



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 14181-14188

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Strategi Manajemen Risiko dan Mitigasi Bencana Erupsi Gunung Merapi: Analisis Efektivitas dan Tantangan Kebijakan Berbasis Komunitas

Elisa Sihombing<sup>1</sup>, Reza Mochammad Arief Rizky<sup>2</sup>, Eka Putri Aryanti<sup>3</sup>, Rhegita Zahrotul Aulia<sup>4</sup>, M. Faiqul

Ashfa<sup>5</sup>, Fiorella Rafeyfa Prameswari<sup>6</sup>, Nuh Karma Hadiano<sup>7</sup>, M.Noer Falaq Al Amin<sup>8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8</sup>Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Ilmu Administrasi Negara, Universitas Negeri Surabaya

[24040674265@mhs.unesa.ac.id](mailto:24040674265@mhs.unesa.ac.id)

### Abstrak

*Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi paling aktif di dunia yang terletak di perbatasan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Aktivitas vulkaniknya yang terjadi secara berulang telah menimbulkan berbagai dampak serius, baik berupa korban jiwa maupun kerugian material yang tidak sedikit. Kondisi tersebut menjadikan upaya pengelolaan risiko dan mitigasi bencana sebagai prioritas utama dalam rangka melindungi masyarakat yang tinggal di kawasan rawan bencana. Tidak hanya itu, tingginya tingkat ancaman erupsi juga menuntut adanya strategi yang komprehensif, terencana, dan berkelanjutan agar dampak yang ditimbulkan dapat diminimalkan secara optimal. Kajian ini bertujuan untuk menelaah secara mendalam berbagai strategi manajemen risiko dan mitigasi bencana yang telah diterapkan di kawasan Gunung Merapi, sekaligus menilai tingkat efektivitas strategi tersebut dalam meredam dampak erupsi. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian literatur dengan metode analisis deskriptif, yang bersumber dari berbagai publikasi ilmiah, laporan resmi pemerintah, serta regulasi yang relevan dengan penanggulangan bencana. Hasil kajian menunjukkan bahwa pengelolaan risiko bencana di kawasan Merapi telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Hal ini ditandai dengan penguatan sistem deteksi dan peringatan dini, penyempurnaan zonasi kawasan rawan bencana, peningkatan peran aktif masyarakat lokal dalam kesiapsiagaan, serta terjalinnya sinergi yang lebih erat antara pemerintah, akademisi, dan masyarakat. Dengan demikian, kajian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan tata kelola kebencanaan sebagai bentuk inovasi sektor publik, khususnya melalui penerapan model manajemen risiko berbasis komunitas yang berpotensi menjadi rujukan bagi wilayah lain di Indonesia yang menghadapi ancaman bencana serupa.*

**Kata kunci:** Gunung Merapi, Manajemen Risiko Bencana, Mitigasi Bencana, Sistem Peringatan Dini, Pengurangan Risiko Bencana

### 1. Latar Belakang

Letak geografis Indonesia yang berada di jalur Cincin Api Pasifik menjadikannya sebagai salah satu negara dengan tingkat aktivitas vulkanik dan seismik tertinggi di dunia. Posisi ini terbentuk akibat pertemuan beberapa lempeng tektonik besar, seperti Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, yang terus bergerak dan berinteraksi secara dinamis. Akibatnya, Indonesia memiliki lebih dari 127 gunung berapi aktif, sehingga menempatkannya pada posisi tertinggi secara global dalam hal jumlah gunung berapi aktif (BNPB, 2021). Kondisi ini menyebabkan sebagian besar wilayah Indonesia memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana geologi, khususnya erupsi gunung berapi. Jutaan penduduk yang tinggal di sekitar kawasan rawan bencana harus hidup berdampingan dengan potensi ancaman yang dapat terjadi kapan saja, baik dalam skala kecil maupun besar.

Selain risiko terhadap keselamatan jiwa, aktivitas vulkanik juga membawa dampak luas terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Erupsi gunung berapi dapat merusak permukiman, lahan pertanian, infrastruktur, serta mengganggu aktivitas ekonomi masyarakat dalam jangka pendek maupun panjang. Oleh karena itu, diperlukan upaya mitigasi dan kesiapsiagaan yang matang guna mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana tersebut.

Di antara banyaknya gunung berapi aktif di Indonesia, Gunung Merapi yang terletak di perbatasan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah dikenal sebagai salah satu yang paling aktif dan berbahaya di dunia.

---

Strategi Manajemen Risiko dan Mitigasi Bencana Erupsi Gunung Merapi: Analisis Efektivitas dan Tantangan Kebijakan Berbasis Komunitas

Gunung ini memiliki karakteristik erupsi yang khas, yaitu letusan eksplosif disertai awan panas guguran yang sangat mematikan. Dengan ketinggian mencapai 2.930 meter di atas permukaan laut, Merapi telah mengalami berbagai erupsi besar sepanjang sejarah, di antaranya pada tahun 1930, 1994, 2006, dan yang paling besar terjadi pada tahun 2010.

