



Mitigasi Bencana Berbasis Kearifan Lokal Dalam Pemanfaatan Pemandian Air Panas Sidebuk-Debuk di Kabupaten Karo (PT Pertamina)

Ines Chintya Aquilina Ginting¹, Simson Ginting²

^{1,2} Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Email : ineschyntia86@gmail.com¹, simson.ginting@usu.ac.id²

Article Info

Article history:

Received November 28, 2025

Revised December 05, 2025

Accepted December 17, 2025

Keywords:

Disaster Mitigation, Local Wisdom, Geothermal Energy

ABSTRACT

Karo Regency is a region highly vulnerable to geological hazards due to volcanic activities of Mount Sibayak and Mount Sinabung. The Sidebuk-debuk Hot Spring area has developed as a geothermal-based tourism destination, yet its utilization has also contributed to environmental changes and increased disaster risks, including a landslide event in 2024. The Karo community possesses local wisdom passed down through generations related to interpreting natural signs, particularly changes in hot spring characteristics. This study aims to examine the utilization of Sidebuk-debuk Hot Springs as part of local wisdom-based disaster mitigation and its integration with modern disaster management systems. The research employs a qualitative descriptive approach through in-depth interviews, field observations, and analysis of disaster management and spatial planning documents. The findings indicate that changes in temperature, odor, color, and water volume are used by the community as indicators of volcanic activity and function as a traditional early warning system. However, these practices have not been optimally integrated into formal disaster management policies. The study concludes that integrating Karo local wisdom with modern disaster management is necessary to support adaptive, sustainable mitigation and strengthen community resilience in disaster-prone areas.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received November 28, 2025

Revised December 05, 2025

Accepted December 17, 2025

Keywords:

Mitigasi Bencana, Kearifan Lokal, Panas Bumi

ABSTRACT

Kabupaten Karo merupakan wilayah rawan bencana geologi akibat aktivitas vulkanik Gunung Sibayak dan Gunung Sinabung. Kawasan Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk berkembang sebagai destinasi wisata berbasis energi panas bumi, namun pemanfaatan kawasan ini juga memicu perubahan lingkungan dan meningkatkan risiko bencana, seperti longsor yang terjadi tahun 2024. Masyarakat lokal Karo memiliki kearifan lokal yang diwariskan turun-temurun terkait pembacaan tanda-tanda alam melalui perubahan karakteristik air panas. Penelitian ini bertujuan mengkaji pemanfaatan Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk sebagai bagian dari mitigasi bencana berbasis kearifan lokal serta integrasinya dengan sistem manajemen bencana modern. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, serta studi dokumentasi kebijakan kebencanaan dan tata ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan suhu, bau, warna, dan volume air panas digunakan masyarakat sebagai indikator aktivitas vulkanik dan berfungsi sebagai sistem peringatan dini tradisional. Namun, praktik tersebut belum terintegrasi secara optimal dengan kebijakan formal dan pendekatan teknokratik institusi kebencanaan. Kesimpulan penelitian menunjukkan perlunya integrasi kearifan lokal masyarakat Karo



dengan manajemen bencana modern guna mendukung mitigasi yang adaptif, berkelanjutan, serta memperkuat ketahanan komunitas di kawasan rawan bencana.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Ines Chintya Aquilina Ginting
Universitas Sumatera Utara
Email: ineschyntia86@gmail.com

PENDAHULUAN

Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia, yaitu Eurasia, Indo-Australia, serta Pasifik. Kondisi geologis tersebut menyebabkan keberadaan banyak gunung api aktif dari Sumatera hingga wilayah Timur Indonesia. Aktivitas vulkanik ini menghasilkan potensi energi panas bumi yang tinggi, berupa panas alami berbentuk uap, cair, maupun campuran fluida lain yang berasal dari kedalaman lebih dari satu kilometer. Gunung Sinabung dan Gunung Sibayak termasuk sumber aktivitas geotermal aktif yang memberi pengaruh besar terhadap lingkungan Kabupaten Karo. Situasi geografis tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara dengan potensi bahaya alam yang tinggi sekaligus wilayah kaya sumber daya geotermal (Rahmawaty & Maharani, 2014; Permendagri Nomor 33 Tahun 2006). Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk berasal dari aktivitas panas bumi Gunung Sibayak. Mata air panas alami dengan kandungan belerang awalnya muncul di area perkebunan warga Desa Semangat Gunung dan menyebabkan gangguan pertanian serta limpasan air saat musim hujan. Masyarakat kemudian membuka sumur air panas sebagai bentuk mitigasi sederhana yang berkembang menjadi kolam pemandian tradisional. Seiring waktu, kawasan ini mengalami transformasi dari pemanfaatan lokal berbasis kebutuhan harian menjadi destinasi wisata alam yang menarik perhatian investor. Perkembangan tersebut mendorong pertumbuhan ekonomi lokal, tetapi juga memicu pembukaan lahan besar-besaran yang berkontribusi terhadap berkurangnya daya serap tanah. Pembukaan lahan secara masif menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan. Setiap kurun lima tahun tercatat kejadian bencana ekologis, salah satunya longsor besar tahun 2024 yang melanda Desa Semangat Gunung. Peristiwa tersebut merusak permukiman warga, menutup akses transportasi, serta mengganggu aktivitas ekonomi. BNPB mencatat sekitar 30% bencana ekologis Indonesia berkaitan langsung dengan eksploitasi sumber daya alam tidak berkelanjutan, meliputi degradasi lahan, peningkatan risiko longsor, serta pencemaran sumber air (BNPB, 2023). Kondisi tersebut memperlihatkan keterbatasan pengetahuan masyarakat terkait mitigasi serta lemahnya pengelolaan lingkungan berbasis kesadaran kolektif. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 mendefinisikan bencana sebagai rangkaian peristiwa yang mengganggu kehidupan masyarakat akibat faktor alam, nonalam, maupun manusia. Regulasi turunan seperti Perpres Nomor 8 Tahun 2008, PP Nomor 21 Tahun 2008, serta berbagai peraturan BNPB menempatkan penanggulangan bencana sebagai proses terpadu yang mencakup pengurangan risiko, tanggap darurat, rehabilitasi, serta rekonstruksi. Kerangka



