak jantung, kinerja paru-paru serta pembuluh darah ketika seseorang sedang dalam kondisi berkegiatan fisik (Wahjoedi, 2000: 59). Sedangkan Djoko Pekik (2004: 27) menyatakan bahwa kondisi ini erat kaitannya dengan kemampuan fungsi organ manusia dalam mensuplai oksigen dalam kegiatan fisik. Demikian pula M. Ichsan (1988: 56) mengemukakan bahwa daya tahan kardiorespirasi merupakan kapasitas maksimal seseorang dalam menggunakan kekuatan otot dan fungsi organnya dalam waktu lama dan tidak mengalami kelelahan yang berarti.

Wahjoedi (2000: 61) mengemukakan bahwa komponen utama kesehatan jasmani diantaranya ialah fungsi dan daya tahan paru-jantung (Kardiorespirasi). Rusli Lutan (2001: 39) menyatakan bahwa secara teknik pengertian kardio (jantung), vaskuler (pembuluh darah), respirasi (paru-paru dan ventilasi), dan aerobik (bekerja dengan oksigen), istilah-istilah tersebut memaknai hal yang sama yaitu terkait kondisi fisik seseorang dalam beraktifitas fisik.

K. Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan serangkaian sistem yang mampu melakukan pengolahan, penyimpanan, analisa, serta menghasilkan data baru yang bereferensi pada data geospasial yang berguna untuk pendukung

pengambilan keputusan, bahkan perencanaan berbagai aspek (Murai & Prayito, 2000). Menurut Susianto (2018), Sistem Informasi Geografis (SIG) ialah sistem yang dapat dijalankan oleh komputer dengan tujuan pengolahan, pengaturan, penggabungan, transformasi manipulasi, dan/atau analisa data geografis.

Secara kompleks Sistem Informasi Geografis dapat melakukan penggabungan data-data dari peta digital yang mampu menggambarkan posisi atau ruang, atribut data serta korelasi antar data. Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat berjalan ketika terdapat komponen seperti dibawah ini :

- a) Perangkat Keras (*Hardware*), merupakan komponen yang menjadi wadah yang dapat menggerakkan sistem tersebut. Adapun perangkat keras yang biasanya digunakan yaitu, komputer, monitor, mouse, scanner, dll.
- b) Perangkat Lunak (*Software*), merupakan sistem yang dapat mengorganisasikan Sistem Informasi Geografis dan basis data memegang peran penting.
- c) Manajemen (*Brainware*), merupakan hasil dari sistem kecerdasan yang dibuat oleh orang yang tepat sehingga sistem tersebut dapat berjalan sesuai dengan perintah.

Sistem Informasi Geografis dalam pemanfaatannya memiliki keunggulan dalam menghasilkan data penginderaan jauh yang valid. Peranan tersebut diharapkan mampu menjadikan daya dukung seseorang atau instansi dalam merencanakan sesuatu yang baik untuk basis kelingkungan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Teknologi sistem informasi geografis ini dapat memberikan kemudahan bagi penggunaanya dalam memanfaatkan pengetahuan serta sumberdaya yang ada di sekitar kita agar dapat terakomodir dengan baik.

1.5.2 Penelitian Sebelumnya

Agung Hidayat (2022), dengan judul “The 2015 eruption of Gamalama volcano (*Ternate Island - Indonesia*): precursor, crisis management, and community response”. Penelitian ini berfokus mengukur tingkat kemampuan masyarakat dan pemerintah dalam manajemen krisis terhadap dampak bencana

Letusan Gunungapi Gamalama. Metode dalam penelitian ini menggunakan analisis data sekunder kejadian bencana Gamalama dan survei berbasis kuisioner kepada masyarakat terdampak. Adapun hasil dari penelitian ini berupa perbedaan insight masyarakat terdampak antara data kuisioner dengan data dari BPBD setempat, selain itu berdasarkan data responden masyarakat pada Pulau Ternate memiliki tingkat pengetahuan terkait dampak bahaya letusan gunungapi, yaitu sangat sadar (26%), sadar (44%), sedikit sadar (8%), dan tidak sadar (5%). Jika digabungkan responden yang sangat sadar dan sadar terhadap dampak letusan Gunungapi Gamalama sebesar (70%) atau dapat dikatakan mayoritas masyarakat sadar akan hal tersebut.

