

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) merupakan lembaga pemerintah daerah yang bertanggung jawab dalam mengelola dan menangani berbagai jenis bencana di wilayahnya. BPBD berperan sebagai garda terdepan dalam langkah mitigasi, tanggap darurat, pemulihan, dan pembangunan kembali pascabencana (Heryati, 2020). Keberadaan BPBD sangat krusial mengingat Indonesia termasuk salah satu negara yang rawan terhadap beragam jenis bencana alam, seperti gempa bumi, tsunami, erupsi gunung berapi, banjir, dan longsor. Kondisi ini disebabkan oleh posisi geografis Indonesia yang terletak di wilayah Cincin Api Pasifik serta memiliki iklim tropis yang berpotensi memicu berbagai bencana hidrometeorologis (Deby, Cikusin, & W, 2019). BPBD beroperasi di bawah arahan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dengan tugas dan wewenang yang telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. BPBD di setiap wilayah memiliki susunan organisasi yang mencakup sejumlah bidang, antara lain mitigasi dan kesiapan, tanggap darurat, penyediaan logistik, serta pemulihan dan pembangunan kembali. Setiap bidang tersebut mempunyai fungsi khusus dalam menjamin bahwa setiap tahapan penanggulangan bencana terlaksana secara optimal dan tepat guna (Nadila, 2024).

Kabupaten Malang di Provinsi Jawa Timur memiliki bentang topografi yang bervariasi, mulai dari wilayah dataran rendah hingga kawasan pegunungan, sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya bencana alam. Wilayah ini dikelilingi pegunungan dan perbukitan, termasuk Gunung Semeru dan Gunung Bromo yang masih aktif secara vulkanik. Aktivitas vulkanik dari kedua gunung tersebut menjadi salah satu sumber potensi bencana dan dapat mengakibatkan dampak yang signifikan, seperti aliran lahar, abu vulkanik, dan longsor material (Pradana, Irawan, Setiawan, Yuliano, & Mufid, 2020).

Tabel 1.1 Potensi Bahaya Letusan Gunung api Semeru dan Bromo di Kabupaten Malang

No.	Gunung Api	Bahaya				Kelas
		Luas (Ha)				
		Rendah	Sedang	Tinggi	Total	
1.	Semeru	6.909	1.065	2.143	10.117	Tinggi
2.	Bromo	705	572		1.277	Sedang

Sumber : BPBD Kab. Malang

Tabel 1.1 menunjukkan potensi bahaya letusan Gunungapi Semeru dan Bromo di Kabupaten Malang. Gunung Bromo dengan luas area berpotensi bahaya sebesar 1.277 hektare, yang sebagian besar berada pada kategori bahaya rendah seluas 705 hektare dan bahaya sedang seluas 572 hektare. Berdasarkan klasifikasi tersebut, Bromo ditetapkan memiliki tingkat bahaya sedang. Sementara itu, wilayah terdampak letusan Gunung Semeru jauh lebih luas, yakni mencapai 10.117 hektare. Dari total luas tersebut, kategori bahaya rendah mendominasi dengan luas 6.909 hektare, diikuti oleh kategori bahaya tinggi seluas 2.143 hektare dan bahaya sedang seluas 1.065 hektare. Kondisi ini menunjukkan bahwa Semeru memiliki tingkat bahaya yang lebih serius dengan klasifikasi tinggi dibandingkan dengan Gunung Bromo.

Data tersebut mengindikasikan bahwa Kabupaten Malang, khususnya wilayah yang berada di zona bahaya Gunung Semeru, perlu mendapatkan perhatian prioritas dalam upaya mitigasi risiko bencana. Fokus utama perlu diarahkan pada kawasan yang tergolong memiliki tingkat bahaya tinggi untuk meminimalkan dampak letusan terhadap masyarakat, infrastruktur, serta lingkungan mengingat dampak letusan gunung berapi tidak hanya berdampak jangka pendek, namun juga bisa menyebabkan penurunan mutu lahan dan sumber daya alam dalam jangka panjang (Zagarino, Cika Pratiwi, Nurhayati, & Hertati, 2021).

Tabel 1.2 Rekap Erupsi Gunung Semeru dan Gunung Bromo 2021–2024



Tahun	Gunung	Kejadian Utama	Jumlah Erupsi/Tercatat	Korban Jiwa	Korban Luka	Pengungsi	Catatan Penting
2021	Semeru	Erupsi besar 4 Des 2021	Beberapa letusan besar (VEI 4)	±69 tewas	±104 luka	±10.655	Kerusakan besar (5.205 rumah, jembatan Gladak Perak putus)
2021	Bromo	Tidak ada erupsi signifikan	-	0	0	-	Aktivitas normal-waspada
2022	Semeru	Erupsi 4/12/2022 (APG>13 km)	Beberapa letusan	0	0	±1.979–2.489	Status naik ke Awas lalu turun Siaga; tidak ada korban jiwa
2022	Bromo	Tidak ada erupsi signifikan	-	0	0	-	Aktivitas normal, tidak terdampak erupsi Semeru
2023	Semeru	Beberapa erupsi (16/01, 11/02, 13/05)	Puluhan letusan (PVMBG)	0	0	0	Tidak ada korban
2023	Bromo	Aktivitas meningkat (tremor, emisi gas)	-	0	0	-	PVMBG keluarkan imbauan radius aman, tidak ada korban
2024	Semeru	Aktivitas erupsi tinggi sepanjang tahun	≥1.187 letusan (Jan–Sept), >1.300 akhir tahun	0	0	-	Tidak ada korban
2024	Bromo	Tidak ada erupsi	-	0	0	-	Penutupan wisata 21–24 Juni utk ritual Yadnya Kasada, bukan karena erupsi

Sumber : BPBD Kab. Malang

Rekapitulasi data erupsi Gunung Semeru dan Gunung Bromo periode 2021–2024 menunjukkan dinamika aktivitas vulkanik yang cukup signifikan, khususnya pada Semeru. Tahun 2021 mencatat jumlah korban jiwa tertinggi akibat letusan besar pada 4 Desember, yang menewaskan sekitar 69 orang, lebih dari 100 orang luka, serta mengungsikan lebih dari 10 ribu jiwa disertai kerusakan parah pada infrastruktur. Tahun 2022 Semeru kembali erupsi pada Desember dengan Awan Panas Guguran sejauh lebih dari 13 km, namun tidak menimbulkan korban jiwa meskipun ribuan orang harus mengungsi. Tahun 2023 dan 2024, Semeru masih terus mengalami aktivitas erupsi dengan ratusan hingga ribuan letusan tercatat, tetapi tidak ada laporan korban jiwa, meski demikian status kewaspadaan tetap diberlakukan. Sementara itu, Gunung Bromo relatif lebih tenang sepanjang 2021–2024, hanya menunjukkan peningkatan aktivitas tremor dan emisi gas pada 2023 tanpa adanya erupsi besar maupun korban. Kejadian-kejadian erupsi ini menunjukkan bahwa Gunung Semeru tetap berada dalam kondisi aktif, dengan potensi bahaya yang terus mengancam masyarakat sekitar (Purba, Sumantri, Kurniadi, & Putra, 2022).

