

Kajian Pemanfaatan Ruang Pada Kawasan Gunungapi Sinabung

Study of Space Utilization in the Sinabung Volunte Area

Dhahnel Firdaus Malik, Hilwati Hindersah, Chusharini Chamid

Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Islam Bandung, Bandung, Indonesia

*E-mail Korespondensi: danilmalik@yahoo.co.id

Artikel Masuk : Januari 2022

Artikel Diterima : Maret 2022

Tersedia Online : Maret 2022

Abstrak. Gunungapi Sinabung mengalami kembali erupsi pada Tahun 2010, sejak erupsi pertama pada Tahun 1600. Erupsi tersebut menyemburkan debu vulkanik setinggi 3 sampai 5 kilometer dan gempa bumi vulkanis hingga 100 kilometer di sekitar Gunungapi Sinabung. Letusan tahun 2010 – 2017 telah mengubah sebagian tutupan lahan di kawasan ini. Beberapa lahan pertanian dan permukiman tertutup material letusan gunungapi mencapai sekitar 757 Ha. Mempertimbangkan kondisi tersebut, pemerintah menetapkan radius 3 hingga 5 Km sebagai kawasan lindung yang sebelumnya merupakan kawasan budidaya. Saat ini, penggunaan lahan didominasi oleh kegiatan perkebunan dan hortikultura. Penelitian ini bertujuan merumuskan arahan pemanfaatan ruang yang mampu mendorong upaya pengurangan risiko bencana pada Kawasan Gunungapi Sinabung dan sekitarnya. Dalam mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan analisis analogi, yang kemudian diolah dan dianalisis secara kualitatif deskriptif. Hasil analisis menunjukkan bahwa kebijakan pada kawasan rawan bencana letusan gunungapi pemanfaatan ruang yang merupakan kawasan lindung, pemanfaatannya masih dapat dilakukan kegiatan budidaya secara terbatas serta menerapkan peraturan zonasi untuk dapat membatasi pembangunan di daerah berisiko dan meminimalkan potensi hilangnya korban jiwa dan properti.

Kata kunci: bencana, gunungapi, pemanfaatan ruang

Abstract. *Sinabung Volcano erupted again in 2010, since the first eruption in 1600. The eruption ejected volcanic ash as high as 3 to 5 kilometers and volcanic earthquakes up to 100 kilometers around Sinabung Volcano. The eruptions of 2010 – 2017 have partially changed the land cover in this area. Some agricultural lands and settlements covered by volcanic eruption material reached about 757 hectares. Considering these conditions, the government has set a radius of 3 to 5 km as a protected area which was previously a cultivation area. Currently, land use is dominated by plantation and horticultural activities. This study aims to formulate directions for the use of space that can encourage disaster risk reduction efforts in the Sinabung Volcano Area and its surroundings. In achieving this goal, this research uses analogy analysis, which is then processed and analyzed qualitatively descriptively. The results of the analysis show that policies in areas prone to volcanic eruptions use space, which is a protected area, limited cultivation activities can still be carried out and apply zoning regulations to be able to limit development in risky areas and minimize potential loss of life and property.*

Keywords: *disasters, volcanic, use of space*



Pendahuluan

Gunungapi Sinabung merupakan salah satu gunungapi di dataran tinggi Kabupaten Karo, Sumatera Utara, terletak pada koordinat puncak 03o 10" LU dan 98o 23" BT dengan puncak tertinggi gunung ini adalah 2.460 meter dari permukaan laut yang menjadi puncak tertinggi di Sumatera Utara. Sinabung semula dikategorikan sebagai Gunungapi Tipe B yaitu gunungapi yang sejak tahun 1600 belum tercatat adanya letusan lagi. Dengan terjadinya erupsi pada Agustus 2010 yang hingga saat ini masih berlangsung, Gunungapi Sinabung saat ini dikategorikan sebagai Gunungapi Tipe A. Letusan Gunungapi Sinabung menyemburkan debu vulkanis setinggi 3 sampai 5 kilometer dan gempa bumi vulkanis yang dapat terasa hingga 100 kilometer di sekitar gunung ini.

Sejak terjadi letusan Gunungapi Sinabung tahun 2010 – 2017 telah merubah sebagian penggunaan/tutupan lahan lahan di kawasan ini sehingga beberapa lahan pertanian dan permukiman tertutup material letusan gunung. Kejadian ini juga mengharuskan penduduk di 11 desa harus mengungsi ke tempat yang lebih aman. Luas kawasan yang terkena dampak langsung letusan gunungapi ini sekitar 757 Ha. Hingga saat ini jumlah pengungsi yang tinggal di pengungsian berjumlah 9.319 jiwa. Mereka berasal dari 10 desa dan satu dusun yang terletak di kaki Gunungapi Sinabung. Pemerintah berupaya untuk melakukan relokasi masyarakat di 11 Desa untuk dapat pindah dari kampung halaman, akan tetapi adat masyarakat Karo yang begitu kental dengan Sangkep Nggeluh tidak mau pindah dari kampung halaman mereka. Hal ini dikarenakan kampung mereka tinggal merupakan warisan nenek moyang mereka yang tidak mau mereka tinggalkan dan juga merupakan tempat sosial dan ekonomi masyarakat di 11 desa tersebut. Budaya Sangkep Nggeluh merupakan kesempurnaan hidup yang dijalankan oleh masyarakat Karo sebagai bagian dari kehidupan masyarakat Karo sehingga mereka apabila dipindahkan ke tempat lain mereka bukan lagi menjadi bagian kesempurnaan dikarenakan mereka akan hidup bukan dari budaya yang ada akan tetapi berada pada budaya di kampung orang dan harus memulai kembali perekonomian mereka. Hal inilah yang menjadi alasan masyarakat di kaki Gunungapi Sinabung enggan meninggalkan kampung halaman mereka

Dalam perencanaan penggunaan lahan pada kawasan bencana gunungapi perlu dilakukan pemetaan untuk menentukan zona-zona rawan bencana, sehingga aktivitas dan kegiatan masyarakat dapat dilakukan pembatasan guna mengurangi risiko bencana yang terjadi. Pengaturan zona-zona pada kawasan rawan bencana ini diharapkan sebagai mencegah kerusakan dalam pengembangan daerah (Pierson, 2010).

Menurut Yasin (2014) dalam *Hidup Bersama Risiko Bencana: Konstruksi Ruang dalam Perspektif Ruang Relasional* menyatakan bahwa faktor bencana sebagai kekuatan yang ikut mengubah dan membentuk ruang selain faktor politik-ekonomi konstruksi ruang hidup bersama risiko bencana. Dalam persepektif ruang relasional menyumbang pengetahuan bahwa jejaring aktor baik jejaring sosial, jejaring teknologi, maupun jejaring lainnya bisa memfasilitasi konstruksi ruang *living with risk*, sehingga dapat melengkapi pendekatan-pendekatan pengurangan risiko bencana, penghidupan berkelanjutan, dan kapasitas adaptasi atau resiliensi yang sudah ada.