Risang Pamungkas (2019), dengan judul “Evaluasi Jalur Evakuasi Bencana Erupsi Gunung Merapi Dengan Menggunakan Metode *Least Cost Path Analysis* Di Kecamatan Turi Kabupaten Sleman”. Penelitian ini memiliki focus untuk menganalisa perbandingan Tingkat akurasi dan kualitas jalur evakuasi hasil olahan pribadi dengan jalur evakuasi yang ditetapkan oleh BPBD setempat. Penelitian ini menggunakan metode pengolahan *Least Cost Path* yang berfungsi untuk menentukan jalur evakuasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara jalur evakuasi BPBD dan pengolahan menggunakan metode *Least Cost Path*, akan tetapi jalur yang ditetapkan oleh BPBD memiliki kualitas jalan yang buruk sehingga diasumsikan dapat menghambat proses evakuasi masyarakat ke tempat aman.

Ariansa, dkk (2020), dengan judul “Pemetaan Jalur Evakuasi Gunung Merapi Dempo Kota Pagar Alam Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis”. Penelitian ini berfokus pada pemetaan jalur evakuasi Gunung Merapi Dempo untuk wilayah yang terdampak letusan. Metode penelitian ini menggunakan *Network Analysis* dengan *Model Find Best Facility*. Hasil dari penelitian ini berupa penemuan lokasi paling efektif dan efisien serta rute yang paling baik adapun rute yang masuk ke kelas *Find closest Facility* adalah kampung 4, Janang, talang beduk, bedeng krese, sedangkan Ptpn 7, Rimau, Tangsi II, masuk ke kelas rute *Find Best Route*.

Alwi La Masiu, dkk (2018), dengan judul “Fenomena Gunungapi Gamalama Terhadap Dampak Aliran Lahar”. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengungkapkan fenomena gunungapi Gamalama terhadap dampak aliran lahar yang terjadi di Kota Ternate. Penelitian ini secara sadar menganalisis dampak letusan gunungapi Gamalama secara kualitatif. Penelitian ini memiliki hasil berupa data jumlah kerusakan dan korban jiwa yang timbul akibat adanya letusan Gunungapi Gamalama.

Adam Abraham W, berjudul “Penentuan Jalur Evakuasi dan Titik Kumpul Partisipatif Dalam Upaya Pengurangan Resiko Bencana Gunung Merapi”. Penelitian ini berfokus pada pengetahuan persepsi masyarakat terhadap shelter, serta analisa keputusan evakuasi masyarakatnya. Berdasarkan hasil menunjukkan jika rute evakuasi dipertimbangkan dengan baik, meski jalan di area permukiman terlalu jauh dari lokasi evakuasi.

Wahyudi Adri (2021), dengan judul “Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Gunungapi Dan Persebaran Lokasi Shelter Menggunakan Metode *Network Analyst* (Studi Kasus : Gunung Merapi, Boyolali-Magelang)”. Fokus bahasan penelitian yaitu mengetahui rute yang efektif guna evakuasi bencana letusan Gunung Merapi dengan metode pengolahan menggunakan *Network Analyst* yang dikombinasikan dengan Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 tahun 2012. Penelitian menghasilkan jalur evakuasi yang mencakup lokasi evakuasinya.

Penelitian tersebut digunakan oleh penulis untuk memperkuat *study literature*. Adapun perbedaannya terletak pada parameter perencanaan jalur evakuasi yang menggunakan metode *Least Cost Path* dengan korelasi Kondisi Kardiorespirasi masyarakat terdampak yang berpatron pada kapasitas fisik bergantung pada umur. Persamaan dari penelitian sebelumnya terhadap penelitian penulis ialah terletak pada metode yang mempertimbangkan akurasi dan efektifitas jalur evakuasi guna meminimalisir waktu tempuh ke tempat evakuasi.

Tabel 1.3 Ringkasan Penelitian Sebelumnya

NAMA PENELITI	JUDUL	TUJUAN	METODE	HASIL
Agung Hidayat, Muh Aris Marfai, dan Danang Sri Hadmoko	The 2015 eruption of Gamalama volcano (<i>Ternate Island - Indonesia</i>): precursor, crisis management, and community response	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemahaman terkait kronologi dan dampak letusan Gamalama 2015, yang tergolong tidak biasa. 2. Mempelajari bagaimana pemerintah melakukan manajemen krisis yang relevan dan bagaimana masyarakat yang terkena dampak letusan material bereaksi terhadapnya 	Metode Analisis Data Sekunder dan pengambilan sampel. Data Sekunder meliputi Informasi kejadian erupsi Gamalama pada Juli- September 2015 dari Pos Pengamatan Gunungapi Gamalama, dan rincian mengenai (Penanganan krisis, Jumlah Pengungsi, dan lokasi pengungsian dari BPBD setempat)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daftar kronologi letusan Gunungapi Gamalama beserta dampak kerusakannya 2. Perbandingan Insight pengungsi pada kejadian Erupsi Gamalama 2015 oleh data kuisisioner dan BPBD 3. Kondisi Sosial-Budayamasyarakat terlanda bencana Letusan Gunungapi Gamalama