Untuk memantau aktivitasnya, telah dibangun sarana mitigasi berupa pos pengamatan visual di Gunung Sawur dan beberapa stasiun pengamatan seismik, seperti Stasiun Leker (1.060 mdpl), Stasiun Tetes (1.208 mdpl), Stasiun Puncak (3.657 mdpl), dan Stasiun Besuk Bang (917 mdpl). Meski demikian, efektivitas infrastruktur ini masih menghadapi tantangan, terutama dalam hal kecepatan deteksi, keakuratan informasi, dan keterjangkauan akses oleh masyarakat desa yang berada di kawasan rawan (Haq & Pandin, 2024).

Erupsi besar Gunung Semeru pada 4 Desember 2021 menjadi titik balik dalam sistem mitigasi bencana daerah. Peristiwa tersebut menimbulkan puluhan korban jiwa dan ribuan pengungsi serta kerusakan berat pada infrastruktur. Evaluasi pascabencana oleh BNPB dan BPBD Kabupaten Malang (2022) menemukan bahwa keterlambatan penyampaian informasi peringatan menjadi salah satu faktor utama tingginya korban. Sebelum tahun 2021, mekanisme peringatan dini di sekitar Semeru masih

mengandalkan laporan manual dan komunikasi radio dari Pos Pengamatan yang menyebabkan keterlambatan dalam penyampaian peringatan ke masyarakat karena keterbatasan jangkauan sinyal dan minimnya alat pemantau otomatis (Wulandari, 2022).

Kondisi tersebut mendorong lahirnya inovasi sistem informasi peringatan dini (Early Warning System/EWS) yang lebih cepat dan terintegrasi. Sejak tahun 2022, BPBD Kabupaten Malang bekerja sama dengan PVMBG, BMKG, dan BNPB dalam memperkuat jaringan sensor seismik serta menambahkan alat pemantau aktivitas vulkanik di kawasan rawan. Pengembangan ini dilanjutkan dengan integrasi sirene otomatis, SMS blast, dan aplikasi digital yang memungkinkan penyebaran informasi real time kepada masyarakat melalui pusat data BPBD. Sistem baru tersebut mulai diimplementasikan secara luas pada tahun 2023 bersamaan dengan penguatan jaringan Desa Tangguh Bencana (Destana) di wilayah prioritas (Shalih & Nugroho, 2021).

Penerapan inovasi EWS ini tidak hanya berfokus pada teknologi, tetapi juga menyangkut reformasi tata kelola kebencanaan di tingkat daerah. BPBD Kabupaten Malang memperbarui mekanisme pelaporan dari pos pengamatan, menghubungkannya dengan command center, dan memperluas kanal komunikasi melalui sirene di titik-titik padat penduduk. Selain itu, BPBD memperkuat jejaring relawan dan perangkat desa untuk memastikan pesan peringatan dapat diterima dan direspons cepat. Upaya ini merupakan bentuk inovasi publik yang memadukan teknologi, kelembagaan, dan partisipasi masyarakat.

Sebagai hasil dari berbagai pembaruan tersebut, dapat diamati adanya perubahan signifikan dalam pola manajemen kebencanaan, baik dari aspek teknis maupun sosial. Perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan inovasi menunjukkan bahwa sistem peringatan dini di Kabupaten Malang kini bekerja lebih terstruktur, meskipun masih menyisakan sejumlah tantangan dalam hal keberlanjutan sumber daya dan jangkauan komunikasi (Syuhada, Erfani, Ilham, Sari, & Wibowo, 2022).

Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah pelaksanaan inovasi sistem informasi peringatan dini menunjukkan adanya perbaikan penting dalam mekanisme

deteksi, koordinasi, serta penyebaran informasi kebencanaan di Kabupaten Malang. Sebelum adanya inovasi, sistem peringatan dini masih bersifat konvensional. Mekanisme deteksi aktivitas vulkanik bergantung pada laporan manual dari pos pengamatan, serta komunikasi radio antarpetugas yang sering terkendala cuaca dan sinyal. Penyampaian informasi peringatan ke masyarakat kerap mengalami keterlambatan karena belum adanya jalur komunikasi terintegrasi dan kurangnya alat bantu visual maupun suara di tingkat desa (Ikhsani & SUHENDI, 2024).

Setelah dilakukan penguatan sistem pada periode 2022–2024, BPBD Kabupaten Malang mulai menerapkan pendekatan yang lebih modern melalui pemasangan sensor pemantau otomatis, integrasi sirene peringatan dini, serta kanal komunikasi berbasis digital yang dapat mengirim notifikasi secara cepat kepada aparat desa dan relawan di wilayah rawan. Langkah ini dilaksanakan melalui kerja sama lintas instansi, antara lain dengan PVMBG, BMKG, dan BNPB, serta didukung oleh penguatan kapasitas Desa Tangguh Bencana (Destana) sebagai ujung tombak penyebaran informasi.

Perubahan ini tidak hanya mempercepat penyampaian peringatan, tetapi juga memperluas jangkauan wilayah yang dapat menerima informasi bahaya secara lebih cepat. Berdasarkan publikasi BPBD dan berita instansi pemerintah daerah, inovasi ini juga mendorong peningkatan kesiapsiagaan masyarakat melalui pelatihan dan simulasi evakuasi di sejumlah desa prioritas. Peningkatan ini menunjukkan bahwa inovasi tidak semata pada penggunaan teknologi, melainkan juga pada pembenahan tata kelola kelembagaan dan peningkatan partisipasi masyarakat.

Namun demikian, sejumlah tantangan masih dihadapi dalam implementasi sistem yang baru. Tantangan tersebut umumnya berkaitan dengan aspek teknis dan kelembagaan, seperti kebutuhan pemeliharaan alat secara berkelanjutan, keterbatasan infrastruktur komunikasi di wilayah terpencil, serta perlunya peningkatan koordinasi lintas instansi agar penyampaian informasi dapat lebih merata dan responsif. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan inovasi sistem informasi peringatan dini tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh kemampuan

manajemen kelembagaan dalam menjaga keberlanjutan operasional dan pemanfaatannya di tingkat lokal.