Dengan keberadaan Gunungapi Sinabung sebagai kawasan rawan bencana, peran penataan ruang untuk kawasan rawan bencana juga perlu perhatian hal ini dijelaskan di dalam Undang-undang No. 26 Tahun 2007, bahwa kawasan rawan bencana merupakan bagian dari kawasan lindung, hal inilah yang menjadi dasar apakah kawasan rawan bencana masih dapat dimanfaatkan untuk budidaya, terlebih bahwa pada kawasan gunungapi memiliki kesuburan lahan yang baik dan dimanfaatkan oleh masyarakat untuk menunjang kehidupan serta tempat sosial budaya masyarakat setempat yang selama ini terbentuk. Hal ini juga dinyatakan oleh Hutabarat (2014), bahwa dengan kejadian erupsi Gunungapi Sinabung telah menyebabkan harga fluktuasi harga sayur mayur yang tinggi, hal ini dikarenakan Kawasan Gunungapi Sinabung merupakan penghasil sayur mayur sebagai pemasok di Sumatera Utara. Dengan keberadaan tersebut, maka peran penataan ruang dalam penanggulangan bencana termasuk pengurangan risiko bencana telah dipahami dan diyakini memiliki peran yang sangat penting dalam menciptakan pemanfaatan ruang di kawasan rawan bencana khususnya di Kawasan Gunungapi Sinabung. Penelitian ini bertujuan merumuskan arahan pemanfaatan ruang yang mampu mendorong upaya pengurangan risiko bencana pada Kawasan Gunungapi Sinabung dan sekitarnya.

Penelitian ini merupakan penelitian yang melengkapi penelitian-penelitian terdahulu. Pemanfaatan kawasan gunung berapi merupakan topik yang dibahas. Penelitian-penelitian terdahulu tersebut adalah penelitian Gosal dkk (2018)

tentang analisis spasial, penelitian Rachmah dkk (2018) tentang kesesuaian lahan, penelitian Liambana dkk (2018) tentang pengembangan kawasan, penelitian Zulkarnain (2017) tentang pemanfaatan material gunung Sinabung untuk infrastruktur, penelitian Ginting dan Jadera (2018) tentang vegetasi gunung Sinabung, penelitian Pelupessy dkk (2021) tentang permukiman, penelitian Windiani dkk (2018) tentang manajemen bencana, dan penelitian Yusuf dan Widjonarko (2018) tentang mitigasi bencana.

Metode Penelitian

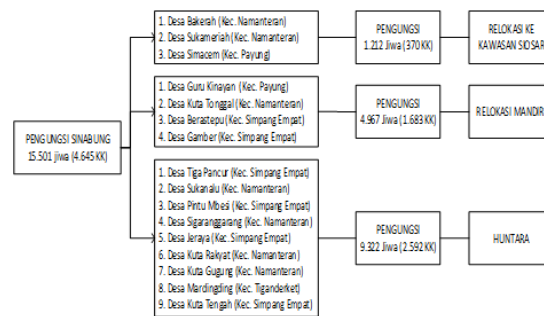
Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat gabungan, dimana merupakan gabungan metoda kuantitatif dan kualitatif dengan pendekatan fenomenologi yang dideskripsikan kemudian dianalisis. Penelitian menggunakan metoda gabungan (mix methods) yang dilakukan secara bersamaan dengan tujuan untuk saling melengkapi gambaran hasil studi mengenai fenomena yang diteliti dan untuk memperkuat analisis penelitian. Penggabungan metoda tersebut didasarkan atas kebijakan penataan ruang, sosial budaya masyarakat, daya dukung lingkungan, kesesuaian lahan dan penilaian tingkat risiko bencana dengan teknik pengharkatan/skorings. Pengharkatan/skorings dilakukan pada setiap indikator pada tiap komponen yang mempengaruhi tingkat risiko bencana. Proses yang digunakan untuk memperoleh peta tingkat risiko bencana gunungapi adalah dengan proses analisis data sekunder berupa overlay atau penggabungan peta-peta tematik yang menjadi komponen dalam penentuan tingkat risiko bencana, yaitu peta ancaman, kerentanan dan peta kapasitas.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Kebencanaan

Gunungapi Sinabung mulai menunjukkan peningkatan aktivitas pada bulan Agustus 2010. Pada 27 Agustus 2010, gunung ini mengeluarkan asap dan abu vulkanis. Pada tanggal 29 Agustus 2010 dini hari sekitar pukul 00.15 WIB (28 Agustus 2010, 17.15 UTC), Gunungapi Sinabung mengeluarkan lava. Status gunung ini dinaikkan menjadi Awak (Dua belas ribu warga disekitarnya dievakuasi dan ditampung di 8 lokasi). Abu Gunung Sinabung cenderung meluncur dari arah barat daya menuju timur laut. Sebagian Kota Medan juga terselimuti abu dari Gunung Sinabung. Sejak letusan pertama pada bulan Agustus 2010, hingga saat ini Gunung Sinabung masih menunjukkan aktivitasnya. Akibat letusan tersebut menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta benda yang cukup besar. Letusan gunungapi Sinabung telah mengakibatkan aliran piroklastik yang mengakibatkan penduduk dari beberapa desa kehilangan tempat tinggal maupun diharuskan tinggal di hunian sementara untuk menghindari korban jiwa. Sebagian korban letusan gunungapi harus direlokasi karena tempat tinggalnya sudah tidak dapat digunakan lagi, sedang sebagian lainnya harus dievakuasi ke tempat yang lebih aman sampai status Gunungapi Sinabung aman.

Hingga bulan April 2016, BNPB (2016) mencatat setidaknya 6.179 jiwa atau 2.053 KK yang berasal dari 7 (tujuh) desa yang berada di bagian Selatan dan Tenggara puncak Gunungapi Sinabung harus direlokasi karena kehilangan tempat tinggalnya. Sebanyak 1.212 jiwa (7,82%) atau sebanyak 370 KK yang berasal dari 3 (tiga) desa yaitu Desa Bakerah, Desa Sukameriah dan Desa Simacem direlokasi ke kawasan Siosar yang berada lebih kurang 20 km ke arah Tenggara. Sedangkan sebanyak 4.967 jiwa (32,04%) atau sekitar 1.683 KK yang berasal dari 4 (empat) desa seperti Desa Guru Kinayan, Desa Kuta Tonggal, Desa Berastepu dan Desa Gamber melakukan relokasi mandiri. Bagan di bawah ini menunjukkan jumlah korban letusan Gunungapi Sinabung, jumlah korban jiwa serta upaya penanganannya.



Sumber: BNPB, 2016

Gambar 1. Jumlah Pengungsi Sinabung dan Penanganannya

Kawasan Rawan Bencana

Berdasarkan Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Sinabung Tahun 2014 yang dikeluarkan oleh PVMBG, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dan Peraturan Menteri Pekerjaan kawasan rawan bencana Gunungapi Sinabung meliputi:

1. Kawasan Rawan Bencana III (KRB III)

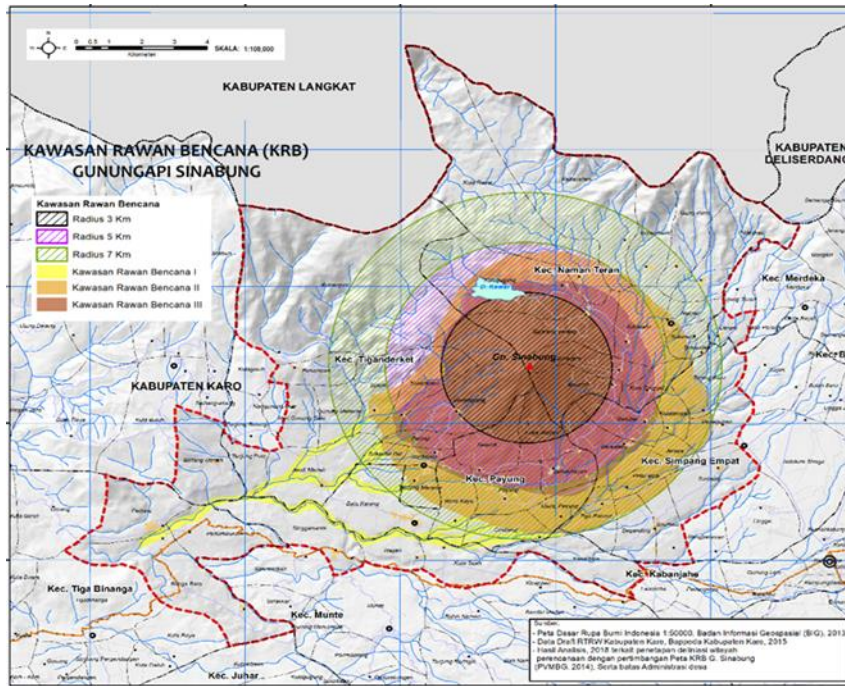
Kawasan Rawan Bencana III adalah kawasan yang sangat berpotensi terlanda awan panas, aliran dan guguran lava, gas beracun, lontaran batu (pijar), dan hujan abu lebat. Kawasan rawan bencana III Gunungapi Sinabung terdiri atas dua bagian, yaitu: a) kawasan rawan terhadap awan panas, aliran dan guguran lava, dan gas beracun memiliki jarak jangkauan maksimum 5 km dari pusat erupsi, b) kawasan rawan terhadap aliran dan guguran lava memiliki kemungkinan lava akan mengalir lebih jauh dari pusat erupsi, dan cenderung akan mengalir ke sektor selatan-tenggara dengan jarak jangkauan maksimum 3-4 km dari pusat erupsi, c) kawasan rawan gas beracun memiliki radius lingkaran sebaran gas beracun diprediksi hingga radius 2 km dari pusat erupsi, d) kawasan rawan terhadap material lontaran batu (pijar), dan hujan abu lebat mencapai jarak maksimum 1,5 km.

2. Kawasan Rawan Bencana II (KRB II)

Kawasan Rawan Bencana II adalah kawasan yang berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, guguran lava, lontaran batu (pijar), dan hujan abu lebat. Kawasan ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu : a) kawasan rawan terhadap awan panas memiliki jarak jangkauannya diprediksi dapat mencapai jarak maksimum lebih kurang 5 km dari pusat erupsi, b) kawasan rawan terhadap aliran dan guguran lava diperkirakan akan melanda daerah selatan-tenggara (sesuai dengan arah bukaan kawahnya), dan mungkin saja mengarah pula ke timur-tenggara dan timur laut dengan radius mencapai 3-5 km, c) kawasan rawan terhadap material lontaran batu (pijar), dan hujan abu lebat memiliki material lontaran batu (pijar) berukuran 2-6 cm ditemukan di beberapa sektor di lereng tengah dan atas Gunungapi Sinabung pada radius antara 2-4,5 km dari pusat erupsi.

3. Kawasan Rawan Bencana I (KRB I)

Kawasan Rawan Bencana I adalah kawasan yang berpotensi terlanda lahar. Apabila erupsinya membesar, maka kawasan ini berpotensi tertimpa hujan abu dan lontaran batu (pijar). Kawasan rawan bencana I Gunungapi Sinabung dibedakan menjadi dua bagian, yaitu: a) kawasan rawan bencana terhadap lahar kemungkinan besar dapat terjadi di daerah selatan-tenggara, barat daya, tenggara, dan timur laut. Hal ini sangat erat kaitannya dengan keberadaan sejumlah sungai besar yang berhulu di pusat erupsi, b) Kawasan rawan bencana terhadap hujan abu dan kemungkinan material lontaran batu (pijar) dimungkinkan mencapai hingga 7 Km.



Sumber: BNPB, 2016

Gambar 2. Peta Kawasan Rawan Bencana Kawasan Gunungapi Sinabung

Dengan keberadaan Kawasan Rawan Bencana yang telah ditetapkan oleh PVMB pada Tahun 2014, terdapat beberapa daerah yang berada dalam radius kawasan rawan bencana tersebut. Sekitar 15.462,74 Ha (49,04%) merupakan daerah yang berada pada radius 3 hingga 7 Km. Sedangkan sekitar 16.068,69 Ha (50,96%) merupakan daerah yang berada diluar radius 3 sampai 7 Km. Akan tetapi bila dilihat dari Kawasan rawan bencana (KRB) yang berada pada KRB I – III mencapai luas sekitar 10.940,715 Ha (34,70%), sedangkan sekitar 20.590,714 Ha (65,30%) merupakan luas Kawasan diluar dari KRB I- III. Untuk mengetahui lebih jelas mengenai luas dan daerah mana saja yang berada pada Kawasan rawan bencana Gunungapi Sinabung dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini.

Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan Kawasan Gunungapi Sinabung pada umumnya sama dengan penggunaan lahan kawasan perdesaan yang didominasi oleh penggunaan lahan untuk pertanian dan permukiman perdesaan. Penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian di kawasan ini didominasi oleh kegiatan perkebunan dan hortikultura. Hal ini tentunya terkait dengan kesesuaian lahan, letak geografis dan geologis yang berada pada dataran gunungapi yang memiliki kecocokan untuk budidaya perkebunan dan hortikultura. Budidaya perkebunan yang banyak dilakukan masyarakat berupa perkebunan jeruk dan markisa, walaupun dijumpai beberapa jenis buah-buahan lain namun tidak banyak. Budidaya pertanian lain berupa pertanian sawah lahan basah. Sejak terjadi letusan Gunungapi Sinabung tahun 2010-2015 telah merubah sebagian penggunaan lahan/tutupan lahan di kawasan ini, sehingga beberapa lahan pertanian dan permukiman tertutup material letusan gunung.

Abu vulkanik letusan Gunungapi Sinabung, telah mempengaruhi produksi tanaman hortikultura yang menurun secara drastis, terutama untuk tanaman selada, cabai, peleng, tomat, kol bunga, brokoli dan kentang. Kerusakan juga terjadi pada kebun jeruk, terong belanda dan lainnya. Kondisi ini tentunya akan mempengaruhi pola penggunaan lahan di masa mendatang, khususnya lahan-lahan yang terdampak langsung erupsi Gunungapi Sinabung yaitu wilayah tenggara hingga selatan puncak Gunungapi Sinabung.