tersebut menekankan kolaborasi lintas pemangku kepentingan serta keterlibatan masyarakat sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan. Kabupaten Karo telah menetapkan sejumlah kebijakan kebencanaan dan tata ruang, antara lain Perda Nomor 4 Tahun 2022 tentang RTRW Kabupaten Karo 2022–2042, Perbup Nomor 7 Tahun 2020 tentang Rencana Penanggulangan Bencana, serta Perbup Nomor 13 Tahun 2020 terkait rehabilitasi pascaerupsi Gunung Sinabung. Kebijakan tersebut bertujuan mengatur pemanfaatan ruang, perlindungan kawasan rawan, serta pemulihan sosial ekonomi masyarakat terdampak bencana. Kerangka Sendai 2015–2030 turut memberi arah pengurangan risiko bencana berbasis kerja sama lintas sektor serta partisipasi komunitas. Sidebuk-debuk terletak di kaki Gunung Sibayak dan berada dekat wilayah operasi panas bumi PT Pertamina Geothermal Energy. Kawasan ini menjadi contoh nyata wilayah wisata alam yang berhadapan langsung dengan risiko geologi. Manajemen bencana menjadi pendekatan strategis guna meminimalkan dampak ancaman terhadap masyarakat dan infrastruktur. UNISDR memandang manajemen bencana sebagai rangkaian upaya pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, respons darurat, serta pemulihan, dengan fokus besar terhadap pengurangan risiko sebelum bencana terjadi (UNISDR, 2009). Masyarakat Karo telah lama memiliki pengetahuan lokal terkait tanda-tanda alam. Perubahan suhu, warna, bau, serta volume air panas Sidebuk-debuk dipahami sebagai indikator aktivitas vulkanik. Pengetahuan ini berfungsi sebagai sistem peringatan dini tradisional yang diwariskan lintas generasi. Sutawidjaja et al. (2015) menunjukkan keterkaitan antara perubahan karakteristik air panas dan aktivitas magmatik, meskipun kajian tersebut lebih berorientasi ilmiah dan belum terintegrasi secara optimal ke praktik mitigasi berbasis komunitas. Berbagai celah penelitian masih terlihat, antara lain keterbatasan integrasi kearifan lokal dengan ilmu kebumihuman modern, kurangnya data empiris kuantitatif mengenai efektivitas praktik mitigasi tradisional, keterbatasan lokasi kajian, serta minimnya perhatian terhadap aspek sosial budaya masyarakat Karo. Pendekatan teknokratik yang dominan belum sepenuhnya mengakomodasi sistem pengetahuan lokal seperti larangan adat pembangunan zona rawan, gotong royong membersihkan aliran air panas, serta pembacaan suara tanah dan bau belerang. Penelitian ini berupaya menggali potensi Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk sebagai bagian dari mitigasi bencana berbasis kearifan lokal melalui pendekatan manajemen bencana berbasis komunitas. Integrasi sistem formal milik BPBD dan PT Pertamina dengan praktik budaya lokal diharapkan mampu mendukung ketahanan masyarakat serta pengelolaan sumber daya panas bumi secara berkelanjutan. Dimana judul penelitian ini yaitu “Mitigasi Bencana Berbasis Kearifan Lokal Dalam Pemanfaatan Pemandian Air Panas Sidebuk-Debuk di Kabupaten Karo (PT Pertamina). Kajian ini diharapkan memberi kontribusi akademik serta rekomendasi kebijakan mitigasi yang lebih holistik dan adaptif terhadap karakter sosial ekologis Kabupaten Karo.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif-analitis. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian berupaya memahami secara mendalam praktik mitigasi bencana berbasis kearifan lokal yang berkembang di tengah masyarakat Desa Semangat Gunung, khususnya terkait pemanfaatan Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk sebagai indikator alami aktivitas vulkanik. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menggali



makna, pengetahuan lokal, serta pola perilaku masyarakat terhadap risiko bencana secara komprehensif (Creswell, 2014). Lokasi penelitian berada di kawasan Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk, Kecamatan Merdeka, Kabupaten Karo, yang terletak di kaki Gunung Sibayak dan termasuk wilayah rawan bencana geologi. Pemilihan lokasi didasarkan pada intensitas aktivitas geothermal, riwayat kejadian bencana, serta keterlibatan langsung masyarakat lokal dalam pengelolaan dan pemanfaatan sumber air panas. Sumber data terdiri atas data primer dan data sekunder.

Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam dengan masyarakat adat Karo, pengelola pemandian, tokoh adat, aparat desa, serta perwakilan BPBD Kabupaten Karo. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur agar informan dapat menyampaikan pengalaman, pemahaman, serta praktik mitigasi berbasis kearifan lokal secara naratif (Sugiyono, 2020). Observasi lapangan juga dilakukan untuk mengamati kondisi fisik kawasan, perubahan karakteristik air panas, serta aktivitas masyarakat terkait mitigasi risiko. Data sekunder diperoleh dari dokumen peraturan perundang-undangan kebencanaan, RTRW Kabupaten Karo, laporan BNPB, arsip BPBD, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan aktivitas geothermal dan mitigasi bencana. Data ini digunakan untuk memperkuat analisis kebijakan dan kerangka manajemen bencana (BNPB, 2023; UNISDR, 2009). Teknik analisis data menggunakan model interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan secara terus-menerus sepanjang proses penelitian (Miles & Huberman, 2014). Validitas data dijaga melalui triangulasi sumber dan teknik, yakni membandingkan hasil wawancara, observasi, serta dokumen resmi. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan gambaran utuh mengenai integrasi kearifan lokal dan manajemen bencana modern di kawasan Pemandian Air Panas Sidebuk-debuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dalam bagian ini, peneliti akan menyajikan hasil penelitian berdasarkan wawancara dan observasi yang dilakukan di Pemandian air panas, Desa Semangat Gunung. Data disusun secara sistematis berdasarkan variabel penelitian untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi di lapangan.

1) Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat

Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat merupakan hal yang sangat penting dimana pendidikan mitigasi bencana merupakan aspek krusial dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menjalani mitigasi bencana. Keduanya mempunyai peran yang sangat penting dalam memastikan bahwa individu dan komunitas tidak hanya memahami potensi bencana yang mungkin terjadi, tetapi juga tahu cara yang tepat untuk mengurangi dampaknya. Dalam konteks mitigasi bencana, pendidikan tidak hanya berfokus pada pengetahuan teknis, tetapi juga pada perubahan perilaku bencana, yang dapat mengurangi kerusakan akibat bencana. Minimnya pelatihan dan pendidikan mitigasi bencana menunjukkan adanya hambatan dalam meningkatkan kapasitas masyarakat untuk menghadapi potensi risiko bencana. Kesadaran Masyarakat mengenai mitigasi bencana masih minim terutama pada dampak pembukaan lahan bervariasi, dimana sebagian memahami dampak jangka panjang, namun



masih ada warga yang tidak peduli tentang hal tersebut. Beberapa warga mengungkapkan bahwa mereka mengetahui adanya potensi bencana akibat pembukaan lahan di perbukitan itu sendiri, tetapi tidak memiliki pemahaman yang cukup mengenai cara menghadapinya dan masih banyak yang acuh tak acuh dengan lokasi tersebut.