Selain aspek teknis, penguatan sistem peringatan dini ini juga memiliki dasar hukum yang jelas. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menegaskan bahwa pemerintah daerah wajib melaksanakan penanggulangan bencana secara sistematis, terpadu, dan komprehensif pada setiap tahap: pra-bencana, tanggap darurat, dan pascabencana. Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana dan PP Nomor 22 Tahun 2008 tentang Pendanaan dan Pengelolaan Bantuan menekankan pentingnya kesiapan lembaga daerah dalam sistem peringatan dini dan efektivitas pengelolaan sumber daya. Berdasarkan regulasi tersebut, BPBD Kabupaten Malang memiliki tanggung jawab untuk terus melakukan inovasi dan penguatan kapasitas kelembagaan guna menjamin perlindungan masyarakat dari risiko bencana.

Keberhasilan penerapan EWS di Kabupaten Malang memperlihatkan bahwa inovasi publik di sektor kebencanaan mampu mentransformasi birokrasi menjadi lebih adaptif dan berbasis data. Dalam konteks ini, teori Diffusion of Innovation (Rogers, 2003) menjadi relevan sebagai kerangka analisis untuk memahami bagaimana inovasi disebarkan, diterima, dan dikonfirmasi oleh organisasi serta masyarakat.

Dari latar belakang yang telah dipaparkan di atas dapat dilihat bahwa inovasi sistem informasi peringatan dini yang dikembangkan oleh BPBD Kabupaten Malang merupakan respons atas berbagai keterbatasan sistem sebelumnya, baik dari aspek teknis maupun tata kelola pemerintahan. Meskipun infrastruktur dan perangkat komunikasi telah tersedia, efektivitas implementasinya masih menghadapi tantangan dalam keberlanjutan, kompetensi teknis, dan pemerataan akses informasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa penyempurnaan sistem berbasis inovasi masih diperlukan agar dapat berfungsi optimal dan diterima masyarakat luas. Jika tidak dilakukan penguatan berkelanjutan, potensi terulangnya korban jiwa dan kerugian besar pada peristiwa erupsi mendatang tetap tinggi. Oleh karena itu, penting untuk meninjau sejauh mana inovasi sistem informasi peringatan dini yang dikembangkan BPBD Kabupaten Malang mampu menjawab tantangan tersebut, sekaligus mengidentifikasi faktor

pendukung dan kendala dalam penerapannya. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, peneliti melakukan penelitian dengan judul “Inovasi Sistem Informasi Peringatan Dini BPBD Untuk Pengurangan Risiko Bencana Gunung Api Di Kabupaten Malang.”

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka perumusan masalah yang diajukan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sistem informasi peringatan dini yang dikembangkan BPBD Kabupaten Malang dalam upaya mitigasi bencana gunung api?
2. Apa saja kendala yang dihadapi BPBD Kabupaten Malang dalam penguatan sistem informasi peringatan dini untuk mitigasi bencana gunung api?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui sistem informasi peringatan dini yang dikembangkan BPBD Kabupaten Malang dalam upaya mitigasi bencana gunung api.
2. Untuk mengidentifikasi kendala yang dihadapi BPBD Kabupaten Malang dalam penguatan sistem informasi peringatan dini untuk mitigasi bencana gunung api.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam melakukan penelitian, selayaknya terdapat manfaat yang bisa diperoleh. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritik

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih terhadap pengembangan kajian dalam Program Studi Ilmu Pemerintahan, terutama pada mata kuliah yang berkaitan dengan organisasi dan manajemen lembaga pemerintahan, serta kebijakan publik di bidang penanggulangan bencana. Temuan penelitian ini dapat dijadikan rujukan sekaligus sumber pengetahuan akademik bagi peneliti lain yang menaruh minat pada topik inovasi sistem

informasi dan mitigasi bencana. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memperkuat sekaligus memperluas teori-teori yang berhubungan dengan inovasi sistem informasi, sistem peringatan dini, serta peran lembaga pemerintahan dalam mitigasi bencana, sehingga mampu membangun kerangka teoritis yang lebih komprehensif dalam studi pemerintahan dan kebencanaan.

2. Manfaat Praktik

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi mahasiswa dan akademisi dalam memahami inovasi sistem informasi peringatan dini sehingga meningkatkan kompetensi mereka dalam menganalisis kebijakan publik dan manajemen lembaga pemerintahan. Bagi masyarakat, penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan kesadaran, kesiapsiagaan, dan partisipasi dalam menghadapi potensi erupsi gunung api melalui pemanfaatan sistem informasi yang lebih efektif. Bagi BPBD Kabupaten Malang, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi untuk menilai efektivitas sistem yang telah dikembangkan, sekaligus mengidentifikasi kendala guna perbaikan ke depan. Adapun bagi pemerintah daerah, penelitian ini diharapkan memberikan masukan strategis dalam penyusunan kebijakan mitigasi bencana berbasis teknologi informasi yang lebih responsif, terintegrasi, dan tepat sasaran.

1.5 Definisi Konseptual

1.5.1 Inovasi

Konsep inovasi berasal dari kata Latin *innovare* yang berarti “perubahan baru”, yang secara esensial menggambarkan proses pembaruan terhadap sistem yang telah ada agar tetap relevan dengan perkembangan zaman. Inovasi tidak selalu berarti menciptakan sesuatu yang sepenuhnya baru, tetapi dapat berupa penambahan, penyesuaian, atau penyempurnaan terhadap sistem yang sudah berjalan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi. Dalam konteks administrasi publik, inovasi dipahami sebagai proses penciptaan, pengembangan, dan penerapan gagasan baru yang dirancang untuk menyelesaikan persoalan serta memberikan nilai tambah dalam

penyelenggaraan layanan publik (Prabowo, Suwanda, & Syafri, 2022). Sejalan dengan pandangan Schumpeter (1934), inovasi merupakan “kombinasi baru” dari ide, metode, produk, atau bentuk organisasi yang mampu menghasilkan perubahan signifikan dalam sistem sosial dan ekonomi

Dalam konteks pemerintahan daerah, dasar hukum pelaksanaan inovasi diatur dalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah, khususnya Pasal 386 ayat (1) yang menyatakan bahwa “Pemerintah Daerah dapat melakukan inovasi dalam rangka peningkatan kinerja penyelenggaraan pemerintahan daerah”. Ayat (2) menegaskan bahwa inovasi tersebut meliputi “semua bentuk pembaruan dalam penyelenggaraan pemerintahan daerah”. Ketentuan ini menegaskan bahwa inovasi merupakan bagian dari mandat normatif bagi pemerintah daerah untuk memperbaiki tata kelola pemerintahan dan pelayanan publik secara berkelanjutan. Dengan demikian, inovasi di sektor publik tidak semata berorientasi pada penerapan teknologi digital, tetapi juga pada pembaruan kelembagaan, prosedural, dan sosial dalam mendukung efektivitas penyelenggaraan pemerintahan (Utami, 2023).