Erupsi tahun 2010 menjadi salah satu peristiwa paling dahsyat yang pernah terjadi, dengan dampak yang sangat luas terhadap masyarakat sekitar. Peristiwa tersebut menyebabkan lebih dari 350 korban jiwa dan memaksa lebih dari 400.000 orang mengungsi dari tempat tinggal mereka (Surono et al., 2012). Besarnya jumlah korban dan pengungsi menunjukkan tingginya tingkat kerentanan masyarakat di sekitar kawasan Merapi.

Kondisi ini semakin diperparah oleh tingginya kepadatan penduduk di wilayah sekitar gunung, yang mencapai lebih dari satu juta jiwa dalam radius 30 kilometer. Kombinasi antara aktivitas vulkanik yang intens dan kepadatan penduduk yang tinggi menjadikan Gunung Merapi sebagai salah satu gunung berapi dengan potensi risiko kemanusiaan terbesar di kawasan Asia Tenggara. Oleh karena itu, diperlukan perhatian serius dalam pengelolaan risiko bencana di kawasan ini.

Manajemen risiko bencana dapat dipahami sebagai suatu rangkaian tindakan terstruktur yang meliputi identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko guna meminimalkan dampak buruk bencana terhadap nyawa manusia, infrastruktur, dan kelestarian lingkungan (UNDRR, 2019). Pendekatan ini menekankan bahwa bencana tidak hanya dipandang sebagai peristiwa alam semata, tetapi juga sebagai hasil interaksi antara ancaman alam dengan tingkat kerentanan masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan risiko bencana harus dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan, dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan dari tingkat lokal hingga nasional. Dalam konteks bencana vulkanik, pendekatan manajemen risiko menjadi sangat penting mengingat karakteristik ancaman yang dapat berkembang secara cepat dan sulit diprediksi secara pasti.

Dalam penanganan bencana vulkanik, pendekatan manajemen risiko tidak hanya berfokus pada aspek teknis seperti pemantauan aktivitas gunung berapi dan penyebaran informasi peringatan dini kepada masyarakat. Lebih dari itu, pendekatan ini juga mencakup dimensi sosial, budaya, ekonomi, dan kelembagaan yang saling berkaitan secara kompleks. Misalnya, tingkat pemahaman masyarakat terhadap risiko bencana, kepercayaan terhadap informasi resmi, serta kearifan lokal dalam menghadapi ancaman alam menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan upaya mitigasi. Dengan demikian, pengelolaan risiko bencana harus mengintegrasikan berbagai dimensi tersebut agar dapat menghasilkan strategi yang komprehensif dan efektif. Cara pandang ini selaras dengan semangat inovasi dalam tata kelola kebencanaan yang mengedepankan kolaborasi lintas sektor serta penguatan kapasitas komunitas lokal sebagai garda terdepan dalam menghadapi bencana.

Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030 menegaskan pentingnya pendekatan yang menyeluruh dan berbasis bukti empiris dalam manajemen risiko bencana (UNDRR, 2015). Kerangka kerja global ini memberikan arah strategis bagi negara-negara di dunia untuk memperkuat ketahanan terhadap bencana melalui peningkatan pemahaman risiko, penguatan tata kelola, investasi dalam pengurangan risiko, serta peningkatan kesiapsiagaan dan pemulihan yang lebih baik. Implementasi kerangka ini mendorong negara untuk tidak hanya berfokus pada respons darurat, tetapi juga pada upaya pencegahan dan mitigasi yang terencana.

Di kawasan Gunung Merapi, implementasi prinsip-prinsip tersebut telah menunjukkan kemajuan yang cukup signifikan dalam dua dekade terakhir. Hal ini terutama terlihat setelah diterbitkannya Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana yang menjadi landasan hukum utama dalam pengelolaan bencana di Indonesia. Regulasi ini menandai perubahan paradigma penting dari pendekatan yang sebelumnya bersifat reaktif terhadap bencana menjadi pendekatan yang lebih proaktif melalui pengurangan risiko bencana secara terencana dan komprehensif (Djalante et al., 2012). Selain itu, undang-undang tersebut juga mengamankan pembentukan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) di tingkat pusat serta Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) di tingkat daerah, yang berperan sebagai koordinator dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana.

Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian ini menetapkan empat tujuan utama, yaitu: pertama, menguraikan karakteristik bahaya vulkanik Gunung Merapi beserta potensi risiko yang ditimbulkannya; kedua, menjabarkan berbagai strategi manajemen risiko dan mitigasi bencana yang telah diterapkan di kawasan tersebut; ketiga, mengevaluasi efektivitas implementasi strategi-strategi tersebut dalam mengurangi dampak bencana; dan

keempat, menyusun rekomendasi yang dapat digunakan untuk menyempurnakan manajemen risiko bencana di masa mendatang.