“Di desa ini kami hanya tau mengelola sumber air panas agar tetap terjaga debit airnya dan tidak meluber yang dapat menyebabkan banjir, untuk pembukaan lahan itu sendiri dan mitigasinya kami tidak dapat sosialisasinya sama sekali.” (Wawancara dengan Siska Sitepu sebagai salah satu warga yang terdampak dan memiliki pemandian air panas, 16 April 2025).

Pendidikan mitigasi bencana merupakan aspek krusial dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menjalani mitigasi bencana. Keduanya mempunyai peran yang sangat penting dalam memastikan bahwa individu dan komunitas tidak hanya memahami potensi bencana yang mungkin terjadi, tetapi juga tahu cara yang tepat untuk mengurangi dampaknya. Dalam konteks mitigasi bencana, pendidikan tidak hanya berfokus pada pengetahuan teknis, tetapi juga pada perubahan perilaku bencana, yang dapat mengurangi kerusakan akibat bencana. Minimnya pendidikan mitigasi bencana menunjukkan adanya hambatan dalam meningkatkan kapasitas masyarakat untuk menghadapi potensi risiko bencana. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Karo sebagai lembaga yang bertanggung jawab terhadap mitigasi bencana di tingkat daerah menyebutkan bahwa keterbatasan anggaran menjadi kendala utama dalam pelaksanaan pelatihan.

“Kami memiliki program pelatihan, hanya saja karena sumber dana kami terbatas, Lima tahun terakhir ini kami tidak lagi bisa melakukan pelatihan hanya bisa memberikan sosialisasi, tetapi saya yakin desa Semangat Gunung sudah matang tanpa pelatihan tersebut.” (Wawancara dengan Ibu Sri selaku sekretaris BPBD Kabupaten Karo, 21 Maret 2025).

Selain itu, pelatihan yang pernah dilakukan bersifat satu kali sebelum covid menyerang. Seorang staf BPBD menambahkan:

“Pernah ada pelatihan simulasi bencana di beberapa desa, tetapi itu hanya dilakukan sekali dan belum ada keberlanjutannya, karena covid pada masa itu.” (Wawancara dengan Bapak Panji selaku Pegawai Staf Tim Pencegahan dan Kesiapsiagaan BPBD Kabupaten Karo, 21 Maret 2025).

Dari sisi pemerintah desa menyatakan bahwa untuk pelatihan dan sosialisasi mitigasi bencana lebih sering dilakukan oleh pihak PT Pertamina dibandingkan dengan program pemerintah daerah.

“...kami lebih sering menerima pelatihan dari orang Pertamina, mereka bisa dibilang lebih siap, lebih sigap dalam kegiatan yang seperti ini. Hal ini juga mungkin karena perusahaan mereka ada di kampung kami.” (Wawancara dengan Deston Malem sebagai Wakil Kepala Desa, 10 April 2025.)

Beberapa warga menyatakan bahwa mereka memilih untuk melihat temurun. Contohnya seperti melihat perubahan suhu sumber mata air, aroma belerang yang keluar, serta pergerakan tanah dan penafsiran curah hujan yg berlangsung.

“Kami biasanya selalu cek sumber mata air dan kadar belerangnya. Biasanya kalau musim hujan warga sini tidak akan pergi ke ladang, karena akan longsor dan jauhnya itu langsung ke area ladang.” (Wawancara dengan Karin Tarigan selaku warga yang terdampak dan memiliki pemandian air panas, 16 April 2025.)



Kemudian ditambah lagi oleh salah satu warga yang terdampak mengenai pelatihan dan Pendidikan kesadaran mengenai tanggap darurat.

“Terus terang, sampai sekarang kami merasa tidak pernah ada upaya serius untuk memberikan edukasi tentang potensi bencana di pemandian ini. Pemerintah sangat jarang sekali datang, bahkan bisa dibilang dapat dihitung jari memberi arahan yang jelas. Kami hanya mengandalkan pengalaman sendiri dan cerita orang tua terdahulu. Kalau ada gempa kecil atau tanda-tanda bahaya, kami saling mengingatkan sesama warga, tapi itu semua atas inisiatif kami sendiri, bukan dari pelatihan atau sosialisasi resmi. Jujur saja, kami kecewa, karena di sini kan daerah rawan, tapi perhatian untuk edukasi masyarakat hampir tidak ada.” (Wawancara dengan Siskan Sitepu selaku warga yang terdampak dan memiliki pemandian air panas, 16 April 2025.)

Dari hasil observasi yang dilakukan di Desa Semangat Gunung menunjukkan bahwa hingga saat ini minimnya program pelatihan atau simulasi evakuasi yang diberikan PEMDA kepada masyarakat desa, serta masih banyak masyarakat yang acuh tak acuh dengan beragam alasan membuka lahan di area perbukitan tetapi tidak adanya tindakan memperbaiki alam tersebut. Tidak juga ditemukan pusat edukasi atau materi tertulis seperti pamflet atau buku panduan terkait mitigasi bencana di desa. Pemerintah desa sendiri mengakui tidak memiliki inisiatif dalam mengadakan pelatihan karena masih bergantung pada program dari Perusahaan Migas yaitu Pertamina. Akibatnya, masyarakat hanya dapat mengandalkan mitigasi yang dilakukan secara tradisional dan turun temurun, namun tidak tertulis, dan juga berdasarkan dari pengalaman dalam menghadapi potensi bencana tanpa adanya standar prosedur yang jelas. Minimnya pelatihan dan pendidikan mitigasi bencana di Desa Semangat Gunung menunjukkan adanya hambatan dalam peningkatan kapasitas masyarakat.