Tabel 1 Penggunaan Lahan Di Kawasan Gunungapi Sinabung

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persentase
1	Air Danau / Situ	114,44	0,36%
2	Air Empang	12,88	0,04%
3	Air Tawar Sungai	17,50	0,06%
4	Hutan	9.934,36	31,51%
5	Lahan Terbuka Aliran Piroklastik	1.076,59	3,41%
6	Perkebunan / Kebun	12.010,21	38,09%
7	Permukiman Dan Tempat Kegiatan	267,92	0,85%
8	Sawah	1.742,18	5,53%
9	Semak Belukar / Alang Alang	4.622,02	14,66%
10	Tegalan / Ladang	1.733,32	5,50%
	Jumlah (Ha)	31.531,43	100,00%

Sumber: Hasil Interpretasi dari Citra Satelit, 2017

Sosial dan Budaya

Lokasi Kawasan Gunungapi Sinabung yang berada di 56 (lima puluh enam) Desa dan 9 (sembilan) Kecamatan memiliki penduduk sekitar 59.037 jiwa dengan tingkat kepadatan secara keseluruhan sebesar 1,87 jiwa/ha atau sekitar 2 jiwa/ha pada tahun 2017. Jumlah penduduk tertinggi berada di Desa Batukarang Kecamatan Payung yang mencapai sekitar 5.378 jiwa dengan tingkat kepadatan sekitar 7 jiwa/ha. Sedangkan penduduk terendah berada di Desa Torong Baru Kecamatan Simpang Empat, yaitu sebesar 128 jiwa dengan tingkat kepadatan sekitar 1 jiwa/ha. Akibat letusan Gunung Sinabung, ribuan penduduk mengungsi sejak tahun 2010 hingga saat ini. Pengungsi adalah penduduk yang berada pada radius yang berbahaya, dimana setidaknya terdapat 11 (sebelas) desa yang warganya harus diungsikan dan sekitar 15.501 jiwa atau sekitar 49,16% dari jumlah penduduk di Kawasan Gunungapi Sinabung harus mengungsi ke tempat yang lebih aman.

Sebagai masyarakat Karo yang mendiami Kawasan Gunungapi Sinabung mempunyai adat istiadat yang sampai saat ini terpelihara dengan baik dan sangat mengikat bagi Suku Bangsa Karo sendiri. Suku ini terdiri 5 (lima) Merga (Merga Silima), Tukur Siwaluh, dan Rakut Sitelu. Kelima Merga tersebut terdiri dari: a) Karo-Karo, b) Ginting, c) Sembiring, d) Tarigan, e) Perangin-angin. Bencana letusan Gunungapi Sinabung adalah salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan sosial yang sangat besar. Lingkungan alam sangatlah mempengaruhi sendi kehidupan suatu masyarakat sehingga bila terjadi perubahan pada lingkungan maka dampaknya adalah terjadinya perubahan sosial terhadap masyarakat tersebut. Keadaan masyarakat yang tadinya teratur, memiliki sistem, dan terdapat stratifikasi di dalamnya, kini sudah tidak terlihat lagi.

Saat ini mungkin sangat sulit membedakan mana penduduk kaya dan miskin, mana penduduk yang berkedudukan tinggi dan rendah. Kini semuanya sama tidak ada yang lebih kaya dan tidak ada yang kedudukannya lebih tinggi, semuanya hidup bersama di posko-posko pengungsian dengan segala fasilitas seadanya dan mengharapkan bantuan dari LSM maupun pemerintah. Pola-pola perilaku masyarakat menjadi berbeda dari biasanya, tidak menutup kemungkinan terjadinya konflik antar warga masyarakat sehingga keseimbangan sosial menjadi terganggu.

Perekonomian

Sistem perekonomian di Kawasan Gunungapi Sinabung didominasi oleh pertanian. Hal ini terlihat dari mayoritas penduduknya yang bekerja pada bidang pertanian dikarenakan wilayah perencanaan merupakan daerah yang berada pada dataran tinggi dan berada di kaki Gunungapi Sinabung yang mengindikasikan memiliki tanah yang sangat subur. Berdasarkan data statistik pada tahun 2017, luas lahan produktif di Kawasan Gunungapi Sinabung 28.529 Ha terdiri atas 1.293 Ha pertanian lahan basah dan 27.236 Ha perkebunan.

Sejak terjadi letusan Gunungapi Sinabung tahun 2010-2017 telah merubah sebagian penggunaan lahan/tutupan lahan di kawasan ini, sehingga beberapa lahan pertanian dan permukiman tertutup material letusan gunung. Abu vulkanik letusan Gunungapi Sinabung telah mempengaruhi produksi tanaman hortikultura yang menurun secara drastis, terutama untuk tanaman selada, cabai, peleng (bayam jepang), tomat, kol bunga, brokoli dan kentang. Kerusakan juga terjadi pada kebun jeruk, terong belanda dan lainnya. Berdasarkan data Dinas Pertanian di Kabupaten Tanah Karo, jumlah kerusakan lahan pertanian milik petani diperkirakan mencapai 25.739 ha atau sekitar 90,22 % dari luas lahan produktif. Total kerugian petani cabai diperkirakan mencapai Rp 21 miliar, tomat Rp 18 miliar, kubis Rp 21,8 miliar. Sayuran jenis kentang yang biasanya menghasilkan produksi hingga 30 ton per hektar, dengan adanya erupsi Gunungapi Sinabung ini, produksi mengalami penurunan sampai 50%. Demikian pula produksi cabai, mengalami penurunan hingga 30%. Tanaman tomat mengalami penurunan harga hingga 50% karena menurunnya kualitas buah tomat.

Analisis Kebijakan Penataan Ruang

Penyusunan rencana tata ruang pada kawasan rawan bencana sangat diperlukan dalam menghadapi bencana baik sebelum, saat terjadi dan sesudah terjadi bencana. Penyusunan dan pelaksanaan rencana tata ruang ini ternyata menghadapi banyak persoalan seperti terbatasnya dan hilangnya data akibat bencana, serta kondisi sosial budaya masyarakat di kawasan rawan bencana. Untuk mengefektifkan pelaksanaan rencana tata ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang, perlu dilengkapi dengan peraturan zonasi sebagai instrumen pengendalian pemanfaatan ruang. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian peran peraturan zonasi dalam pemanfaatan ruang dan pembangunan kembali di kawasan rawan bencana. Pengaturan zonasi bahaya masih merupakan pendekatan penting untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh bencana alam.

Kebijakan penataan ruang merupakan kebijakan yang sangat berperan aktif dalam menangani penanggulangan bencana, hal ini juga telah disebutkan dalam Kerangka Aksi Hyogo dan UNISDR Tahun 2005, juga mengamankan peran tata ruang (*land use planning*) dalam pengurangan risiko bencana termasuk melakukan pembatasan pembangunan di kawasan rawan bencana. Dengan ditetapkannya kawasan rawan bencana sebagai kawasan lindung, akan tetapi keberadaan pada Kawasan Gunungapi Sinabung merupakan kawasan budidaya, maka perlu dilakukan beberapa pendekatan untuk dapat mengurangi risiko bencana yang lebih tinggi antara lain: 1) pemanfaatan ruang kawasan rawan bencana pada Kawasan permukiman yang sudah terbangun di dalam kawasan rawan bencana alam harus dibatasi dan ditetapkan peraturan bangunan (*building code*) sesuai dengan potensi bahaya/bencana alam, serta dilengkapi jalur evakuasi; dan 2) dalam kawasan rawan bencana alam diperbolehkan adanya kegiatan budidaya lain seperti pertanian, perkebunan dan kehutanan, serta bangunan yang berfungsi untuk mengurangi risiko yang timbul akibat bencana alam.