Kebaruan dari kajian ini terletak pada upaya untuk mensintesis secara menyeluruh antara aspek teknis-ilmiah dalam pemantauan aktivitas vulkanik dengan dimensi sosial dan kelembagaan dalam manajemen risiko bencana. Selama ini, kedua aspek tersebut dalam literatur kebencanaan Indonesia cenderung dibahas secara terpisah, sehingga belum menghasilkan gambaran yang utuh mengenai pengelolaan risiko bencana. Dengan mengintegrasikan kedua perspektif tersebut, diharapkan kajian ini dapat memberikan kontribusi yang lebih komprehensif dalam pengembangan strategi penanggulangan bencana yang efektif, adaptif, dan berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Kajian ini menerapkan pendekatan tinjauan literatur (literature review) yang bersifat deskriptif-analitis. Pilihan metode ini didasari oleh kemampuannya dalam mengintegrasikan temuan dari berbagai sumber yang relevan guna menjawab pertanyaan penelitian secara sistematis dan komprehensif. Sumber-sumber yang dikaji mencakup empat kategori utama: (1) artikel ilmiah dari jurnal internasional dan nasional terindeks di bidang vulkanologi dan penanggulangan bencana; (2) laporan resmi yang diterbitkan BNPB, BPPTKG, dan Kementerian ESDM; (3) dokumen kebijakan penanggulangan bencana; serta (4) laporan dari organisasi internasional seperti UNDRR dan UNDP.

Penelusuran pustaka dilakukan melalui basis data Google Scholar, Scopus, dan Web of Science menggunakan kata kunci yang relevan dalam Bahasa Indonesia maupun Inggris, mencakup publikasi yang terbit antara tahun 2000 hingga 2024. Analisis dilakukan secara bertahap: dimulai dengan pemetaan tema-tema pokok yang muncul dari literatur, kemudian mensintesisnya menjadi pemahaman terpadu mengenai praktik dan perkembangan manajemen risiko bencana di kawasan Gunung Merapi.

## 3. Hasil dan Diskusi

### A. Karakteristik Bahaya Vulkanik Gunung Merapi

Secara geologis, Gunung Merapi tergolong sebagai stratovolcano yang memiliki karakteristik erupsi eksplosif dengan dominasi pembentukan kubah lava dan guguran material vulkanik. Salah satu bahaya utama yang dihasilkan dari aktivitas gunung ini adalah awan panas atau pyroclastic density current (PDC), yang dalam tradisi masyarakat Jawa dikenal dengan istilah “wedhus gembel.” Fenomena ini merupakan campuran material vulkanik berupa gas panas, abu, dan fragmen batuan yang bergerak menuruni lereng gunung dengan kecepatan sangat tinggi. Awan panas ini mampu melaju hingga mencapai kecepatan sekitar 200 km/jam dengan suhu berkisar antara 300 hingga 700°C, sehingga menjadikannya sebagai salah satu ancaman vulkanik paling mematikan dan sulit untuk dihindari oleh manusia (Charbonnier & Gertisser, 2008). Dalam banyak kasus, korban jiwa akibat erupsi Merapi sebagian besar disebabkan oleh paparan langsung terhadap awan panas ini.

Selain ancaman awan panas, aktivitas Gunung Merapi juga memunculkan berbagai potensi bahaya lain yang tidak kalah signifikan. Salah satunya adalah aliran lahar, baik lahar panas maupun lahar dingin, yang terbentuk dari campuran material vulkanik dengan air hujan. Aliran ini dapat mengalir melalui sungai-sungai yang berhulu di puncak gunung dan berpotensi merusak permukiman, lahan pertanian, serta infrastruktur di daerah hilir. Selain itu, hujan abu vulkanik juga menjadi ancaman yang berdampak luas, tidak hanya pada kesehatan masyarakat—seperti gangguan pernapasan dan iritasi mata—tetapi juga terhadap aktivitas ekonomi, transportasi, dan pertanian. Emisi gas beracun seperti sulfur dioksida dan karbon dioksida juga dapat membahayakan kehidupan manusia dan hewan, terutama jika terakumulasi dalam konsentrasi tinggi di daerah tertentu. Di samping itu, aktivitas vulkanik Merapi sering kali disertai dengan gempa vulkanik yang dapat menimbulkan kepanikan dan mempercepat proses evakuasi masyarakat di sekitar gunung.

Dalam rangka mengelola berbagai risiko tersebut, pemerintah telah menetapkan pembagian kawasan sekitar Gunung Merapi ke dalam tiga zona Kawasan Rawan Bencana (KRB). Pembagian ini didasarkan pada tingkat potensi bahaya yang mungkin terjadi di masing-masing wilayah. KRB III merupakan zona dengan tingkat risiko tertinggi yang berada dalam radius sekitar 3 km dari puncak gunung. Kawasan ini ditetapkan sebagai zona terlarang untuk hunian tetap karena sangat rentan terhadap paparan langsung awan panas, lontaran material vulkanik, serta aliran lava. Oleh karena itu, tidak diperkenankan adanya aktivitas permukiman permanen di wilayah ini.