Dari hasil wawancara dan observasi, pelatihan formal lebih sering diberikan oleh pihak PT Pertamina dibandingkan pemerintah daerah, yang sejalan dengan SOP Pertamina pada aspek "Pelatihan dan Simulasi Edukasi Masyarakat." SOP ini menekankan edukasi langsung dan pelatihan kepada komunitas sekitar area operasi sebagai upaya pemberdayaan dan peningkatan kesiapsiagaan. Namun, sosialisasi tentang risiko bencana dan mitigasinya masih belum menyeluruh dan belum terstandarisasi, dengan masyarakat masih mengandalkan pengalaman turun-temurun. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi SOP oleh Pertamina sudah berjalan lebih aktif, namun dibutuhkan sinergi berkelanjutan dengan pemangku kebijakan daerah.

2) Keterkaitan dengan SOP

PT Pertamina Sistem Operasional dan Prosedur (SOP) Pertamina (Pelatihan dan Simulasi Edukasi Masyarakat): Pelaksanaan pelatihan oleh Pertamina memperlihatkan penerapan kebijakan perusahaan dalam menyiapkan masyarakat menghadapi potensi bencana di lingkungan operasi. Fokus pada Kelompok Rentan: Meski belum terdokumentasi secara spesifik di lapangan, SOP juga menekankan perlindungan kelompok rentan, dan aktivitas pelatihan serta bantuan Pertamina dapat diarahkan untuk menjangkau kelompok ini.

3) Penguatan Infrastruktur

Salah satu aspek penting dalam mitigasi bencana adalah penguatan infrastruktur baik itu berupa papan peringatan dan juga jalur evakuasi. Seperti yang kita ketahui bahwa Desa Semangat Gunung merupakan daerah rawan bencana yang membutuhkan infrastruktur yang memadai. Namun pada kenyataannya 72 infrastruktur di Desa tersebut tidak memadai bahkan tidak ada. Hal ini disampaikan langsung oleh pemerintah desa.



“Di Kampung kami ini belum pernah ada di buat papan peringatan dan jalur khusus evakuasi ketika bencana. Jadi kami masih mengadakan tanda-tanda alam itu sendiri, masih tradisional. Paling yang punya kolam pasti memperbaiki dan membersihkan sumurnya agar tidak banjir.” (Wawancara dengan Deston Malem sebagai Wakil Kepala Desa, 10 April 2025.)

Pernyataan kurangnya infrastruktur ini juga di perkuat oleh salah satu warga

“Tidak pernah ada jalur evakuasi, kami sampe saat ini hanya memiliki satu akses jalan utama untuk pergerakan di kampung ini” (Wawancara dengan Novita br Ginting selaku warga yang terdampak dan memiliki pemandian air panas, 16 April 2025.)

Hal ini juga disampaikan oleh pihak BPBD Kabupaten Karo sendiri bahwa memang benar jika infrastruktur di Desa Semangat Gunung belum cukup memadai dikarenakan keterbatasan anggarann

“Kami menyadari bahwa memang di Desa Semangat Gunung tidak adanya papan peringatan dan jalur evakuasi khusus yang dibuka, karena keterbatasan anggaran sejak lima tahun yang lalu, juga kami masih fokus melihat aktivitas Gunung Sinabung. Tetapi kami memiliki rencana di tahun depan untuk membuat papan peringatan daerah rawan bencana.” (Wawancara dengan Ibu Sri selaku sekretaris BPBD Kabupaten Karo, 21 Maret 2025).

Hal ini juga di keluhkan Masyarakat karena juga bisa membahayakan para pengunjung pemandian air panas yang memang tidak mengenali tanda alam.

“Kalau kami para warga setempat rata-rata sudah paham dengan kondisi alam disini, tapi kalau ada orang luar yang ingin ke air panas kadang mereka tidak tau membaca tanda alam itu sendiri. Makanya kami sangat butuh papan peringatan dan jalur khusus evakuasi.” (Wawancara Dengan Karin Tarigan selaku warga yang terdampak dan juga memiliki Pemandian Air Panas, 16 April 2025).

Berdasarkan hasil observasi diatas dapat disimpulkan bahwa infrastruktur di Desa Semangat Gunung masih sangat minim bahkan tidak ada. Padahal Desa Semangat Gunung merupakan daerah yang rawan bencana dan sangat membutuhkan infrastruktur yang memadai, seperti papan peringatan daerah rawan longsor, dan juga jalur khusus evakuasi jika terjadinya bencana. Tentunya ada beberapa kendala yang mengakibatkan mengapa infrastruktur tersebut belum ada, salah satu kendalanya adalah keterbatasan anggaran dan fokus BMKG masih kepada melihat aktivitas vulkanik Gunung Sinabung. Namun, kondisi geografis juga sangat mempengaruhi pembukaan jalur evakuasi, yang dimana Desa Semangat Gunung berlokasi tepat diantar perbukitan yang sering longasor. Tentunya hal inilah yang menyebabkan susah nya pembukaan jalur. Fasilitas infrastruktur mitigasi seperti papan peringatan dan jalur evakuasi di Desa Semangat Gunung masih sangat minim bahkan tidak tersedia.

Dalam SOP Pertamina, "Kesiapsiagaan dan Respons Pemeriksaan Awal Evakuasi Terencana" menjadi aspek kunci, di mana perusahaan berkewajiban untuk melakukan identifikasi rute evakuasi dan penyediaan sarana darurat bagi masyarakat yang rentan terhadap bencana. Ketidaktersediaan infrastruktur yang memadai saat ini memperlihatkan adanya celah antara standar SOP korporasi dan implementasi di luar area operasi utama perusahaan, memperkuat urgensi perluasan cakupan implementasi

- a. SOP bersama pemerintah daerah dan pihak terkait.
- b. Keterkaitan dengan SOP PT Pertamina: SOP Pertamina (Kesiapsiagaan dan Respons Evakuasi Terencana):



- c. PT Pertamina menekankan pentingnya jalur evakuasi dan papan peringatan yang jelas, namun di luar zona operasional langsung implementasi belum maksimal. Hal ini menuntut adanya advokasi agar standar SOP Pertamina bisa menjadi acuan di level desa. Koordinasi dengan Pihak Terkait:
- d. Keterlibatan lebih luas dengan pemerintah dan masyarakat dalam pelaksanaan infrastruktur mitigasi merupakan salah satu substansi utama SOP yang perlu ditekankan ke depan.