Risang Pamungkas	Evaluasi Jalur Evakuasi Bencana Erupsi Gunung Merapi Dengan Menggunakan Metode <i>Least Cost Path Analysis</i> Di Kecamatan Turi Kabupaten Sleman	Analisa tingkat keakuratan dan kualitas jalur evakuasi Bencana Letusan Gunungapi Merapi melalui pengolahan data pribadi (<i>Least Cost Path</i>) dengan jalur evakuasi oleh BPBD setempat	Metode penelitian yang digunakan adalah metode <i>Least Cost Path</i> dan Surve lapangan. (Metode <i>Least Cost Path</i> merupakan metode yang mengacupada nilai piksel untuk membuat sebuah jalur/ terobosan, sedangkan metode survei merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan sampling dari sebuah populasi.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peta Jalur Evakuasi berdasarkan metode <i>Least Cost Path</i> 2. Tabel perbandingan Jalur Evakuasi <i>Least Cosh Path</i> dengan jalur evakuasi oleh BPBD
Ariansa, Fameira Dhiniati, dan Lily Endah Dian Sari	Pemetaan Jalur Evakuasi Gunung Merapi Dempo Kota Pagar Alam Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis	Pemetaan jalur evakuasi Gunung Merapi Dempo menggunakan Aplikasi SIG	Analisis jaringan (<i>Network Analysis</i>) dengan <i>Model Find Best Facility</i> bentuk analisis jaringan ini memadukan antara jaringan dan fasilitas fisik Route.	Peta Jalur Evakuasi Gunung Merapi Dempo berdasarkan <i>Network Analysis</i> dan <i>Model Find Best Facility</i>