Selanjutnya, KRB II merupakan kawasan dengan tingkat risiko menengah, di mana aktivitas masyarakat masih diperbolehkan dengan sejumlah pembatasan tertentu. Umumnya, wilayah ini dimanfaatkan untuk kegiatan

pertanian, namun dengan tetap memperhatikan kondisi aktivitas gunung serta mengikuti arahan dari otoritas terkait. Sementara itu, KRB I berfungsi sebagai zona penyangga yang mengelilingi wilayah dengan risiko lebih tinggi. Meskipun tingkat ancamannya relatif lebih rendah, masyarakat yang tinggal di zona ini tetap perlu memiliki kesiapsiagaan yang baik terhadap potensi bencana yang dapat terjadi sewaktu-waktu (Lavigne et al., 2008).

Pembagian zona KRB ini menjadi instrumen penting dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan risiko bencana di kawasan Merapi. Dengan adanya zonasi yang jelas, pemerintah dapat mengatur pemanfaatan lahan, menentukan prioritas evakuasi, serta merancang strategi mitigasi yang lebih tepat sasaran. Namun, implementasi kebijakan ini tidak selalu berjalan mudah, mengingat adanya tekanan sosial dan ekonomi yang mendorong masyarakat untuk tetap tinggal atau beraktivitas di kawasan rawan bencana.

Selain itu, Gunung Merapi dikenal memiliki siklus erupsi yang relatif pendek dan berulang, yaitu berkisar antara 2 hingga 7 tahun sekali. Pola aktivitas yang dinamis ini menuntut adanya kewaspadaan yang tinggi dan berkelanjutan dari berbagai pihak, baik pemerintah maupun masyarakat. Sistem pemantauan yang andal menjadi sangat penting untuk mendeteksi perubahan aktivitas gunung secara dini dan memberikan peringatan yang akurat kepada masyarakat. Teknologi pemantauan seperti seismograf, pengamatan visual, serta pemantauan deformasi gunung menjadi bagian integral dalam upaya ini.

Dengan demikian, karakteristik geologis Gunung Merapi yang kompleks serta frekuensi erupsinya yang tinggi menjadikan pengelolaan risiko bencana di kawasan ini sebagai tantangan yang tidak sederhana. Diperlukan pendekatan yang komprehensif, terpadu, dan berkelanjutan untuk memastikan keselamatan masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Upaya ini tidak hanya bergantung pada teknologi dan kebijakan, tetapi juga pada kesadaran dan partisipasi aktif masyarakat dalam menghadapi ancaman bencana (Newhall et al., 2000).

## B. Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini

Pemantauan aktivitas Gunung Merapi merupakan salah satu komponen kunci dalam upaya pengurangan risiko bencana di Indonesia, khususnya di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah yang berada dalam kawasan rawan erupsi. Tanggung jawab utama dalam kegiatan ini berada di bawah Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi (BPPTKG), sebuah lembaga teknis yang memiliki peran strategis dalam mengamati, menganalisis, serta memberikan informasi terkait dinamika aktivitas vulkanik Merapi. Dalam menjalankan tugasnya, BPPTKG didukung oleh jaringan instrumen pemantauan yang sangat beragam dan terus diperbarui sesuai perkembangan teknologi. Instrumen tersebut meliputi seismograf untuk mendeteksi gempa vulkanik, tiltmeter untuk mengukur perubahan kemiringan lereng gunung, GPS untuk memantau pergeseran posisi permukaan tanah, kamera CCTV untuk pengamatan visual secara langsung, serta berbagai sensor deformasi lainnya yang mampu merekam perubahan fisik tubuh gunung secara detail. Seluruh sistem ini bekerja secara real-time dan beroperasi selama 24 jam tanpa henti, sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap setiap perubahan aktivitas yang berpotensi mengarah pada erupsi.

Data yang dihasilkan dari berbagai instrumen tersebut kemudian dianalisis oleh para ahli vulkanologi untuk menentukan tingkat aktivitas Gunung Merapi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, status keaktifan Merapi diklasifikasikan ke dalam empat tingkat, yaitu Normal (Level I), Waspada (Level II), Siaga (Level III), dan Awas (Level IV). Setiap tingkat status memiliki implikasi yang berbeda terhadap langkah-langkah mitigasi yang harus dilakukan oleh pemerintah maupun masyarakat. Pada Level I dan II, aktivitas gunung relatif stabil meskipun mulai menunjukkan peningkatan tertentu, sehingga masyarakat diimbau untuk tetap waspada. Ketika status meningkat menjadi Level III (Siaga), persiapan evakuasi mulai dilakukan, termasuk penyiapan tempat pengungsian dan logistik. Sementara itu, pada Level IV (Awas), seluruh penduduk yang berada dalam radius berbahaya diwajibkan untuk segera mengungsi demi menghindari risiko korban jiwa.