Analisis Sosial Budaya Masyarakat

Dengan adanya letusan Gunungapi Sinabung telah merusak lahan permukiman dan pertanian masyarakat, pemerintah berupaya untuk melakukan relokasi masyarakat di 11 desa untuk dapat pindah dari kampung halaman, akan tetapi adat masyarakat Karo yang begitu kental dengan Sangkep Nggeluh tidak mau pindah dari kampung halaman mereka. Hal ini dikarenakan kampung mereka tinggal merupakan warisan nenek moyang mereka yang tidak mau mereka tinggalkan dan juga merupakan tempat sosial dan ekonomi masyarakat di 11 desa tersebut. Budaya Sangkep Nggeluh merupakan kesempurnaan hidup yang dijalankan oleh masyarakat Karo sebagai bagian dari kehidupan masyarakat Karo, sehingga mereka apabila dipindahkan ke tempat lain mereka bukan lagi menjadi bagian kesempurnaan dikarenakan mereka akan hidup bukan dari budaya yang ada akan tetapi berada pada budaya di kampung orang dan harus memulai kembali social dan perekonomian mereka. Hal ini lah yang menjadi alasan masyarakat di kaki Gunungapi Sinabung enggan meninggalkan kampung halaman mereka.

Manusia berusaha mencari apa yang dianggap manusia itu menimbulkan kebahagiaan untuk individu serta kelompok (Nico, 2005). Dalam hal ini, Suku Karo berbentuk marga atau klan dan menciptakan rasa saling memiliki dan menimbulkan rasa kebahagiaan. Oleh sebab itu masyarakat yang berada di Kawasan Gunungapi Sinabung memilih untuk tidak meninggalkan tempat tinggal mereka walaupun keadaan dapat mengancam jiwa mereka. Hal ini juga diungkapkan oleh Dove (2009) dalam Sagala (2011) bahwa adanya keterikatan yang kuat antara komunitas dan keberadaan gunungapi.

Dengan pemahaman itulah yang membuahakan pemikiran bahwa Gunungapi Sinabung adalah gunung yang menjadi pelindung diri mereka. Pemahaman ini ada karena Gunungapi Sinabung sangat memberikan kontribusi yang luar biasa kepada Suku Karo yang berada di kawasan Gunungapi Sinabung sampai sekarang.

Dengan keberadaan kepercayaan dan adat istiadat yang di anut oleh masyarakat Karo bahwa masyarakat memegang teguh terhadap budaya masyarakat khususnya di sekitar kaki Gunungapi Sinabung yang menyebabkan masyarakat Karo khususnya di kaki Gunungapi Sinabung tetap tinggal di kawasan tersebut. Hal ini dikarenakan keberadaan mereka yang selama ini sudah terikat dengan alam dan Gunungapi Sinabung, sehingga meskipun terjadi bencana masyarakat akan tetap kembali ke tempat asalnya untuk menjalankan hidup dan kemasyarakatan serta menciptakan sosial budaya dan perekonomian yang selama ini mereka bangun.

Analisis Daya Dukung Lingkungan

Analisis daya dukung lahan pada bagian ini adalah dengan mengidentifikasi ambang batas/kualitas potensi lahan, dan jumlah populasi. Potensi lahan yang akan digunakan dalam melakukan analisis ini adalah lahan yang mampu dijadikan sebagai lahan budidaya, setelah itu perlu mengetahui populasi penduduk yang berada pada kawasan tersebut. Adapun rumus dalam menghitung daya dukung adalah:

$$A = \frac{L}{P}$$

A = Daya dukung lingkungan (ha/jiwa)

L = Luas lahan

P = Populasi penduduk

Potensi lahan yang digunakan dikawasan Gunungapi Sinabung merupakan lahan berupa sawah, tegalan/ladang, kebun, dan semak belukar mencapai sekitar 21.452 Ha (68,03%) dari luas kawasan, sedangkan jumlah penduduk di Kawasan Gunungapi Sinabung sekitar 59.037 jiwa yang tersebar di 56 desa. Dari data tersebut bila dimasukkan ke dalam rumus daya dukung, maka diperoleh hasil 0,36 ha/jiwa. Dengan kondisi tersebut dapat diartikan bahwa Kawasan Gunungapi Sinabung telah melebihi kemampuan daya dukung lahan. Hal ini dikarenakan nilai daya dukung lahan lebih besar dari standar konsumsi lahan perkapita berdasarkan standar Yates (dalam Muta'ali, 2012), dimana standar kebutuhan lahan perkapita menurut Yates dengan populasi 50.000 jiwa, maka konsumsi lahan yang dibutuhkan sebesar 0,086 ha/jiwa. Dengan keberadaan kawasan rawan bencana di kawasan tersebut, maka terjadi keterbatasan penggunaan lahan yang mampu mendukung aktivitas penduduk, sehingga dimungkinkan daya dukung lahan kawasan Gunungapi Sinabung akan melebihi dari kemampuan daya dukung lahan yang ada saat ini seiring dengan keterbatasan lahan yang dapat dimanfaatkan.

Rasio Kemampuan Daya Dukung

Analisis rasio kemampuan daya dukung lahan pada kawasan tersebut perlu terlebih dahulu mengetahui rasio kemampuan daya dukung, yakni:

$$CCR = \frac{A \times r}{H \times h \times F}$$

CCR = rasio kemampuan daya dukung

A = jumlah total area yang dapat digunakan untuk kegiatan pertanian/ perkebunan;

r = frekuensi panen per hektar per tahun;

H = jumlah rumah tangga;

h = persentase jumlah penduduk yang tinggal, dan

F = ukuran lahan pertanian rata-rata yang dimiliki petani.

Kawasan gunungapi Sinabung berada di dataran tinggi Kabupaten Karo memiliki luas wilayah sekitar 31.531,43 Ha. Dari luas tersebut sekitar 28.529 Ha merupakan lahan pertanian sawah, perkebunan/kebun dan ladang dengan frekuensi panen sekitar 2 (dua) kali dalam 1 (satu) tahun. Jumlah penduduk di Kawasan Gunungapi Sinabung sekitar 59.037 jiwa dengan 16.728 keluarga yang mediami sekitar 56 desa. serta sekitar 65 % merupakan penduduk yang tinggal di kawasan tersebut. Bila dilihat dari keberadaan lahan yang ada, diasumsikan rata - rata lahan pertanian yang dimiliki penduduk/keluarga sekitar 1,5 Ha. Dari data tersebut bila dilakukan penilaian berdasarkan rasio kemampuan daya dukung diperoleh nilai sebesar 3,49 yang artinya berdasarkan kuantitas lahannya, masih memiliki kemampuan untuk mendukung kebutuhan pokok manusia dan masih mampu menerima tambahan penduduk. Pembangunan di wilayah tersebut masih dimungkinkan bersifat ekspansif dan eksploratif lahan (Muta'ali, 2012). Selain itu Kawasan Gunungapi Sinabung masih bisa dikembangkan dengan leluasa, khususnya untuk pengembangan lahan pertanian, karena lahan masih cukup tersedia.

Daya Dukung Lingkungan Bencana

Daya dukung lingkungan di kawasan rawan bencana merupakan kemampuan suatu lingkungan dalam menghadapi bencana, hal ini dimaksudkan untuk dapat terciptanya pengembangan wilayah/ kawasan yang memiliki keserasian dan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan, sehingga dapat terciptanya pembangunan berkelanjutan berbasis daya dukung lingkungan di masa mendatang.