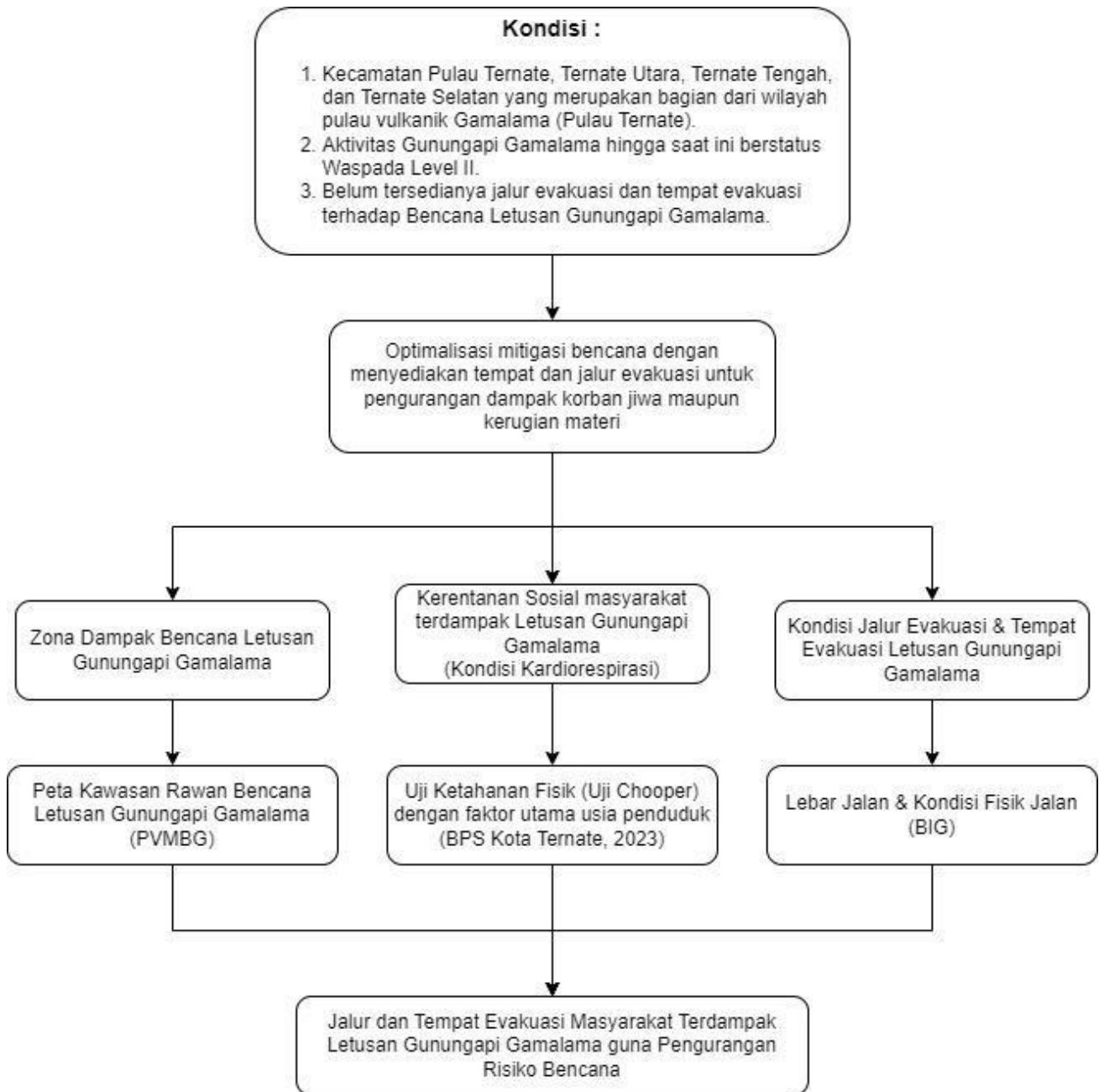
Alwi La Masiu, Mohamad Riva, dan Darno La Mane	Fenomena Gunungapi Gamalama Terhadap Dampak Aliran Lahar	Mengungkapkan fenomena Gunungapi Gamalama terhadap dampak aliran lahar yang terjadi di KotaTernate.	Analisis Kualitatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data dampak kerusakan yang ditimbulkan akibat aktivitas vulkanik Gunungapi Gamalama. 2. Data pengungsi dan jumlah korban yang terpapar akibat Letusan Gunungapi Gamalama
Adam Abraham W, Rini Rachmawati, dan Estuning Tyas Wulan Mei	Penentuan Jalur Evakuasi dan Titik KumpulPartisipatif Dalam Upaya Pengurangan Resiko Bencana Gunung Merapi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi persepsi masyarakat terhadap jalur evakuasi dan titik kumpul 2. Memetakan jalur evakuasi dan titik kumpul secara partisipatif, dan 3. Menganalisis pengambilan keputusan evakuasi 	Pendekatan kuantitatif kualitatif –	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peta Jalur Evakuasi Gunung Merapi 2. Data lapangan terkait kualitas jalur evakuasi dan presepsi masyarakat terhadap evakuasi tersebut

Wahyudi Adri, L.M. Sabri, dan Yasser Wahyuddin	Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Gunungapi Dan Persebaran Lokasi Shelter Menggunakan Metode <i>Network Analyst</i> (Studi Kasus : Gunung Merapi, Boyolali-Magelang)	Mengetahui jalur alternatif evakuasi bencana menggunakan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG)	Metode <i>Network Analyst</i> akan membantu dalam pemetaan jalur evakuasi dengan parameter dari Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 tahun 2012 dan parameter lainnya	Peta Jalur Evakuasi Gunung Merapi
--	--	---	--	-----------------------------------

1.6 Kerangka Penelitian

Kecamatan Pulau Ternate, Ternate Utara, Ternate Tengah, dan Ternate Selatan yang merupakan bagian dari wilayah pulau vulkanik Gamalama (Pulau Ternate) yang memiliki total penduduk mencapai 182.250 jiwa dari berbagai rentang usia. Pulau Ternate ini termasuk ke dalam pulau vulkanik kecil, karena hanya memiliki luas pulau beserta ekosistemnya sebesar 111 km². Wilayah ini memiliki Gunungapi aktif yaitu Gunungapi Gamalama yang status aktivitasnya sudah mencapai Waspada-Level II (PVMBG, 2023). Kondisi ini tentunya perlu menjadi perhatian khusus terkait kegiatan mitigasi bencananya dikarenakan wilayah pulau vulkanik kecil ini memiliki keterbatasan seperti insularitas pulau, ketergantungan kepada wilayah lain, dan kerentanan yang tinggi terhadap kerusakan ekologis.