Efektivitas sistem pemantauan dan peringatan dini ini telah terbukti dalam berbagai episode peningkatan aktivitas Gunung Merapi. Masyarakat yang tinggal di kawasan rawan umumnya mendapatkan waktu yang cukup untuk melakukan evakuasi sebelum ancaman mencapai puncaknya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dibangun tidak hanya mampu mendeteksi aktivitas vulkanik secara akurat, tetapi juga berhasil menerjemahkan informasi teknis menjadi langkah-langkah konkret yang dapat menyelamatkan nyawa manusia (Surono et al., 2012). Keberhasilan ini tentu tidak terlepas dari koordinasi yang baik antara BPPTKG, pemerintah daerah, aparat keamanan, serta masyarakat setempat.

Seiring dengan perkembangan zaman, kemajuan teknologi informasi turut memberikan kontribusi signifikan dalam memperkuat sistem peringatan dini di kawasan Merapi. Jika sebelumnya penyebaran informasi lebih

banyak mengandalkan metode konvensional seperti radio atau pengumuman langsung, kini informasi mengenai status aktivitas Merapi dapat diakses secara cepat dan luas melalui berbagai platform digital. BPPTKG menyediakan informasi terkini melalui laman resmi yang dapat diakses oleh masyarakat umum, serta memanfaatkan media sosial untuk menyebarkan pembaruan status secara real-time. Selain itu, layanan pesan singkat (SMS) juga digunakan untuk menjangkau masyarakat hingga ke wilayah-wilayah terpencil yang mungkin memiliki keterbatasan akses internet.

Pemanfaatan berbagai saluran komunikasi ini memungkinkan informasi penting dapat diterima oleh masyarakat dalam waktu singkat, sehingga meningkatkan kecepatan respons terhadap potensi bencana. Tidak hanya itu, penyebaran informasi yang inklusif juga membantu mengurangi kesenjangan akses informasi antara masyarakat perkotaan dan pedesaan. Dengan demikian, setiap individu memiliki kesempatan yang sama untuk mendapatkan peringatan dini dan mengambil langkah yang diperlukan untuk melindungi diri dan keluarganya (Donovan et al., 2012).

Kombinasi antara pemantauan ilmiah yang canggih dan sistem penyebaran informasi yang efektif telah menjadi fondasi utama dalam arsitektur kesiapsiagaan bencana di kawasan Gunung Merapi. Integrasi antara teknologi dan komunikasi ini tidak hanya meningkatkan akurasi dalam mendeteksi potensi bahaya, tetapi juga memastikan bahwa informasi tersebut dapat diterjemahkan menjadi tindakan nyata di tingkat masyarakat. Dalam konteks ini, keberhasilan sistem peringatan dini tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh kemampuan dalam membangun kepercayaan dan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya informasi yang diberikan.

Dengan demikian, penguatan sistem pemantauan dan peringatan dini di kawasan Merapi harus terus dilakukan secara berkelanjutan. Inovasi teknologi perlu diiringi dengan peningkatan kapasitas sumber daya manusia serta penguatan sistem komunikasi yang adaptif terhadap kebutuhan masyarakat. Upaya ini menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa risiko bencana dapat diminimalkan, serta keselamatan masyarakat tetap menjadi prioritas utama dalam setiap kebijakan penanggulangan bencana.

### C. Zonasi Kawasan Rawan Bencana dan Mitigasi Struktural

Penetapan dan pengelolaan Kawasan Rawan Bencana (KRB) merupakan salah satu instrumen terpenting dalam kerangka manajemen risiko Gunung Merapi. Peta KRB disusun berdasarkan kajian ilmiah terhadap potensi bahaya vulkanik, seperti aliran lava, awan panas, dan lahar, serta diperbarui secara berkala dengan mengacu pada data pemantauan terbaru. Pembaruan ini bertujuan untuk memastikan bahwa peta tersebut tetap relevan dengan kondisi riil di lapangan yang bersifat dinamis. Dengan adanya peta KRB, pemerintah memiliki dasar yang kuat dalam merencanakan tata ruang wilayah, menentukan zona aman untuk permukiman, serta mengatur aktivitas masyarakat di kawasan rawan bencana.

Namun demikian, implementasi kebijakan berbasis peta KRB tidak selalu berjalan mulus. Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi adalah keberadaan permukiman yang telah lama berdiri di kawasan KRB II dan III, yang secara teknis termasuk dalam zona berisiko tinggi. Warga yang tinggal di wilayah tersebut umumnya enggan untuk direlokasi karena memiliki keterikatan emosional, budaya, dan sosial yang kuat terhadap tanah leluhur mereka. Selain itu, faktor ekonomi juga menjadi alasan utama, mengingat tanah di sekitar Gunung Merapi terkenal sangat subur dan mendukung aktivitas pertanian yang menjadi sumber penghidupan utama masyarakat. Kondisi ini menimbulkan dilema antara kebutuhan untuk menjaga keselamatan masyarakat dan mempertahankan keberlanjutan kehidupan sosial-ekonomi mereka. Meskipun peta KRB telah diintegrasikan ke dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), pelaksanaannya di lapangan masih menghadapi kendala, terutama terkait lemahnya penegakan aturan terhadap pembangunan baru di kawasan yang seharusnya dibatasi atau dilarang (Harrowfield et al., 2010).