Dalam menilai daya dukung di kawasan rawan bencana digunakan indeks daya dukung yang diharapkan mampu menilai kemampuan daya dukung di kawasan rawan bencana yang meliputi :

Tabel 2 Indeks Daya Dukung Lingkungan Di Kawasan Rawan Bencana

No	Indeks	Analisis	Hasil
1	Indeks Kawasan Rawan Bencana (KRB) Potensial	$\frac{\text{Luas Area KRB}}{\text{Luas Wilayah}}$	$\frac{10.940,71}{31.531,42} = 0,347$
2	Indeks Kawasan Rawan Bencana (KRB) Actual	$\frac{\text{Luas Area Terdampak}}{\text{Luas KRB}}$	$\frac{1.076,59}{10.940,71} = 0,098$
3	Indeks Potensi Kerusakan Di Kawasan Rawan Bencana (KRB)	$\frac{\text{Jumlah Penduduk}}{\text{Luas KRB}}$	$\frac{1.076,59}{10.940,71} = 5,4 \text{ jiwa/ha}$
		$\frac{\text{Jumlah Rumah}}{\text{Luas KRB}}$	$\frac{1.076,59}{10.940,71} = 1,53 \text{ rumah/ha}$

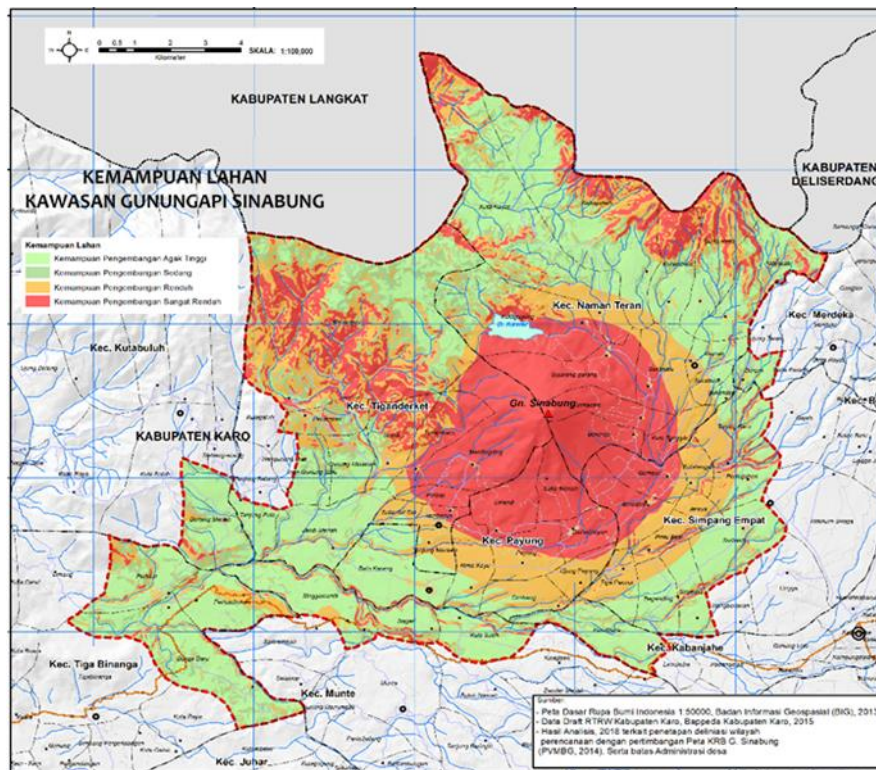
Sumber: Penulis, 2022

Dari hasil penilaian tersebut diketahui secara umum daya dukung lingkungan dengan tingkat kerusakan yang terjadi di Kawasan Gunungapi Sinabung masih tergolong rendah, sehingga kemampuan daya dukung lingkungan terhadap bencana secara umum masih tinggi.

Kemampuan Daya Dukung Lahan

Dalam melakukan penilaian daya dukung lahan di Kawasan Gunungapi Sinabung menggunakan metoda kemampuan lahan berdasarkan Pedoman Teknik Analisis Aspek Fisik dan Lingkungan, Ekonomi Serta Sosial Budaya Dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang (PermenPU No. 20 Tahun 2007). Indikator yang digunakan dalam analisis ini adalah data topografi, morfologi, kemiringan lereng, geologi, jenis tanah, curah hujan, penggunaan lahan dan data bencana. Penilaian ini menggunakan teknik overlay dengan melakukan penilaian dari masing-masing indikator yang digunakan untuk mengetahui 9 (Sembilan) indikator satuan kemampuan lahan (SKL) seperti : a) satuan kemampuan lahan morfologi; b) satuan kemampuan lahan kemudahan dikerjakan; c) satuan kemampuan lahan kesetabilan lereng; d) satuan kemampuan lahan kesetabilan pondasi; e) satuan kemampuan lahan ketersediaan air; f) satuan kemampuan lahan untuk drainase; g) satuan kemampuan lahan terhadap erosi; h) Satuan kemampuan lahan pembuangan limbah; dan i) Satuan kemampuan lahan terhadap bencana alam.

Dari hasil penilaian dari ke sembilan satuan kemampuan lahan (SKL) tersebut, kemudian dilakukan penilaian dengan melakukan pembobotan dan *superimpose* untuk mendapatkan hasil kemampuan lahan, dimana kemampuan untuk pengembangan sedang hingga tinggi mencapai luas sekitar 14.464,09 Ha atau 45,87 %. Sedangkan kemampuan pengembangan rendah hingga sangat rendah di Kawasan Gunungapi Sinabung sekitar 17.067,34 Ha atau 54,13 %.



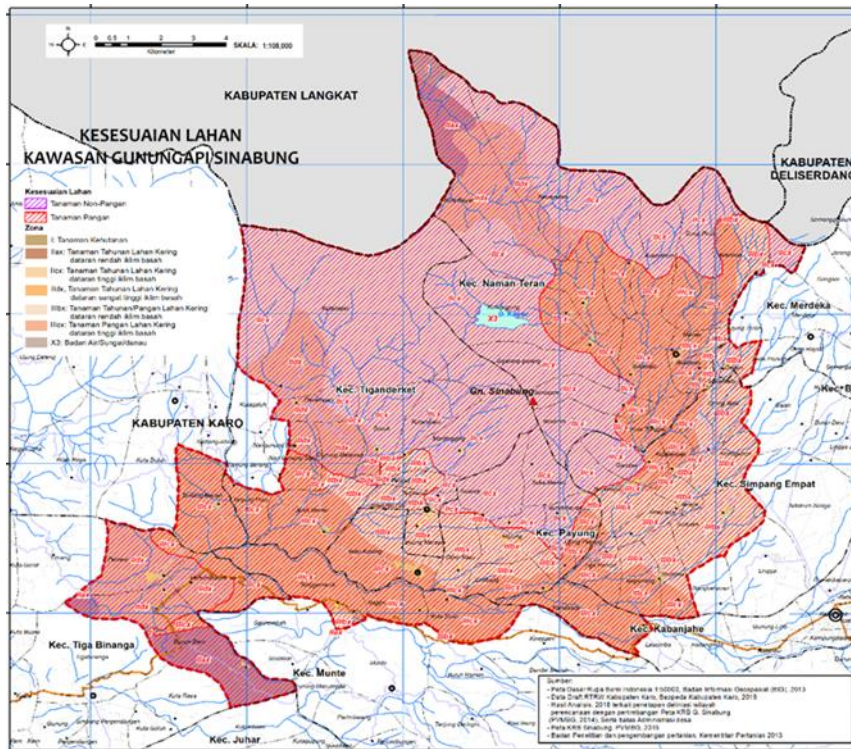
Sumber: Penulis, 2022

Gambar 3. Peta Kemampuan Daya Dukung Lahan

Kesesuaian Lahan

Kerawanan bencana merupakan suatu faktor penghambat dalam pemanfaatan lahan, yaitu dapat menurunkan kegiatan masyarakat dan bahkan produksi pertanian karena terjadinya gagal panen. Kawasan Gunungapi Sinabung yang merupakan kawasan rawan bencana akan tidak sesuai dalam pengembangan produk pertanian dan juga kegiatan penduduk dan bahkan kegiatan perkotaan. Untuk mengetahui tingkat kesesuaian lahan di Kawasan Gunungapi Sinabung dilakukan analisis kesesuaian lahan berdasarkan kesesuaian lahan pertanian, hal ini dilakukan karena sebagian besar lahan di Kawasan Gunungapi Sinabung merupakan lahan pertanian yang mencapai sekitar 52,53 % dari luas kawasan.