Lebih lanjut, Everett M. Rogers (1962) melalui karya monumentalnya *Diffusion of Innovations* memperkenalkan Teori Difusi Inovasi, yang menjelaskan bagaimana ide, praktik, atau teknologi baru diperkenalkan, disebarkan, dan diadopsi oleh individu maupun kelompok dalam suatu sistem sosial. Rogers (2003) mendefinisikan inovasi sebagai gagasan, metode, atau objek yang dianggap baru oleh seseorang atau unit sosial lainnya, sedangkan difusi merupakan proses penyebaran inovasi tersebut melalui saluran komunikasi dari waktu ke waktu di antara anggota sistem sosial (Nugraha, Achmad, Warsono, & Yuniningsih, 2023). Teori ini sangat relevan dalam konteks pemerintahan daerah, karena memberikan kerangka untuk memahami bagaimana lembaga publik memperkenalkan dan mengelola inovasi kebencanaan seperti sistem informasi peringatan dini (Early Warning

System) agar dapat diterima dan dimanfaatkan secara efektif oleh masyarakat (Tamitiadini, Adila, & Dewi, 2019).

Rogers mengemukakan empat elemen utama dalam proses difusi inovasi, yakni (1) inovasi itu sendiri, (2) saluran komunikasi, (3) waktu, dan (4) sistem sosial. Dalam konteks BPBD Kabupaten Malang, elemen tersebut diwujudkan melalui: penerapan inovasi berupa teknologi sensor, sirine, dan dashboard monitoring; penggunaan saluran komunikasi digital, radio, dan koordinasi antarinstansi; dimensi waktu yang menunjukkan percepatan adopsi inovasi oleh masyarakat; serta sistem sosial yang mencakup aktor-aktor seperti BPBD, PVMBG, BMKG, relawan KSB/Destana, dan masyarakat lokal (Herawati, Dadang, Ely, & Anang Sugeng, 2023).

Rogers (2003) juga menjelaskan lima karakteristik utama yang memengaruhi tingkat adopsi inovasi: keunggulan relatif (*relative advantage*), kesesuaian (*compatibility*), kerumitan (*complexity*), kemungkinan untuk diuji coba (*trialability*), dan kemudahan diamati (*observability*). Dalam konteks BPBD Kabupaten Malang, sistem EWS memiliki keunggulan relatif karena mampu mempercepat penyebaran informasi bahaya dibandingkan sistem manual. Kompatibilitas tercermin dari kesesuaiannya dengan nilai dan pola komunikasi masyarakat desa. Kompleksitas sistem diminimalkan melalui pelatihan teknis bagi petugas dan relawan. Aspek *trialability* terlihat dalam kegiatan simulasi evakuasi dan pelatihan Destana, sementara *observability* muncul ketika masyarakat dapat mengamati secara langsung manfaat sistem peringatan dini, seperti berkurangnya keterlambatan penyampaian informasi.

Selanjutnya, Rogers menekankan bahwa proses difusi inovasi merupakan bentuk komunikasi dua arah, di mana keberhasilan adopsi sangat bergantung pada interaksi sosial antara inovator (pemerintah) dan pengguna (masyarakat). Model ini kemudian dikembangkan menjadi model konvergensi komunikasi (Rogers & Kincaid, 1995), yang menekankan bahwa difusi terjadi melalui pertukaran informasi yang saling memahami (*mutual understanding*) antaraktor. Dalam konteks sistem peringatan dini, keberhasilan inovasi tidak

hanya diukur dari kecanggihan teknologi, tetapi juga dari kualitas koordinasi lintas lembaga dan tingkat partisipasi masyarakat dalam memahami serta menindaklanjuti peringatan yang diberikan.

Dengan demikian, penelitian ini memaknai inovasi sebagai proses pembaruan komprehensif yang dilakukan BPBD Kabupaten Malang dalam mengembangkan sistem informasi peringatan dini bencana gunung api. Inovasi tersebut tidak hanya mencakup penerapan teknologi modern, tetapi juga penguatan tata kelola kelembagaan dan pemberdayaan sosial di tingkat masyarakat. Orientasi utamanya bukan hanya pada kecanggihan perangkat digital, tetapi pada bagaimana pemerintah daerah membangun tata kelola yang adaptif, responsif, dan inklusif terhadap dinamika risiko kebencanaan. Dengan kerangka teori Difusi Inovasi, penelitian ini menilai sejauh mana inovasi EWS BPBD Kabupaten Malang berhasil diadopsi oleh pengguna internal (pemerintah dan relawan) maupun eksternal (masyarakat), yang tercermin melalui peningkatan kesiapsiagaan, efektivitas komunikasi risiko, serta sinergi kelembagaan lintas sektor.

1.5.2 Pelayanan Publik

Pelayanan publik terdiri dari dua istilah yang memiliki makna berbeda, yaitu pelayanan dan publik. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), pelayanan merujuk pada aktivitas yang bertujuan memberikan kemudahan, kenyamanan, dan keamanan, baik melalui barang maupun jasa. Sementara itu, publik mengacu pada masyarakat luas atau seluruh individu yang terlibat dalam suatu kegiatan sosial. Witri M. (2022) menjelaskan bahwa pelayanan publik merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memberikan layanan kepada masyarakat dan memastikan terpenuhinya kebutuhan mereka oleh suatu organisasi, dengan tetap berpedoman pada peraturan dan prosedur yang berlaku. Pelayanan publik menuntut adanya kepekaan, kemampuan berkomunikasi, serta orientasi pada hasil yang positif guna memenuhi kebutuhan penerima layanan.