Dalam ranah mitigasi fisik atau struktural, pemerintah telah melakukan berbagai upaya untuk mengurangi risiko bencana, salah satunya melalui pembangunan lebih dari 200 sabo dam di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Infrastruktur ini berfungsi untuk menangkap, menahan, dan memperlambat aliran material vulkanik, seperti pasir, batu, dan lumpur, sehingga tidak langsung mengalir ke kawasan permukiman di bagian hilir (Lavigne et al., 2000). Pembangunan sabo dam ini tidak terlepas dari dukungan teknis dan pendanaan dari Japan International Cooperation Agency (JICA), yang telah lama berkontribusi dalam pengelolaan risiko bencana di Indonesia.

Selain sabo dam, berbagai langkah mitigasi struktural lainnya juga telah dikembangkan, seperti pembangunan tanggul penahan lahar untuk melindungi wilayah permukiman, pembuatan kantong lahar sebagai tempat penampungan sementara material vulkanik, serta penyediaan jaringan jalan evakuasi yang dilengkapi dengan papan penunjuk arah untuk memudahkan mobilisasi masyarakat saat terjadi keadaan darurat. Pasca erupsi besar

tahun 2010, pemerintah juga membangun sejumlah bunker sebagai sarana perlindungan sementara bagi warga. Namun, efektivitas penggunaan bunker tersebut masih menjadi perdebatan di kalangan para ahli, terutama terkait kapasitas, lokasi, serta kesiapan penggunaannya dalam situasi darurat (Andreastuti et al., 2019).

#### D. Kesiapsiagaan Berbasis Komunitas

Program Desa Tangguh Bencana (Destana) dikembangkan secara masif di ratusan desa yang berada di kawasan rawan bencana Gunung Merapi pascaerupsi besar tahun 2010. Program ini merupakan salah satu bentuk implementasi nyata dari upaya pengurangan risiko bencana berbasis masyarakat, yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas lokal dalam menghadapi ancaman bencana secara mandiri dan berkelanjutan. Dalam pelaksanaannya, Destana mencakup berbagai kegiatan penting, seperti pelatihan bagi tim relawan lokal, penyusunan rencana evakuasi yang disesuaikan dengan karakteristik geografis dan sosial masing-masing desa, serta pengembangan sistem peringatan dini yang dikelola langsung oleh komunitas setempat (BNPB, 2012). Pendekatan ini memungkinkan masyarakat untuk tidak hanya menjadi objek penanganan bencana, tetapi juga sebagai subjek aktif dalam proses mitigasi dan kesiapsiagaan.

Keberadaan relawan lokal yang tergabung dalam kelompok “Jogo Merapi” menjadi salah satu elemen kunci dalam keberhasilan program ini. Mereka berperan strategis sebagai jembatan komunikasi antara informasi ilmiah yang dihasilkan oleh BPPTKG dengan pemahaman masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan gunung. Informasi teknis yang sering kali kompleks diterjemahkan menjadi bahasa yang lebih sederhana dan mudah dipahami oleh masyarakat awam. Selain itu, para relawan juga berperan penting dalam mengintegrasikan kearifan lokal ke dalam sistem penanganan bencana. Pengetahuan tradisional mengenai tanda-tanda alam menjelang erupsi, seperti perubahan perilaku hewan atau kondisi lingkungan, dikombinasikan dengan data ilmiah untuk memperkuat sistem respons komunitas yang lebih komprehensif (Donovan et al., 2012).

Simulasi evakuasi yang dilaksanakan secara berkala juga menjadi bagian penting dari program Destana. Kegiatan ini terbukti mampu meningkatkan kesadaran, pemahaman, serta kesiapan masyarakat dalam menghadapi potensi bencana. Melalui simulasi, masyarakat dapat memahami jalur evakuasi, prosedur penyelamatan, serta peran masing-masing individu dalam situasi darurat. Namun demikian, masih terdapat tantangan dalam pelaksanaannya, terutama terkait dengan keterlibatan kelompok rentan. Lansia, penyandang disabilitas, serta anak-anak sering kali belum terakomodasi secara optimal dalam skenario evakuasi yang ada.

Oleh karena itu, peningkatan inklusivitas dalam program kesiapsiagaan menjadi agenda penting yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut. Upaya ini dapat dilakukan melalui penyusunan prosedur evakuasi yang ramah kelompok rentan, penyediaan fasilitas pendukung, serta pelibatan mereka secara aktif dalam setiap kegiatan simulasi. Dengan demikian, program Destana diharapkan tidak hanya meningkatkan kesiapsiagaan secara umum, tetapi juga mampu menjamin perlindungan yang adil dan menyeluruh bagi seluruh lapisan masyarakat (Mei et al., 2013).