Analisis kesesuaian lahan pertanian yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan hasil kajian Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian (2013) tentang Zona Agro Ekologi (ZAE) Indonesia yang memetakan potensi sebaran sumberdaya alam dan air berdasarkan wilayah provinsi, khususnya peta zona agroekologi Provinsi Sumatera Utara. Dari hasil analisis kesesuaian lahan pertanian, dimana kesesuaian lahan di Kawasan Gunungapi Sinabung diperoleh sekitar 31.291,66 Ha (99,24%) merupakan kesesuaian lahan pertanian dan sekitar 239,77 Ha (0,76 %) merupakan kesesuaian bukan untuk pertanian. Dari kondisi tersebut dapat diketahui bahwa untuk Kawasan Gunungapi Sinabung secara keseluruhan memiliki kesesuaian peruntukkan pertanian, akan tetapi dengan kondisi fisik kawasan yang merupakan dataran tinggi dan topografi yang bervariasi mulai dari 500 mdpl hingga 2.500 mdpl belum secara keseluruhan dilakukan pengembangan pertanian pada saat ini. Kesesuaian lahan bagi pertanian di Kawasan Gunungapi Sinabung dapat diperuntukkan sebagai tanaman tahunan dan tanaman pangan dengan kesesuaian pemanfaatan sebagai budidaya tanaman tahunan dataran rendah iklim basah, budidaya tanaman tahunan dataran menengah beriklim basah, budidaya tanaman tahunan dataran tinggi beriklim basah, budidaya tanaman tahunan dan tanaman pangan dataran rendah beriklim basah serta budidaya tanaman tahunan dan tanaman pangan dataran tinggi beriklim basah.



Sumber: Penulis, 2022

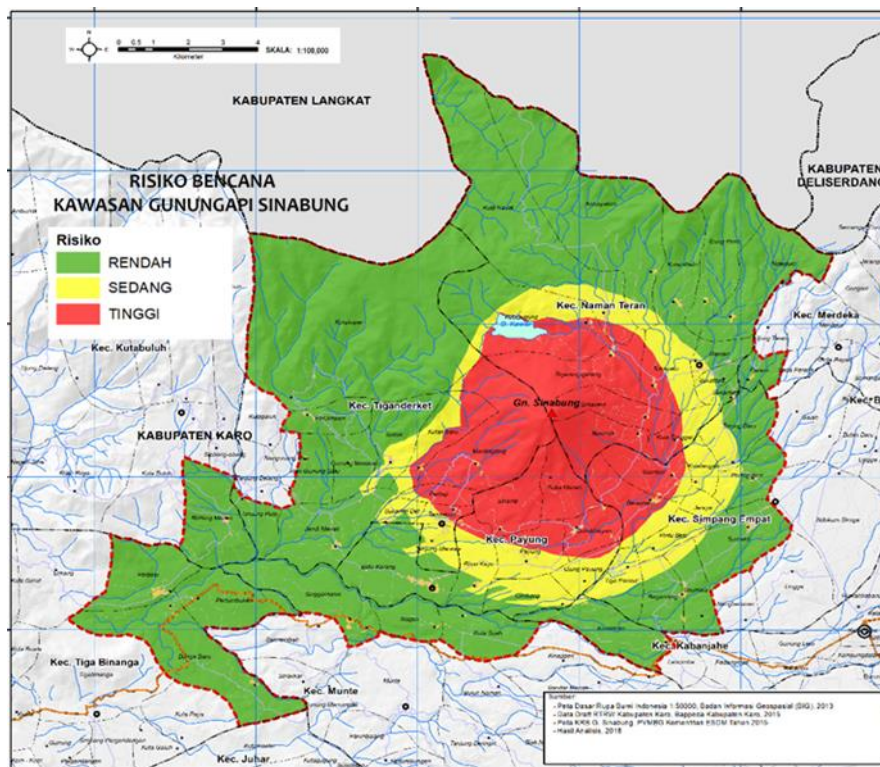
Gambar 4. Peta Kesesuaian Lahan Kawasan Gunungapi Sinabung

Analisis Risiko Bencana

Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat (Muta'ali, 2012). Analisis risiko bencana letusan gunungapi ini mengkombinasikan faktor ancaman, faktor kerentanan dan faktor kapasitas yang dilakukan dengan metoda superimpose GIS. Zona analisis risiko bencana letusan gunungapi di Kawasan Gunungapi Sinabung diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) zona, yaitu: a) zona risiko tinggi, b) zona risiko sedang, c) zona risiko rendah.

Berdasarkan penilaian risiko bencana di kawasan Gunungapi Sinabung didapat bahwa risiko bencana letusan Gunungapi Sinabung dengan tingkat risiko rendah sebanyak lebih kurang 21.435,53 Ha atau lebih kurang 67,98 % dari total luas kawasan. Kawasan yang memiliki tingkat risiko rendah terutama di bagian pinggir kawasan yang umumnya memiliki tingkat bahaya rendah.

Sedangkan sebanyak lebih kurang 4.049,29 Ha atau lebih kurang 12,84 % dari total luas kawasan memiliki tingkat risiko sedang. Dan lebih kurang 6.046,60 Ha atau lebih kurang 19,18 % dari total luas kawasan memiliki tingkat risiko tinggi. Kawasan dengan tingkat risiko tinggi dan sedang berada di sekitar kawasan puncak gunung. Hal ini terutama disebabkan tingkat bahaya di kawasan tersebut lebih tinggi dibanding tingkat bahaya di kawasan yang lebih jauh dari puncak gunung.

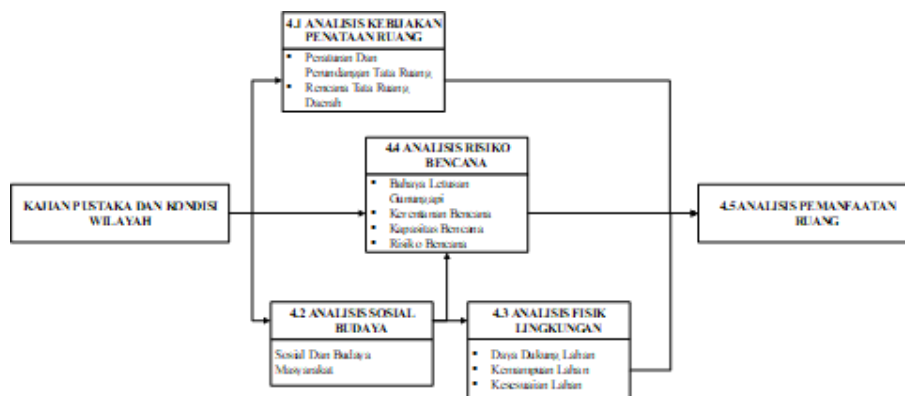


Sumber: Penulis, 2022

Gambar 5. Peta Risiko Bencana Kawasan Gunungapi Sinabung

Analisis Pemanfaatan Ruang

Untuk dapat menentukan pemanfaatan ruang di Kawasan Gunungapi Sinabung, perlu dilakukan analisis berdasarkan data dan kebijakan serta hasil rumusan analisis yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya sehingga diharapkan mampu menciptakan pemanfaatan ruang yang mampu mengurangi risiko bencana di Kawasan Gunungapi Sinabung seperti terlihat pada Gambar 4 yang menunjukkan hubungan antara analisis dalam menentukan pemanfaatan ruang di Kawasan Gunungapi Sinabung.