4) Tanggap darurat dan manajemen resiko

Prosedur tanggap darurat merupakan salah satu instrument dari manajemen resiko khususnya pada fokus mitigasi bencana. Tentunya prosedur ini sebagai salah satu bentuk peringatan diri dari menghadapi bencana yang akan datang. Sistem ini berfungsi untuk memberikan informasi awal kepada masyarakat tentang potensi bencana, sehingga langkah antisipasi dan evakuasi dapat dilakukan secara tepat waktu. Dalam konteks mitigasi bencana di wilayah bukit dan pegunungan, seperti Desa Semangat Gunung, sistem peringatan dini memainkan peran strategis untuk mengurangi risiko kehilangan jiwa, dan dampak ekonomi akibat bencana seperti longsor, banjir, ataupun pencemaran lingkungan akibat belerang. Hasil wawancara dengan aparat desa dan masyarakat menunjukkan bahwa Desa Semangat Gunung belum mempunyai sistem peringatan dini yang terintegrasi dan berfungsi optimal. Saat ini, deteksi bencana masih mengandalkan tanda-tanda alami, seperti perubahan suhu pada sumber mata air, perubahan aroma belerang, curah hujan yang turun serta retakan pada tanah yang kurang akurat dan sering kali terlambat memberikan peringatan. Selain itu masyarakat juga pernah mengeluh mengenai sistem tanggap darurat di Desa Semangat Gunung. Wakil Kepala Desa Semangat Gunung menyatakan bahwasanya

“Desa kami ini belum memiliki sistem tanggap darurat yang tepat dan terverifikasi, jadi kami masih bergantung pada PT Pertamina untuk SOP mitigasi bencana yang ada.” (Wawancara dengan Bapak Deston Malem selaku Wakil Kepala Desa, 10 April 2025).

Tentunya pernyataan ini di perkuat langsung oleh pihak PEG sendiri yang dimana mereka menegaskan bahwa:

“Desa Semangat Gunung sampai saat ini mereka belum memiliki SOP sendiri, jadi jika terjadi bencana pihak pertama yang melakukan SOP itu kami. Tentunya hal ini melibatkan seluruh warga Desa.” (Wawancara via telepon dengan Bapak Firman Sitepu sebagai Officer I Operation & HSSE PT PEG, 27 Maret 2025.)

BPBD Kabupaten Karo mengakui bahwa hingga saat ini belum ada sistem peringatan dini berbasis teknologi yang diterapkan secara resmi di Desa Semangat Gunung. Peringatan terhadap potensi bencana masih mengandalkan laporan dari masyarakat atau perangkat desa, juga pihak BMKG di libatkan, hanya saja sering kali informasi yang diberikan telat disampaikan. Saat ini BMKG dan BPBD masih lebih fokus kepada daerah Gunung Sinabung dibandingkan dengan desa lain di Kabupaten Karo.

“Saat ini kami mengandalkan laporan potensi terjadinya bencana pada BMKG, tetapi ketika terjadinya bencana kami lebih memilih mengandalkan pelaporan langsung dari pihak Desa, salah satu caranya dengan menelepon langsung pada pihak BPBD.” (Wawancara dengan Ibu Sri selaku sekretaris BPBD Kabupaten Karo, 21 Maret 2025).



Dari hasil observasi di atas dapat disimpulkan bahwa Desa Semangat Gunung belum memiliki sistem prosedur tanggap darurat yang cukup jelas. Padahal keadaan sistem Prosedur tanggap darurat ini yang efektif berdampak besar terhadap kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana akibat vulkanik dan tektonik. Masyarakat masih mengandalkan tanda-tanda alam, SOP 76 dari pihak PEG jika terjadi suatu bencana dan laporan dari sesama warga sebagai sistem peringatan dini. Jika terjadi ancaman bencana, informasi biasanya disampaikan oleh kepala desa atau perangkat desa secara langsung. Masyarakat berharap adanya sistem prosedur mitigasi yang jelas agar warga tidak selalu bergantung pada pihak PEG. Tentunya hal ini masih bergantung adanya pelatihan khusus agar Desa Semangat Gunung memiliki SOP nya tersendiri. Pada area operasional, Pertamina menjalankan SOP "Kesiapsiagaan dan Respons Pemeriksaan Awal Evakuasi Terencana" dengan evakuasi sistematis dan melibatkan seluruh warga terdampak. Integrasi manajemen darurat antara perusahaan dengan komunitas menjadi praktik nyata dari SOP yang diterapkan. Namun ketergantungan masyarakat pada Pertamina juga menjadi perhatian karena berpotensi membuat kelembagaan desa tidak mengembangkan SOP internal secara mandiri.

- a. Keterkaitan dengan SOP PT Pertamina:
- b. SOP Pertamina (Kesiapsiagaan, Tanggap Darurat, dan Koordinasi):
- c. Ketika bencana terjadi, PT Pertamina secara aktif menerapkan SOP tanggap darurat yang terkoordinasi, termasuk prosedur evakuasi, melibatkan warga, dan komunikasi lintas institusi.
- d. Koordinasi dengan Pihak Terkait:
- e. SOP Pertamina mengedepankan koordinasi lintas sektor, sayangnya mekanisme ini belum sepenuhnya diadopsi secara independen oleh pemerintah desa maupun BPBD setempat.

5) Pemantauan dan evaluasi resiko bencana

Pemantauan evaluasi resiko terhadap bencana merupakan instrument yang penting dimana dari evaluasi tersebut kita dapat memperbaiki dan meminimalisir dampak bencana yang akan terjadi. Namun sangat disayangkan bahwa di Desa Semangat Gunung belum ada pemantauan dan evaluasi resiko bencana, hal ini dinyatakan langsung oleh perangkat desa

“Di kampung ini belum ada pemantau khusus untuk pendeteksi bencana, jadi kamu memang masih melihat tanda alam itu sendiri, itulah makanya bencana yang terakhir ini tidak ada yang siap. Karena memang biasanya longsor selalu jatuh ke daerah lahan perkebunan warga.” (Wawancara dengan Bapak Deston Malem selaku Wakil Kepala Desa, 10 April 2025).

Salah satu warga juga menyatakan bahwa tidak adanya pemantauan khusus dari pihak PEMDA yaitu BPBD mengenai resiko bencana di desa ini.

“Tidak pernah ada pemantau bencana dari orang BPBD di kampung ini, kami pun warga desa jadinya hanya bisa melakukan perbaikan dan antisipasi seadanya dan semampu kami.” (Wawancara dengan Siska Sitepu sebagai salah satu warga yang terdampak dan memiliki pemukiman air panas, 16 April 2025).

PT PEG sendiri mengakui mereka tidak ada pemantau khusus untuk resiko bencana alam, mereka hanya berfokus pada pemantauan panas bumi atau geothermal.