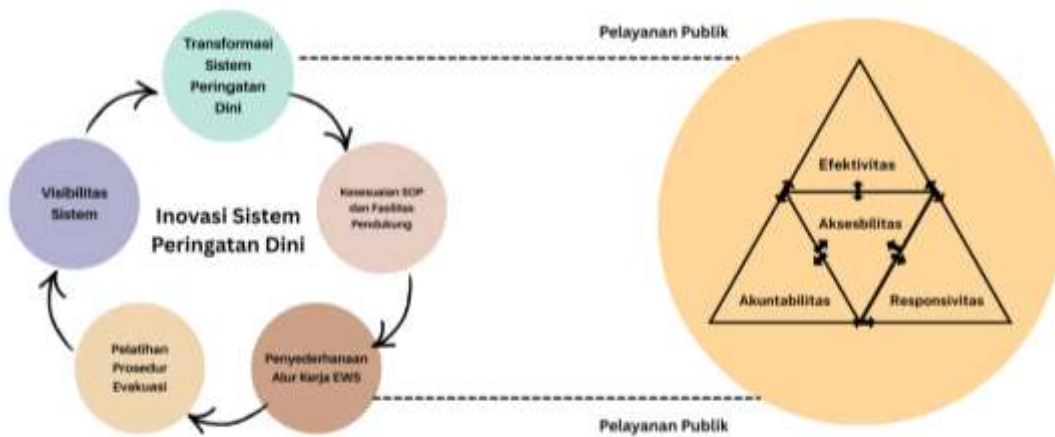
Sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik, pelayanan publik mencakup serangkaian kegiatan dalam rangka pemenuhan kebutuhan warga negara dan penduduk atas barang, jasa, dan/atau pelayanan administratif yang disediakan oleh penyelenggara pelayanan publik. Kegiatan tersebut harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan hukum dan prinsip akuntabilitas.

Menurut Bharata dalam Bagus (2014), terdapat empat unsur utama dalam pelayanan publik, yaitu: (1) penyedia layanan, yakni organisasi atau lembaga yang bertanggung jawab memberikan produk atau jasa kepada masyarakat; (2) penerima layanan, yaitu individu atau kelompok masyarakat sebagai pihak yang memperoleh manfaat layanan; (3) jenis layanan, yang mencakup berbagai bentuk pelayanan yang diberikan oleh penyedia; dan (4) kepuasan pelanggan, yang menjadi tolok ukur keberhasilan layanan berdasarkan kualitas dan hasil yang diterima.

Dalam konteks penelitian ini, pelayanan publik dipahami sebagai bentuk tanggung jawab pemerintah daerah dalam menyediakan layanan informasi kebencanaan yang cepat, tepat, dan dapat diakses masyarakat.

Inovasi Sistem Informasi Peringatan Dini (EWS) yang dikembangkan BPBD Kabupaten Malang merupakan wujud nyata inovasi pelayanan publik di bidang penanggulangan bencana, yang bertujuan melindungi keselamatan warga melalui penyampaian informasi peringatan secara efektif dan terkoordinasi.

Gambar 1.1 Kerangka Berpikir



Sumber : Hasil olahan penulis

Kerangka berpikir ini dibangun untuk menunjukkan bahwa penelitian tidak memisahkan antara inovasi dan pelayanan publik, melainkan menempatkan inovasi sistem peringatan dini (EWS) sebagai bagian integral dari inovasi pelayanan publik. Dengan demikian, keseluruhan komponen inovasi pada sisi kiri bagan merupakan upaya transformasi layanan publik, dan hanya dapat berjalan efektif apabila inovasi tersebut memenuhi prinsip-prinsip pelayanan publik sebagaimana dijelaskan oleh Dwiyanto (2006), yaitu: efektivitas, responsivitas, aksesibilitas, dan akuntabilitas. Untuk menjelaskan hubungan tersebut, kerangka ini menggunakan teori utama Difusi Inovasi Rogers, yang terdiri dari lima indikator: *relative advantage*, *compatibility*, *complexity*, *trialability*, dan *observability*. Kelima elemen ini bukan berdiri sendiri, melainkan membentuk suatu siklus inovasi yang saling menguatkan.

Pertama, Transformasi Sistem Peringatan Dini mencerminkan perubahan mendasar pada teknologi dan mekanisme penyampaian peringatan. Dalam konteks teori Rogers, komponen ini berkaitan dengan *relative advantage*, yaitu sejauh mana inovasi memberikan manfaat lebih baik dibandingkan sistem sebelumnya. Transformasi teknologi seperti integrasi sensor otomatis, dashboard digital, atau sirine terpusat menjadi nilai tambah yang mempercepat arus informasi bencana. Namun, agar transformasi ini efektif, inovasi harus dapat diterima dan digunakan dalam konteks pelayanan publik. Disinilah konsep efektivitas Dwiyanto melengkapi dan sistem yang ditransformasikan harus benar-benar menghasilkan keluaran yang tepat sasaran dan bermanfaat bagi masyarakat.

Kedua, Kesesuaian SOP dan Fasilitas Pendukung berkaitan dengan *compatibility* dalam teori Rogers. Sebuah inovasi hanya dapat diterima apabila sesuai dengan nilai, kebutuhan, pengalaman, dan struktur yang telah ada. Dengan memastikan bahwa SOP telah diperbarui, petugas memahami alur resmi, dan peralatan pendukung seperti sensor, CCTV, jaringan komunikasi, dan sirine berfungsi baik, maka inovasi menjadi lebih mudah diterapkan. Di sisi pelayanan publik, kesesuaian ini mencerminkan unsur akuntabilitas, karena SOP dan fasilitas memungkinkan pelaksanaan layanan yang dapat dipertanggungjawabkan secara prosedural dan teknis.

Ketiga, Penyederhanaan Alur Kerja EWS merupakan upaya mengurangi *complexity*. Berdasarkan teori Rogers semakin kompleks sebuah inovasi, semakin lambat tingkat adopsinya. Penyederhanaan alur kerja memotong prosedur berbelit, mempercepat verifikasi informasi, dan memperjelas jalur koordinasi antarlembaga. Dalam perspektif pelayanan publik, penyederhanaan ini meningkatkan responsivitas, karena alur yang lebih ringkas membuat petugas dapat merespons ancaman bencana dengan cepat dan tepat waktu.

Keempat, Pelatihan Prosedur Evakuasi menggambarkan aspek *trialability*, kemampuan inovasi untuk diuji coba dan dipraktikkan. Pelatihan memungkinkan petugas, relawan, dan masyarakat memahami fungsi sistem peringatan dini, jalur evakuasi, dan langkah penanganan bencana. Pelatihan berulang membuat inovasi lebih siap diadopsi karena pengguna mengetahui cara kerja sistem dalam situasi nyata. Dalam pelayanan publik, pelatihan menghasilkan peningkatan aksesibilitas serta layanan menjadi mudah dipahami, mudah diakses, dan tidak eksklusif hanya bagi petugas teknis.