Populasi yang semakin tahun semakin meningkat mengakibatkan permukiman mulai menjamah dan masuk ke dalam zonasi bahaya Letusan Gunungapi Gamalama. Hal ini mengakibatkan kerentanan sosial masyarakat ketika terjadi letusan Gamalama akan semakin tinggi. Kegiatan mitigasi yang dilakukan oleh pemerintah pun belum matang yang ditandai dengan tidak adanya rute evakuasi dan shelter pada setiap bencana, sehingga dalam penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa tingkat kebutuhan masyarakat dalam upaya pengurangan risiko bencana lewat perancangan jalur evakuasi yang responsif terhadap masyarakat terdampak. Adapun kerangka berpikir penelitian ini tersaji dalam gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kerangka Penelitian (*Sumber : Penulis, 2024*)

1.7 Batasan Operasional

Batasan operasional digunakan dalam penelitian ini untuk membatasi ruang lingkup penelitian, sehingga penelitian ini akan fokus pada tujuan pembuatannya. Istilah-istilah yang asing akan diterjemahkan ke dalam kata-kata yang mudah dipahami agar pembaca mampu mengikuti pembahasan penelitian ini. Berikut batasan operasional penelitian, sebagai berikut :

- Jalur evakuasi merupakan jalur yang aman, efektif, dan responsif terhadap segala kondisi kebencanaan yang berlaku. Jalur ini digunakan untuk mengantarkan masyarakat terdampak bencana menuju kawasan yang aman atau shelter bencana, dengan memilih jenis jaringan jalan sesuai Permen PU No. 20 Tahun 2011.
- Kawasan rawan bencana merupakan wilayah yang masuk dalam zonasi prediksi ancaman bencana. Zona ini biasanya dibagi menjadi 3 wilayah yaitu KRB 1, 2, dan 3. Wilayah setiap kelas ini memiliki dampak yang berbeda-beda bergantung pada letak serta kondisi topografi wilayah terhadap pusat bencananya.
- Kerentanan sosial menggambarkan kondisi tingkat kerapuhan sosial dalam menghadapi bahaya dalam suatu bencana. Kerentanan sosial ini erat kaitannya dengan kondisi sosial masyarakat yang tinggal dan berada di wilayah dengan potensi bencana. Kajian kerentanan ini menggunakan parameter masyarakat menurut kelompok usia saja dan tidak sampai kajian kelompok disabilitas yang berguna sebagai penentuan lokasi evakuasi maupun jalur evakuasinya.
- Kondisi kardiorespirasi merupakan daya tahan pernafasan, detak jantung dan kondisi lain, dimana seseorang dapat melakukan aktivitas fisik secara konsisten yang diukur menggunakan alat ukur agar lebih akurat. Kondisi ini biasa dipengaruhi oleh faktor kesehatan, usia, ataupun faktor-faktor lainnya.
- *Least Cost Path Analyst* merupakan metode pengolahan menggunakan *Software ArcGIS* untuk mencari jalur yang mempunyai biaya paling murah dibanding jalur lain. Metode ini menggabungkan berbagai parameter seperti

penggunaan lahan, jenis jaringan jalan, KRB Gunungapi, dan kemiringan yang untuk perhitungan jumlah nilai raster dengan memilih jalur sesuai nilai yang lebih rendah.

- Lokasi evakuasi merupakan lokasi yang diyakini aman terhadap dampak letusan gunungapi yang diatur penempatannya sesuai dengan kondisi fisik seseorang sesuai hasil kajian. Lokasi ini juga merupakan tempat yang dapat memberikan kenyamanan, privasi serta aksesibilitas yang mudah untuk menuju ke lokasi-lokasi vital lainnya.
- Sistem informasi geografis merupakan suatu sistem yang disajikan dalam bentuk software, sehingga mampu menggabungkan, menambahkan, mengurangi, mentransformasi, atau merepresentasikan bentuk data geografis menjadi bentuk data yang dapat dipahami oleh berbagai kalangan.
- *Uji Chooper* merupakan salah satu alat ukur untuk menguji konsistensi kondisi fisik masyarakat dalam melakukan kegiatan fisik. Pengujian ini menghasilkan indeks capaian kondisi konsisten masyarakat yang terklasifikasi ke dalam kelompok usia, sehingga dapat diketahui kapasitas masyarakat dalam berolahraga atau kegiatan fisik.