“dari pihak kami sendiri untuk pemantauan bencana kami memang tidak ada, kami hanya berfokus kepada sumber panas bumi dan juga gempa bumi karena dua hal ini saling berkaitan.”



(Wawancara via telepon dengan Bapak Firman Sitepu sebagai Officer I Operation & HSSE PT PEG, 27 Maret 2025.)

Dari hasil observasi diatas dapat disimpulkan bahwa minimnya sistem pemantauan dan evaluasi program, pada instrument ini sangat dibutuhkan terlebih Desa Semangat Gunung merupakan daerah rawan bencana. Warga setempat hanya bisa mengandalkan peringatan dan tanda bahaya dari tanda alam itu sendiri, akibatnya jika terjadi bencana warga hanya bisa melakukan perbaikan seadanya saja. 78 Sistem pemantauan dan evaluasi risiko di Desa Semangat Gunung masih sangat terbatas. BPBD dan masyarakat desa secara umum masih mengandalkan tanda-tanda alami tanpa adanya instrumen pendeteksi atau sistem pengawasan yang modern. Di sisi lain, PT Pertamina Geothermal Energy (PGE) melakukan pemantauan hanya terkait dengan aktivitas geothermal, sesuai dengan lingkup bisnisnya. Meskipun demikian, SOP Pertamina menyarankan pentingnya pemantauan risiko dan penilaian berkala untuk mengidentifikasi potensi ancaman ke depan.

- a. Keterkaitan dengan SOP PT Pertamina:
- b. SOP Pertamina (Pemantauan, Evaluasi, dan Koordinasi):
- c. Standar SOP

Pertamina mendorong pelaksanaan pemantauan dan evaluasi risiko secara berkala di lingkungan kerja dan masyarakat terdampak aktivitas, namun pelaksanaannya di ranah kampung masih perlu ditingkatkan agar lebih terintegrasi dengan sistem formal pengelolaan risiko nasional. Pedoman Pengelolaan Pengaduan: Instrumen pengaduan dari Pertamina dapat dimanfaatkan masyarakat untuk melaporkan potensi bencana, sehingga memperkuat sistem deteksi dini.

6) Kerjasama dan penguatan kapasitas

Salah satu aspek penting dalam mitigasi bencana adalah kolaborasi antar sektor, yang dimana terdapat perusahaan besar yang sempat beroperasi di Desa Semangat Gunung tentu hal ini merupakan aspek penting dalam menjalankan mitigasi bencana. PT Pertamina ini berfungsi sebagai pengelola sumber panas bumi dan juga memberikan dorongan, baik dalam bentuk materi maupun non-materi untuk mendorong individu, komunitas, ataupun organisasi yang berperan aktif dalam upaya aktif mitigasi bencana dan perlindungan lingkungan. PT Pertamina memberikan dukungan berupa pembangunan berkelanjutan, pelatihan dan sosialisasi mengenai mitigasi bencana, dan juga membantu masyarakat ketuka menghadapi bencana. hal ini juga merupakan dukungan dari program peningkatan kapasitas, atau dukungan ekonomi di desa tersebut. Sayangnya program dan SOP yang dilakukan oleh Perusahaan Migas ini bersifat sangat rahasia dan tidak bisa di publikasikan, dikarenakan PT Pertamina Geothermal Energy tidak lagi beroperasi optimal sejak tahun 2015 dan tidak aktif beroperasi hingga saat ini. Namun, hal ini bukan penghambat kolaborasi antar sektor dalam pelaksanaan mitigasi yang seharusnya berjalan. Perangkat desa ini sendiri mengungkapkan bahwa PT Pertamina Geothermal banyak sekali terlibat dalam hal menolong Masyarakat dari beberapa hal.

“Waktu terjadi longsor di bulan November kemarin orang Pertamina lah yang pertama kali membantu warga sini membuka Kembali akses jalan dan memberikan bantuan ke kami yang rumahnya terkena longsor. Sisanya di ambil alih Pemda Cuma membersihkan jalan dan memberi sembako.” (Wawancara dengan Bapak Deston Malem selaku Wakil Kepala Desa, 10 April 2025).



Salah satu warga juga menambahkan bahwa yang membuka akses jalan menjadi aspal merupakan pihak Pertamina itu sendiri juga karena mereka beroperasi di Desa Semangat Gunung.

“Kami sebagai masyarakat jujur kurang tahu mengetahui hal seperti itu, tetapi dari penglihatan kami sejauh ini, kampung kami ini sering kali diabaikan karena pemda merasa kami ini bisa mandiri dengan adanya bantuan Perusahaan Pertamina itu” (Wawancara Dengan Karin Tarigan selaku warga yang terdampak dan juga memiliki Pemandian Air Panas, 16 April 2025).

Pihak BPBD Kabupaten Karo menyatakan bahwa untuk keterlibatan PT Pertamina Geothermal sendiri cukup baik dalam hal kesiapan dan mitigasi bencana. Hal itu dinyatakan oleh salah satu staf BPBD Kabupaten Karo.

“Kalau untuk kesiapan dalam menghadapi bencana PT Pertamina sudah sangat matang, dan juga turut aktif dalam membantu masyarakat dalam kesiapan menghadapi bencana. Tetapi justru karena adanya pihak PT Pertamina, kami dari pihak BPBD tidak terlalu khawatir untuk Desa tersebut. Bisa dibilang Desa Semangat Gunung sudah siap dengan mitigasi yang berlaku.” (Wawancara dengan Bapak Panji selaku Pegawai Staf Tim Pencegahan dan Kesiapsiagaan BPBD Kabupaten Karo, 21 Maret 2025).

Dari hasil observasi di Desa Semangat Gunung ditemukan bahwa PT Pertamina Geothermal Energy ini memiliki peran yang cukup penting di Desa Semangat Gunung, dapat dilihat bahwa lebih banyak aksi yang dilakukan oleh pihak PT PGE sendiri dibandingkan dengan pihak PEMDA. Akan tetapi justru hal ini mengakibatkan PEMDA akan mulai lepas tangan secara tidak langsung pada Desa Semangat Gunung karena menganggap desa tersebut sudah cukup mandiri melalui bantuan dari PT PGE yang berlokasi di Desa Semangat Gunung. Kerja sama dan kolaborasi antara PT Pertamina, masyarakat dan BPBD telah menjadi bagian dari praktik lapangan di Desa Semangat Gunung, terutama dalam respons bencana dan pemulihan pascabencana. Pertamina dikenal aktif membantu masyarakat, menyediakan akses jalan darurat, dan memberikan bantuan bila terjadi bencana. Praktik kolaborasi ini mencerminkan aspek "Koordinasi dengan Pihak Terkait" dalam SOP, di mana sinergi antara perusahaan, pemerintah, dan komunitas lokal menjadi kunci keberhasilan mitigasi bencana berkelanjutan. Namun, ketergantungan yang tinggi kepada pihak Pertamina menyebabkan meja pengelolaan risiko dan penguatan kapasitas di tingkat desa menjadi kurang berkembang secara independen.