Kelima, Visibilitas Sistem merupakan perwujudan dari *observability*, yakni sejauh mana manfaat inovasi dapat dilihat secara nyata oleh pengguna. Visibilitas muncul melalui keberfungsian sirine, tampilan dashboard informasi bencana, aplikasi notifikasi, atau penyebaran informasi melalui media sosial. Semakin terlihat dampak inovasi, semakin tinggi tingkat penerimaan masyarakat. Visibilitas ini juga memperkuat efektivitas pelayanan publik, karena masyarakat dapat merasakan langsung keberadaan sistem peringatan dini.

Semua indikator inovasi saling berkaitan dengan indikator pelayanan publik sehingga inovasi tidak dapat berdiri sendiri sebagai sebuah proyek teknis dan inovasi hanya bermakna apabila menghasilkan pelayanan publik yang efektif, responsif, akuntabel, dan aksesibel. Dengan kata lain, inovasi pada sistem peringatan dini bukan hanya tentang perubahan teknologi, tetapi juga tentang bagaimana perubahan tersebut meningkatkan kualitas pelayanan publik dalam konteks penanggulangan bencana. Jika salah satu prinsip pelayanan publik tidak terpenuhi misalnya inovasi menjadi terlalu kompleks, tidak sesuai SOP, atau tidak terlihat manfaatnya maka inovasi tersebut tidak akan teradopsi secara baik dan tidak dapat menyebar (difusi) ke lapisan pengguna yang lebih luas.

Kerangka berpikir ini pada akhirnya menunjukkan hubungan integratif antara inovasi dan pelayanan publik. Inovasi merupakan instrumen, sementara pelayanan publik adalah tujuan utama. Inovasi sistem peringatan dini hanya

dapat berjalan efektif dan diadopsi secara luas apabila memenuhi lima karakteristik difusi inovasi serta menghasilkan dampak nyata pada dimensi pelayanan publik menurut Dwiyanto.

1.5.3 Sistem Informasi Peringatan Dini

Sistem informasi peringatan dini (early warning system) merupakan bagian dari kajian kebencanaan dalam kerangka pelayanan publik, yang menekankan pada penyediaan layanan informasi cepat, tepat, dan akurat kepada masyarakat sebagai bentuk pemenuhan hak publik atas rasa aman. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik, pemerintah berkewajiban menyediakan layanan publik yang responsif, termasuk dalam konteks kebencanaan, di mana penyampaian informasi peringatan dini merupakan salah satu bentuk layanan vital yang berorientasi pada keselamatan warga negara.

Prinsip ini diperkuat dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana yang menyebutkan bahwa sistem peringatan dini adalah bagian dari upaya pengurangan risiko bencana yang melibatkan pemerintah, masyarakat, dan dunia usaha melalui kegiatan pengamatan gejala bencana, analisis data, serta penyampaian informasi peringatan secara cepat kepada pihak-pihak terkait. Ketentuan ini diatur lebih lanjut dalam Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, yang menegaskan bahwa peringatan dini harus disusun berdasarkan hasil pemantauan secara ilmiah dan diintegrasikan ke dalam sistem komunikasi publik yang mudah dipahami masyarakat di tingkat lokal.

Pada tingkat daerah, pelaksanaan sistem peringatan dini diatur melalui Peraturan Daerah Kabupaten Malang Nomor 7 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Malang Tahun 2025–2045, yang menempatkan peningkatan ketahanan terhadap bencana dan perubahan iklim sebagai prioritas utama pembangunan daerah. Dalam dokumen tersebut disebutkan bahwa upaya mitigasi dilakukan melalui

penguatan sistem peringatan dini, perencanaan tanggap darurat, serta pembangunan infrastruktur yang tangguh bencana.

Lebih lanjut, secara kelembagaan, dasar operasional pelaksanaan sistem ini diperkuat dengan Peraturan Bupati Malang Nomor 25 Tahun 2011 tentang Organisasi Perangkat Daerah Badan Penanggulangan Bencana Daerah, yang menetapkan fungsi BPBD Kabupaten Malang dalam pencegahan, kesiapsiagaan, tanggap darurat, serta rehabilitasi dan rekonstruksi, termasuk tanggung jawab atas kegiatan pemberian peringatan dini kepada masyarakat secara cepat dan tepat. Selain itu, Peraturan Bupati Malang Nomor 01 Tahun 2005 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pelaksanaan Pemeliharaan Ketenteraman dan Ketertiban Umum juga menyebutkan bahwa sistem peringatan dini merupakan salah satu sarana penting dalam penanggulangan ketenteraman dan ketertiban masyarakat, terutama di wilayah rawan bencana seperti kawasan Gunung Semeru yang masuk dalam wilayah administratif Kabupaten Malang bagian timur.

Menurut UNISDR (2006), sistem peringatan dini yang efektif terdiri dari empat elemen utama, yaitu pengetahuan risiko, pemantauan dan analisis, diseminasi informasi, serta kemampuan respons masyarakat. Keempat elemen ini menegaskan bahwa sistem peringatan dini tidak dapat direduksi hanya sebagai perangkat teknologi semata, melainkan harus dipahami sebagai bagian integral dari tata kelola bencana (disaster governance) yang mencakup dimensi sosial, institusional, dan partisipatif. Dalam kerangka kelembagaan nasional, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menetapkan bahwa peringatan dini merupakan informasi resmi mengenai potensi bencana hidrometeorologi maupun geofisika yang dihasilkan melalui pemantauan dan analisis data secara real-time. BMKG menegaskan bahwa fungsi peringatan dini tidak berhenti pada penyampaian informasi, tetapi harus ditindaklanjuti oleh instansi pemerintah dan masyarakat dalam bentuk aksi cepat, dengan tujuan utama melindungi keselamatan jiwa dan meminimalkan kerugian (Kusuma et al., 2024).

Pada tingkat daerah, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) mendefinisikan sistem peringatan dini sebagai bagian dari rangkaian manajemen bencana yang berfungsi memastikan masyarakat memperoleh informasi tepat waktu untuk melakukan tindakan penyelamatan (Panma et al., 2024). BPBD menegaskan bahwa peringatan dini berbasis masyarakat merupakan strategi utama karena menempatkan warga sebagai penerima sekaligus penyampai informasi. Program seperti Desa Tangguh Bencana (Destana) dan Kelompok Siaga Bencana (KSB) dibangun untuk mengintegrasikan teknologi informasi dengan jejaring sosial lokal, sehingga pesan peringatan dapat ditransmisikan lebih cepat, dipahami secara kontekstual, dan ditindaklanjuti secara kolektif (Widiyarta & Arimurti Kriswibowo, 2023).