#### E. Evaluasi Efektivitas dan Tantangan

Secara keseluruhan, perkembangan strategi manajemen risiko di kawasan Merapi mencerminkan kemajuan yang nyata dan terukur dalam upaya pengurangan dampak bencana. Perubahan ini tidak terjadi secara instan, melainkan melalui proses panjang yang melibatkan pembelajaran dari berbagai peristiwa erupsi sebelumnya, penguatan kapasitas kelembagaan, serta peningkatan partisipasi masyarakat. Salah satu indikator penting yang dapat digunakan untuk menilai efektivitas strategi tersebut adalah perbandingan jumlah korban jiwa pada beberapa erupsi besar yang terjadi dalam kurun waktu berbeda. Data menunjukkan bahwa pada erupsi tahun 1994 tercatat sebanyak 64 korban jiwa, kemudian menurun drastis menjadi 2 orang pada erupsi tahun 2006, dan meningkat kembali menjadi 353 orang pada erupsi tahun 2010. Pola ini menunjukkan dinamika yang kompleks, di mana jumlah korban tidak semata-mata dipengaruhi oleh kapasitas manajemen risiko, tetapi juga oleh faktor lain seperti intensitas erupsi, kecepatan respons, serta tingkat kepatuhan masyarakat terhadap arahan evakuasi.

Meskipun terjadi peningkatan jumlah korban pada erupsi 2010, hal ini tidak serta-merta mencerminkan kegagalan manajemen risiko. Sebaliknya, jika dilihat dari skala dan intensitas erupsi yang jauh lebih besar dibandingkan periode sebelumnya, kapasitas manajemen risiko justru menunjukkan kontribusi signifikan dalam menekan jumlah korban secara relatif. Salah satu bukti paling konkret adalah keberhasilan pelaksanaan evakuasi massal terhadap lebih dari 400.000 jiwa dalam waktu yang relatif singkat. Proses evakuasi ini melibatkan koordinasi berbagai pihak, mulai dari pemerintah pusat dan daerah, aparat keamanan, relawan, hingga masyarakat itu sendiri. Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa sistem peringatan dini, jalur evakuasi, serta kesiapsiagaan masyarakat telah berkembang secara signifikan dan mampu berfungsi secara efektif dalam situasi darurat (Surono et al., 2012).

Namun demikian, di balik capaian tersebut, masih terdapat sejumlah tantangan serius yang belum sepenuhnya teratasi. Salah satu persoalan yang terus berulang adalah fenomena “kembali dini”, yaitu perilaku sebagian warga yang memilih kembali ke tempat tinggal mereka sebelum status bahaya benar-benar dinyatakan aman oleh otoritas berwenang. Fenomena ini mencerminkan adanya dilema yang dihadapi masyarakat antara kebutuhan ekonomi jangka pendek dan keselamatan jangka panjang. Banyak warga yang bergantung pada aktivitas pertanian, peternakan, atau usaha kecil di sekitar kawasan rawan bencana, sehingga meninggalkan tempat tinggal dalam waktu lama dapat berdampak langsung pada sumber penghidupan mereka. Kondisi ini menunjukkan bahwa strategi manajemen risiko tidak cukup hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga harus mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi yang memengaruhi perilaku masyarakat (Mei et al., 2013).

Selain itu, tantangan lain yang tidak kalah penting adalah terkait dengan koordinasi antar-lembaga yang belum sepenuhnya optimal. Meskipun telah ada pembagian peran antara berbagai institusi, dalam praktiknya masih sering terjadi tumpang tindih kewenangan, kurangnya sinkronisasi data, serta hambatan komunikasi yang dapat mengurangi efektivitas penanganan bencana. Keterbatasan anggaran operasional juga menjadi kendala yang memengaruhi keberlanjutan program-program mitigasi dan kesiapsiagaan. Banyak inisiatif yang telah dirancang dengan baik, namun pelaksanaannya belum maksimal akibat keterbatasan sumber daya yang tersedia.

Di sisi lain, tekanan pembangunan di kawasan sekitar Merapi juga menjadi tantangan struktural yang semakin kompleks. Pertumbuhan penduduk dan kebutuhan akan lahan permukiman maupun ekonomi mendorong masyarakat untuk tetap tinggal atau bahkan berpindah ke wilayah yang sebenarnya termasuk dalam zona berisiko tinggi. Hal ini secara tidak langsung meningkatkan tingkat kerentanan terhadap bencana dan menyulitkan upaya pengendalian risiko yang telah dirancang sebelumnya. Jika tidak diatur dengan baik, fenomena ini berpotensi mengurangi efektivitas kebijakan zonasi dan memperbesar dampak bencana di masa mendatang (Djalante et al., 2012).