- a. Keterkaitan dengan SOP PT Pertamina:
- b. SOP Pertamina (Koordinasi, Pelatihan & Kelompok Rentan):
- c. Kolaborasi dalam penanganan bencana dan kegiatan rutin telah sejalan dengan SOP perusahaan yang mengutamakan kemitraan multi-sektor untuk penguatan kapasitas masyarakat sekitar wilayah operasi.
- d. Pedoman Pengelolaan Pengaduan:
- e. Sesuai dengan No. A9-001/J00000/2022-S9

Pertamina juga menyediakan saluran pengaduan, memungkinkan masyarakat untuk berpartisipasi dalam deteksi dini serta manajemen risiko bencana di lingkungannya.



Pembahasan

1) Pendidikan dan kesadaran Masyarakat

Minimnya sosialisasi dan pelatihan kebencanaan menunjukkan bahwa masyarakat Desa Semangat Gunung masih berada pada tahap awal kesadaran mitigasi. Masyarakat cenderung bersikap pasif dan reaktif terhadap bencana, bukan proaktif dalam pencegahan. Menurut Alexander dan Davis, kesadaran publik adalah pondasi utama mitigasi bencana yang efektif karena dapat membentuk perilaku tanggap, disiplin, dan adaptif terhadap risiko. Dengan demikian, peningkatan kapasitas masyarakat melalui pelatihan, kurikulum kebencanaan di sekolah, dan penyuluhan masyarakat perlu menjadi prioritas.

2) Penguatan infastruktur

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa infrastruktur mitigasi seperti papan peringatan dan jalur evakuasi belum tersedia secara merata. Hal ini berpotensi menimbulkan kebingungan saat terjadi bencana. Ian Davis (1998) menegaskan bahwa mitigasi harus didukung oleh sarana fisik yang kokoh dan fungsional untuk melindungi masyarakat serta mempercepat evakuasi. Karena itu, pembangunan infrastruktur mitigasi secara partisipatif perlu dilakukan agar masyarakat turut memiliki rasa tanggung jawab dan kepemilikan terhadap fasilitas yang dibangun.

3) Tanggap darurat dan manajemen resiko

Ketergantungan masyarakat terhadap PT Pertamina dalam penanganan bencana menunjukkan lemahnya sistem manajemen risiko lokal. Tidak adanya tim siaga desa menyebabkan keterlambatan dalam merespons keadaan darurat. David Alexander (2002) menyatakan bahwa kesiapan tanggap darurat lokal adalah inti dari efektivitas mitigasi karena menentukan kecepatan dan ketepatan dalam menghadapi bencana. Oleh sebab itu, pembentukan Village Emergency Response Team (VERT) dan penyusunan prosedur tanggap darurat berbasis komunitas menjadi langkah strategis untuk meningkatkan kapasitas lokal.

4) Pemantuan dan evaluasi resiko bencana

Masyarakat Desa Semangat Gunung masih mengandalkan tanda-tanda alam tradisional untuk mendeteksi bahaya, seperti perubahan warna air panas atau suara dari kawah gunung. Meski hal ini merupakan bentuk kearifan lokal, namun secara ilmiah tidak cukup akurat. Alexander dan Davis menekankan perlunya integrasi antara sistem pemantauan tradisional dan teknologi modern agar deteksi dini lebih efektif. Oleh karena itu, pembuatan peta risiko dan pelatihan pemantauan berbasis komunitas menjadi kebutuhan mendesak di desa ini

5) Kerjasama dan penguatan kapasitas

Kerjasama antara masyarakat, PT Pertamina, dan BPBD memang sudah ada, tetapi masih bersifat top-down dan tidak berkelanjutan. Masyarakat belum dilibatkan secara aktif dalam perencanaan dan evaluasi kegiatan mitigasi. Menurut Ian Davis (1998), kolaborasi multi-sektor yang inklusif merupakan fondasi dari mitigasi berkelanjutan, sedangkan Alexander (2002) menegaskan pentingnya pemberdayaan masyarakat agar mampu mandiri. Dengan demikian, penguatan kelembagaan lokal dan pembentukan forum komunikasi kebencanaan sangat diperlukan agar koordinasi antar pihak lebih efektif. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan prinsip mitigasi bencana di Desa Semangat Gunung masih bersifat parsial dan tergantung pada pihak eksternal, terutama PT Pertamina Geothermal Energy. Rendahnya kesadaran masyarakat, lemahnya infrastruktur, serta absennya sistem pemantauan dan tanggap darurat mandiri menunjukkan bahwa konsep CommunityBased



Disaster Risk Management (CBDRM) belum terimplementasi secara utuh. Sejalan dengan teori Alexander dan Davis, keberhasilan mitigasi bencana harus berawal dari kapasitas komunitas lokal yang memiliki kesadaran, pengetahuan, dan kemampuan teknis untuk merespons risiko secara kolektif. Oleh karena itu, strategi penguatan edukasi, infrastruktur, sistem pemantauan, serta kemitraan antar lembaga menjadi kunci utama dalam menciptakan masyarakat yang tangguh terhadap bencana.

Berdasarkan teori David Alexander (2002) dan Ian Davis (1998), mitigasi bencana yang efektif bergantung pada sinergi antara kesadaran publik, kesiapan infrastruktur, kapasitas tanggap darurat, sistem pemantauan risiko, dan kolaborasi antar sektor. Hasil penelitian di Desa Semangat Gunung menunjukkan bahwa kelima indikator tersebut belum terintegrasi secara optimal. Rendahnya kesadaran masyarakat, minimnya infrastruktur mitigasi, serta lemahnya sistem pemantauan dan koordinasi menjadikan upaya mitigasi masih bergantung pada pihak eksternal seperti PT Pertamina. Oleh karena itu, penguatan kelembagaan lokal, peningkatan literasi kebencanaan, serta kolaborasi lintas sektor perlu menjadi prioritas utama dalam membangun mitigasi bencana yang berkelanjutan dan berbasis masyarakat.