Dengan mempertimbangkan keseluruhan kerangka hukum dan kelembagaan tersebut, sistem informasi peringatan dini dalam konteks Kabupaten Malang dapat dimaknai sebagai instrumen tata kelola kebencanaan berbasis pelayanan publik yang bersifat multidimensional. Sistem ini mengintegrasikan unsur teknologi, kapasitas kelembagaan, dan partisipasi masyarakat dalam satu ekosistem mitigasi terpadu. BMKG berperan sebagai penyedia data ilmiah berbasis teknologi, BPBD sebagai pengelola serta penghubung kebijakan, sementara masyarakat melalui Destana dan KSB menjadi aktor kunci di lapangan. Dengan demikian, sistem peringatan dini tidak hanya berfungsi sebagai peringatan teknis terhadap potensi bahaya, tetapi juga sebagai sarana pemberdayaan masyarakat dan penguatan ketahanan sosial melalui mekanisme komunikasi yang jelas, koordinasi yang terstruktur, serta tindakan kolektif yang adaptif terhadap risiko letusan Gunung Semeru di wilayah Kabupaten Malang.

1.5.4 Mitigasi Bencana

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, mitigasi merupakan serangkaian langkah yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya serta dampak dari suatu bencana. Mitigasi dilakukan sebelum bencana terjadi melalui perencanaan dan pelaksanaan langkah-langkah strategis guna mengurangi risiko jangka panjang dan meningkatkan kesiapsiagaan. Bentuk nyata mitigasi bencana antara lain pembangunan tanggul, penerapan sistem peringatan dini, pelatihan evakuasi, sosialisasi tata cara bertindak saat bencana, serta integrasi teknologi untuk memantau dan mengevaluasi kondisi risiko (Lessy & Bemba, 2019). Dalam perspektif teori Difusi Inovasi yang dikemukakan oleh Everett M. Rogers, mitigasi bencana dapat dipahami sebagai proses penyebaran dan penerimaan inovasi dalam masyarakat. Mitigasi bencana terbagi menjadi dua bentuk utama, yaitu mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural.

1. Mitigasi Struktural

Mitigasi struktural merupakan inovasi yang bersifat teknologis atau fisik, seperti pembangunan tanggul, pemasangan sistem peringatan dini (early warning system), pemetaan wilayah rawan bencana, serta penguatan infrastruktur bangunan. Dalam pandangan Rogers, proses penerapan mitigasi struktural ini melalui lima tahap difusi inovasi, yaitu pengetahuan (knowledge), pembujukan (persuasion), keputusan (decision), penerapan (implementation), dan penguatan (confirmation). Tahap-tahap tersebut menjelaskan bagaimana masyarakat atau lembaga teknis mengenal teknologi baru, menilai manfaatnya, kemudian memutuskan untuk mengadopsi dan menerapkannya hingga akhirnya memperkuat kepercayaannya terhadap efektivitas inovasi tersebut. Dengan demikian, mitigasi struktural dapat dipahami sebagai hasil dari proses komunikasi inovasi teknis yang berhasil diterima dan dijalankan secara efektif oleh masyarakat dan lembaga pemerintah (Nurcahyo, Setyawan, & Ansori, 2022).

2. Mitigasi Non-struktural Mitigasi non-struktural berkaitan dengan inovasi sosial, yakni perubahan perilaku, kebijakan, dan tata nilai masyarakat dalam menghadapi risiko bencana. Bentuknya dapat berupa penyusunan regulasi kebencanaan, pendidikan publik, sosialisasi kesiapsiagaan, tata ruang berbasis risiko, serta pelatihan atau simulasi evakuasi. Dalam kerangka Rogers, mitigasi non-struktural lebih menekankan pada proses komunikasi dan penyebaran ide-ide baru melalui interaksi sosial, di mana masyarakat diperkenalkan padapengetahuan tentang bahaya bencana, diyakinkan akan pentingnya kesiapsiagaan, kemudian memutuskan untuk mengubah perilaku dan menerapkan langkah-langkah pencegahan secara mandiri maupun kolektif. Dengan demikian, mitigasi non-struktural mencerminkan keberhasilan difusi inovasi sosial yang menghasilkan kesadaran, perubahan sikap, dan partisipasi aktif masyarakat dalam mengurangi risiko bencana

Lebih jauh, literatur akademik menekankan bahwa mitigasi tidak dapat dilepaskan dari Disaster Management Cycle (DMC) (Mahardhani, Imamudin, & Hardiawan, 2021). Pada tahap mitigasi, langkah yang dapat ditempuh meliputi penyempurnaan regulasi, pembangunan sarana prasarana yang tangguh terhadap bencana, penguatan sistem informasi risiko, serta peningkatan koordinasi antarinstansi guna mencegah kerugian yang lebih besar. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mitigasi bencana dimaknai sebagai serangkaian usaha yang dilaksanakan oleh pemerintah daerah, khususnya BPBD Kabupaten Malang, untuk memperkuat kapasitas kelembagaan, mengintegrasikan kebijakan publik berbasis risiko, serta mendorong partisipasi masyarakat dalam menghadapi potensi erupsi gunung berapi.

1.6 Definisi Operasional

Dalam upaya memudahkan penelitian, diperlukan pembatasan dan fokus yang jelas untuk mempertegas ruang lingkup kajian. Oleh karena itu, disusunlah definisi operasional agar setiap konsep dalam penelitian dapat diterjemahkan secara terukur. Menurut Sugiyono (2012), Definisi operasional adalah perincian suatu konsep ke dalam indikator-indikator yang dapat diukur, diamati, serta dijadikan landasan dalam

proses pengumpulan data (Soesana et al., 2023). Dengan demikian, penelitian ini dapat diukur melalui indikator-indikator berikut ini.

1.6.1 Inovasi Sistem Informasi Peringatan Dini BPBD dalam Mengurangi Risiko Bencana Gunung Api Di Kabupaten Malang

1. Keunggulan Sistem dan Mekanisme Peringatan Dini
 - a. Pelayanan Informasi Kebencanaan Berbasis Teknologi.
 - b. Pelayanan Informasi Kebencanaan Berbasis Partisipasi Masyarakat.
2. Kesesuaian Penerapan Sistem Peringatan Dini
 - a. Infrastruktur Penyampaian Informasi Kebencanaan.
 - b. Sarana Akses Informasi kepada Masyarakat.
3. Penyederhanaan Tingkat Kompleksitas Sistem Peringatan Dini
 - a. Pengoperasian Teknologi Peringatan Dini secara Teknis.
 - b. Pemahaman Masyarakat terhadap Peringatan Dini.
4. Kemampuan Uji Coba Terbatas Sistem Peringatan Dini
 - a. Simulasi Peringatan Dini dan Evakuasi.
 - b. Coba Teknologi Monitoring Secara Bertahap.
5. Observasi Pelaksanaan Sistem Peringatan Dini
 - a. Dampak Sistem Peringatan Dini Terintegrasi.
 - b. Monitoring & Evaluasi Respon Masyarakat.