Dengan demikian, meskipun strategi manajemen risiko di kawasan Merapi telah menunjukkan kemajuan yang signifikan, upaya penyempurnaan tetap diperlukan, terutama dalam mengatasi tantangan-tantangan yang bersifat sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Pendekatan yang lebih holistik dan terintegrasi menjadi kunci untuk memastikan bahwa keberhasilan yang telah dicapai dapat dipertahankan dan ditingkatkan di masa depan.

#### 4. Kesimpulan

Gunung Merapi, dengan status sebagai salah satu gunung berapi paling aktif di dunia, menghadirkan perpaduan tantangan yang luar biasa kompleks dalam pengelolaan risiko bencana yakni tingginya intensitas bahaya vulkanik yang berpadu dengan kepadatan penduduk di kawasan sekitarnya. Serangkaian upaya yang telah dikembangkan, mulai dari sistem pemantauan berteknologi tinggi, penataan zonasi kawasan rawan bencana, pembangunan infrastruktur mitigasi struktural, hingga penguatan kapasitas kesiapsiagaan di tingkat komunitas, telah memberikan kontribusi nyata dalam mengurangi angka korban jiwa dan meningkatkan kemampuan respons masyarakat secara keseluruhan. Kajian ini berkontribusi pada pengisian kesenjangan pengetahuan mengenai pentingnya mengintegrasikan dimensi sosial-budaya ke dalam kerangka manajemen risiko bencana vulkanik sebagai wujud inovasi tata kelola sektor publik. Model kesiapsiagaan berbasis komunitas yang dikembangkan di kawasan Merapi berpotensi menjadi rujukan bagi daerah-daerah lain yang menghadapi ancaman vulkanik serupa di Indonesia. Ke depan, diperlukan pendekatan yang lebih holistik dan inklusif, dengan menempatkan masyarakat bukan sekadar sebagai objek, melainkan sebagai aktor utama dalam upaya pengurangan risiko bencana. Adaptasi terhadap perubahan iklim yang semakin mempengaruhi pola dan intensitas aliran lahar juga perlu menjadi bagian integral dari agenda strategis yang harus segera ditindaklanjuti oleh pemerintah daerah dan lembaga penanggulangan bencana nasional.

#### Referensi

1. Alexander, D. (2002). *Principles of emergency planning and management*. Oxford University Press.
2. Andreastuti, S., Subandriyo, J., Innocentin, F., & Harjono, H. (2019). Character of community response to volcanic crises at Merapi and Kelud volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 382, 298–310.
3. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2012). *Panduan desa/kelurahan tangguh bencana*. BNPB.
4. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2021). *Indeks risiko bencana Indonesia 2021*. BNPB.
5. Charbonnier, S. J., & Gertisser, R. (2008). Field observations and surface characteristics of pristine block-and-ash flow deposits from the 2006 eruption of Merapi Volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 177(4), 971–982.
6. Djalante, R., Holley, C., & Thomalla, F. (2012). Adaptive governance and managing resilience to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2(4), 1–14.
7. Donovan, K., Suryanto, A., & Utami, P. (2012). Mapping cultural vulnerability in volcanic regions. *Environmental Hazards*, 11(4), 303–323.
8. Harrowfield, M., Lacey, J., & Durrant, B. (2010). *Disaster preparedness planning in Indonesia*. Asian Disaster Preparedness Center.

9. Kelman, I., & Mather, T. A. (2008). Living with volcanoes: The sustainable livelihoods approach for volcano-related opportunities. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3–4), 189–198.
10. Lavigne, F., Thouret, J. C., Voight, B., Suwa, H., & Sumaryono, A. (2000). Lahars at Merapi volcano, Central Java: An overview. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1–4), 423–456.
11. Lavigne, F., De Coster, B., Juvin, N., Flohic, F., Gaillard, J. C., Texier, P., Morin, J., & Sartohadi, J. (2008). People's behaviour in the face of volcanic hazards: Perspectives from Javanese communities. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3–4), 273–287.
12. Mei, E. T. W., Lavigne, F., Picquout, A., de Bélizal, E., Brunstein, D., Grancher, D., Sartohadi, J., Cholik, N., & Vidal, C. (2013). Lessons learned from the 2010 evacuations at Merapi volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 261, 348–365.
13. Newhall, C., Bronto, S., Alloway, B., Banks, N. G., Bahar, I., del Marmol, M. A., Hadisantono, R. D., & Wirakusumah, A. D. (2000). 10,000 years of explosive eruptions of Merapi Volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1–4), 9–50.
14. Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities: Natural disaster and social resilience*. Earthscan.
15. Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M. F., Budisantoso, A., Costa, F., Andreastuti, S., Prata, F., Schneider, D., Clarisse, L., Humaida, H., Sumarti, S., Bignami, C., Griswold, J., Carn, S., Oppenheimer, C., & Lavigne, F. (2012). The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 241–242, 121–135.
16. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. UNDRR.
17. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2019). *Global assessment report on disaster risk reduction 2019*. UNDRR.
18. Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd ed.). Routledge.