KESIMPULAN

Pendidikan dan kesadaran Masyarakat Tingkat pendidikan dan kesadaran masyarakat terkait mitigasi bencana masih rendah. Sebagian warga memahami potensi bencana, namun belum mengetahui langkah-langkah teknis untuk menghadapinya. Minimnya pelatihan dari pemerintah daerah, serta keterbatasan anggaran BPBD, mengakibatkan masyarakat hanya mengandalkan pengetahuan tradisional yang diwariskan secara turun-temurun, tanpa standar operasional prosedur (SOP) yang jelas. Belum terbentuknya kelembagaan khusus mitigasi bencana.

Penguatan infrastruktur yang belum memadai Infrastruktur mitigasi bencana seperti papan peringatan, jalur evakuasi, dan pusat informasi belum tersedia di Desa Semangat Gunung. Keterbatasan anggaran, fokus pemerintah pada wilayah Gunung Sinabung, dan kondisi geografis perbukitan menjadi faktor penghambat utama. Hal ini meningkatkan kerentanan, terutama bagi wisatawan yang tidak memahami tanda-tanda alam.

Tanggap darurat an manajemen resiko Desa belum memiliki sistem tanggap darurat dan prosedur mitigasi yang terverifikasi. Proses evakuasi dan peringatan dini masih bergantung pada tandatanda alam serta SOP dari PT Pertamina Geothermal Energy (PGE). BPBD belum menerapkan sistem peringatan dini berbasis teknologi secara optimal di desa ini.

Pemantauan dan evaluasi resiko bencana Tidak terdapat sistem pemantauan risiko bencana yang terstruktur di tingkat desa. Baik pemerintah daerah maupun PT PGE belum menjalankan pemantauan secara rutin, sehingga masyarakat hanya mengandalkan pengamatan manual terhadap tanda-tanda alam.

Kerjasama dan penguatan kapasitas Peran PT PGE cukup dominan dalam penanganan bencana Meskipun operasional PT PGE sudah menurun sejak 2015, namun perusahaan ini masih aktif memainkan peran besar dalam mendukung mitigasi bencana dan pemberdayaan masyarakat, mulai dari pemberian pelatihan, bantuan darurat, hingga pembangunan



infrastruktur dasar. Namun dominasi ini justru berpotensi melemahkan keterlibatan aktif pemerintah.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Pertiwi, H. (2018). *Manajemen Bencana: Konsep dan Praktik*. Penerbit Universitas Indonesia.
- Sudibyakto, S. (2019). *Manajemen Bencana: Teori dan Praktik*. Penerbit Universitas Gadjah Mada.
- Chourmain, Imam. (2008). *Acuan Normatif Penelitian untuk Penulisan skripsi, Tesis, dan Disertasi*. Jakarta: Al-Haramain Publishing House.
- IDEP (Institut untuk Pembangunan dan Ekonomi). (2007). *Manajemen Bencana: Konsep dan Praktik*. Jakarta: IDEP.
- Noor. (2014). *Pengantar Mitigasi Bencana Geologi*. Yogyakarta: Dee Publish.
- Nurjanah, Sugiharto, R., Kuswanda, D., Siswanto & Adikoesoemo. (2013). Ridha, Ir. Dida Migfar, M.Sc Ir. Dra. Ardina Purbo, M.Sc Arif Wibowo, Dr. Lawin Bastian Tobing, M.Sc Novia Widyaningtyas, S.Hut, M.T Ir. Tri Widayati, M.For.Sc Radian Bagiyono, S.Hut, Dr.Syaiful Anwar, and M.Si Muhammad Farid, S.Hut. *Perubahan Iklim, Perjanjian Paris dan Nationally Determined Contribution*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016. ditjenppi.menlhk.go.id.
- Carter, W. N. (2008). *Disaster Mitigation and Management*. CRC Press.
- Sujarweni, Wiratna. (2014). *Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.

Jurnal

- Coppola, D. P. (2015). *Introduction to International Disaster Management*. Butterworth-Heinemann.
- Mastrorillo, M., et al. (2016). "The role of local knowledge in disaster risk reduction: A systematic review." *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 1-12.
- UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. United Nations.
- Berkes, F. (2009). *Evolution of Co-management: Role of Knowledge Generation, Bridging Organizations and Social Learning*. In: *Adaptive Co- 91 Management: Collaboration, Learning, and Multi-Level Governance*.
- Schraven, B., & van der Veen, A. (2018). "Disaster Risk Reduction: A Guide for Local Governments." *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies*.



- Faizah, U. (2020). Etika Lingkungan dan Aplikasinya dalam Pendidikan Menurut Perspektif Aksiologi, *Filsafat Indonesia*, 3(1), pp. 14-22.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Peta Geothermal Indonesia. Jakarta: KESDM.
- Sembiring, H. (2020). Kearifan Lokal dalam Mitigasi Bencana di Daerah Rawan Vulkanik. *Jurnal Penelitian Sosial dan Humaniora*, 5(2), 123-135.
- McGregor, D. A. (2005). Integrating Traditional and Scientific Knowledge in Natural Resource Management.
- Berkes, F. (2009). Evolution of Co-management: Role of Knowledge Generation, Bridging Organizations and Social Learning.
- Davis, M., & Slobodkin, L. (2004). Integrating Local Knowledge into Environmental Management: A Case Study from the Pacific Northwest.
- Folke, C., et al. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations.
- Rist, S., et al. (2013). The Role of Local Knowledge in Climate Change Adaptation.
- Rozi. (2017). Kearifan Lokal Budaya Indonesia dalam Mitigasi Bencana.
- Dewi, N., & Istiadi, E. (2016). Mitigasi Bencana Berbasis Kearifan Lokal.
- Fatanti, R., Rahmiati, R., & Yustisia, Y. (2019). Kearifan Lokal sebagai Strategi Pengurangan Risiko Bencana.
- Takari, F., Fadlin, A., & Alwi, M. (2017). Nandong Smong: Kearifan Lokal Masyarakat Simeulue dalam Mitigasi Tsunami.
- As'ari, A., & Hendriawan, H. (2016). Hidrotermal sebagai Indikator Aktivitas Vulkanik.
- Suparmini, Sriadi Setyawati, Dyah Respati Suryo Sumunar. (2021). Mitigasi Bencana Berbasis Kearifan Lokal Masyarakat Baduy. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tierney, K. J., Lindell, M. K., & Perry, R. W. (2001). "Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States." Hazards Research and Applications Information Center.

Peraturan Perundang-undangan

Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.