1.6.2 Permasalahan yang Dihadapi dalam Pelaksanaan Inovasi BPBD

- a. Sumber Daya Manusia dalam Pemeliharaan dan Pengoperasian Perangkat Sistem.
- b. Penerimaan Sosial terhadap Inovasi Sistem Peringatan Dini.

1.7 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kualitatif. Data primer dan sekunder dihimpun untuk menunjang kebutuhan riset. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung dan wawancara bersama pihak BPBD Kabupaten Malang, perangkat desa, serta masyarakat yang tergabung dalam Kelompok Siaga Bencana (KSB) dan Desa Tangguh Bencana (Destana). Data sekunder bersumber dari laporan resmi BPBD, publikasi BMKG dan PVMBG, serta dokumen kebijakan daerah yang

relevan dengan mitigasi bencana gunung berapi. Teknik pengumpulan data mencakup observasi, wawancara, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan melalui tahap reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai inovasi sistem informasi peringatan dini dalam mitigasi bencana gunung berapi di Kabupaten Malang.

1.7.1 Sumber Data

Dalam penelitian ini menerapkan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari informasi atau data yang didapatkan langsung di lapangan melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara. Data sekunder diperoleh dari sumber informasi tidak langsung berupa literatur, peraturan perundang-undangan, laporan, buku, serta hasil penelitian terdahulu.

a. Data primer

Untuk memperoleh data awal, penelitian dilakukan melalui wawancara dan temu langsung dengan narasumber seperti Kepala BPBD Kabupaten Malang, Sekretaris BPBD, serta pejabat dan staf pada bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan yang bertanggung jawab atas pelaksanaan inovasi sistem informasi peringatan dini, koordinasi kelembagaan, dan program mitigasi bencana.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh secara tidak langsung dari berbagai dokumen dan sumber tertulis, antara lain dokumen resmi BPBD Kabupaten Malang, publikasi dari BMKG dan PVMBG, peraturan perundang-undangan, serta informasi dari website resmi BPBD dan media sosial instansi terkait.

1.7.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Berdasarkan judul yang diangkat dalam penelitian ini, peneliti menetapkan lokasi penelitian di Kantor BPBD Ngadiluwih, Kedungpedaringan, Kepanjen, Kabupaten Malang yang dilaksanakan pada kegiatan Magang MBKM sejak 15 Juli hingga 15 November 2024. Tujuan penentuan lokasi tersebut adalah untuk memperoleh data yang berkaitan

dengan inovasi BPBD Kabupaten Malang yang telah dilaksanakan, sehingga informasi yang diperoleh dapat memudahkan peneliti dalam menyusun uraian pada tulisan hasil penelitian ini.

1.7.3 Subjek Penelitian

Subjek penelitian disini merupakan kunci (Key Informan) dalam penelitian ini. Dengan fokus pada penelitian tentang Pelaksanaan Inovasi Sistem Informasi Peringatan Dini. Adapun subjek penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini antara lain:

1. Kepala Pelaksana BPBD Kabupaten Malang
2. Sekretaris BPBD Kabupaten Malang
3. Unit Kerja Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan BPBD Kabupaten Malang

1.7.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan melalui dua metode pokok, yaitu observasi dan wawancara. Pendekatan tersebut dipilih dengan alasan untuk mendapatkan data yang tepat serta mendalam sesuai dengan konteks penelitian.

a. Observasi

Data penelitian dikumpulkan melalui observasi langsung di Kantor BPBD Kabupaten Malang serta wilayah rawan letusan gunung api. Observasi dilakukan untuk melihat secara nyata bagaimana sistem informasi peringatan dini dijalankan, bentuk koordinasi kelembagaan, serta keterlibatan masyarakat melalui program Kelompok Siaga Bencana (KSB) dan Desa Tangguh Bencana (Destana).

b. Wawancara

Guna memperoleh informasi yang lebih komprehensif, peneliti melakukan wawancara dengan informan dari BPBD Kabupaten Malang, seperti Kepala BPBD, Sekretaris, serta staf bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan. Wawancara juga dilakukan dengan perangkat desa serta perwakilan masyarakat yang aktif dalam KSB dan Destana untuk menggali

pengalaman mereka terkait penerapan sistem peringatan dini, koordinasi, dan strategi mitigasi bencana gunung api.

1.7.5 Teknik Analisa Data

Analisis data adalah proses pengolahan data yang diperoleh untuk mencapai tujuan penelitian (Kurniasih, Rusfiana, Subagyo, & Nuradhawati, 2021). Setelah analisis data, peneliti mendapatkan informasi yang berguna untuk pengambilan keputusan. Teknik analisis data yang digunakan mencakup beberapa langkah sebagai berikut:

a. Reduksi Data

Reduksi data dimaknai sebagai proses menyaring informasi yang diperoleh dengan menyeleksi aspek-aspek yang paling utama dan relevan dengan fokus penelitian, yakni inovasi sistem informasi peringatan dini dalam mitigasi bencana gunung berapi. Data dari wawancara dengan pejabat BPBD, perangkat desa, dan masyarakat melalui KSB/Destana diseleksi agar sesuai dengan tema inovasi, tata kelola, serta strategi mitigasi. Proses reduksi ini membantu peneliti untuk lebih fokus pada informasi yang mendukung rumusan masalah (Sugiyono, 2009).

b. Penyajian Data

Langkah selanjutnya ialah menampilkan data yang telah direduksi. Dalam penelitian kualitatif, penyajian data disusun dalam bentuk deskripsi naratif yang menggambarkan praktik inovasi BPBD, pola koordinasi dengan PVMBG, BMKG, TNI/Polri, serta partisipasi masyarakat dalam peringatan dini. Selain teks naratif, penyajian juga dapat berupa bagan alur sistem informasi peringatan dini dan peta jejaring kelembagaan, agar memudahkan pemahaman tentang pola tata kelola (Sugiyono, 2016; Miles & Huberman, 1994).

c. Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir ialah menyusun kesimpulan berdasarkan data yang sudah dipaparkan. Kesimpulan awal bersifat sementara, kemudian diverifikasi melalui perbandingan dengan data tambahan atau dokumen pendukung.

Kesimpulan akhir diharapkan mampu menjawab rumusan masalah penelitian, khususnya bagaimana BPBD Kabupaten Malang mengembangkan inovasi sistem informasi peringatan dini dalam mitigasi bencana gunung api, serta tantangan dan strategi penguatannya (Sugiyono, 2016)