Sumber: Penulis, 2022

Gambar 6. Keterkaitan Dalam Penentuan Pemanfaatan Ruang Di Kawasan Gunungapi Sinabung

Keberadaan Gunungapi Sinabung juga memberikan dampak besar, dimana dengan letusan yang terjadi juga memberikan pengaruh dan daya tarik yang kuat bagi masyarakat dan menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat setempat (Sagala, 2012). Terlepas dari alasan ekonomi, menurut Dove (2009) dalam Sagala (2009) juga menunjukkan bahwa ada keterkaitan yang kuat antara komunitas dan keberadaan Gunungapi. Oleh karena itu, potensi peningkatan manfaat ekonomi Gunungapi akan menjadi penting bagi masyarakat, setidaknya karena dua alasan. Pertama, ia

menyediakan sumber mata pencaharian alternatif yang selanjutnya meningkatkan ketahanan masyarakat. Kedua, penggunaan kawasan tersebut sebagai wisata gunungapi akan menurunkan kepadatan dan area terbangun dari zona bahaya yang pada akhirnya akan membuat orang-orang yang terpapar gunung berapi juga berkurang.

Perencanaan penggunaan lahan di daerah rawan gunungapi dapat berfungsi sebagai salah satu metode untuk mengurangi dampak jika gunungapi meletus (Sagala, 2012). Sehingga pemanfaatan lahan pada kawasan rawan bencana perlu adanya pembatasan dalam penggunaan lahan untuk mengurangi risiko bencana. Selain itu pemanfaatan lahan juga perlu diberlakukan system zonasi yang merupakan seperangkat peraturan dan standar yang menegakkan batasan hukum spesifik untuk setiap zona yang ditunjukkan dalam bentuk peta (Elliott, 2008).

Pengaturan zona-zona pada kawasan rawan bencana dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan dalam pengembangan daerah (B. Pierson, Pierce County, 2010) dengan melakukan pembatasan kepadatan penduduk dan hunian di daerah rawan bencana. Pembatasan dilakukan dengan mengatur tingkat kepadatan penduduk pada daerah permukiman pada KRB III perlu dilakukan pembatasan penduduk hingga 400 orang, sedangkan pada KRB II perlu dilakukan pembatasan penduduk hingga 700 orang, sedangkan pada KRB I dapat dilakukan pembatasan hingga 1.000 orang. Dengan penerapan pembatasan penduduk tersebut terdapat 13 desa dari 16 desa yang melebihi dari penduduk yang ditetapkan, sehingga perlu adanya kebijakan daerah dalam mengatasi hal tersebut untuk dapat menurunkan kapasitas penduduk di daerah rawan bencana. Kebijakan tersebut dapat berupa pemberian insentif dengan diberikan tempat tinggal baru yang aman dari bencana letusan gunungapi serta masih diperkenankan untuk melakukan usaha pertanian di bawah kaki Gunungapi Sinabung. Dengan kebijakan tersebut diharapkan masyarakat yang berada pada daerah rawan bencana dapat ikut berperan untuk mengurangi risiko bencana di kawasan rawan bencana.

Berdasarkan hal tersebut, maka Kawasan Gunungapi Sinabung yang berada pada Kawasan Rawan Bencana dalam pemanfaatan ruang ditetapkan sebagai kawasan lindung dengan pertimbangan kawasan tersebut merupakan ancaman bahaya letusan gunungapi seperti awan panas, aliran dan guguran lava, gas beracun, lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat yang mengancam keselamatan jiwa manusia dan penghidupannya serta memiliki risiko tinggi karena sangat dekat dengan sumber letusan. Pemanfaatan ruang dalam kawasan lindung khususnya kawasan rawan bencana dalam pemanfaatannya dapat dilakukan kegiatan budidaya secara terbatas, bila kawasan tersebut sebelumnya merupakan daerah budidaya. Sedangkan kawasan yang bukan sebagai daerah rawan bencana yang telah ditetapkan oleh PVMG/Pemerintah (KRB I, KRB II dan KRB III) dapat berupa kawasan budidaya. Sedangkan untuk daerah yang merupakan aliran piroklastik dan aliran lahar diharapkan dapat berupa kawasan lindung dan tidak diperkenankan adanya bangunan. Kegiatan budidaya non terbangun yang dapat dilakukan pada kawasan rawan bencana berupa kegiatan pertanian, perkebunan, kehutanan dan pariwisata.

Kesimpulan

Pemanfaatan ruang yang dilakukan dengan melihat hasil penilaian terhadap kebijakan penataan ruang, kondisi fisik dan daya dukung lingkungan, sosial budaya masyarakat di Kawasan Gunungapi Sinabung dan Risiko Bencana di Kawasan Gunungapi Sinabung, maka pemanfaatan ruang di Kawasan Gunungapi Sinabung tidak serta merta merupakan Kawasan Lindung, akan tetapi dapat dilakukan kegiatan budidaya secara terbatas khususnya pertanian, perkebunan, pariwisata dan bangunan yang menunjang kegiatan kebencanaan, pertanian dan pariwisata.

Meskipun Kawasan Gunungapi Sinabung dapat dilakukan pemanfaatan budidaya, akan tetapi perlu adanya pembatasan seperti daerah yang merupakan aliran piroklastik dan aliran lahar diharapkan dapat berupa kawasan lindung dan tidak diperkenankan adanya bangunan, daerah aliran lahar dingin yang mengalir ke sungai dan danau yang telah ditetapkan oleh pemerintah sebagai daerah rawan bencana tidak diperkenankan adanya kegiatan permukiman, kegiatan pertanian yang sudah berkembang saat ini berupa pertanian lahan basah, hortikultura dan perkebunan dapat sekiranya diperuntukan untuk tanaman keras ataupun tanaman tahunan (pada kemiringan 21 – 40% dan ketinggian > 500 mdpl), sehingga tanaman pangan dan hortikultura merupakan tanaman monokultur ataupun tumpang sari dengan tanaman tahunan, hal ini guna menghindari bencana lain seperti erosi dan tanah longsor di Kawasan Gunungapi Sinabung, penerapan peraturan bangunan (building code) pada daerah rawan bencana mengikuti minimal standar bangunan yang

telah ditetapkan, pembatasan intensitas ruang di daerah rawan bencana di KRB III dengan Kepadatan bangunan < 10 unit/Ha KDB Maksimum 10%, KRB II Kepadatan bangunan < 30 unit/Ha KDB maksimum 20%, KRB I Kepadatan bangunan 30-60 unit/Ha KDB maksimum 40%. pengembangan sistem jaringan prasarana mitigasi pada daerah aliran sungai berupa pengembangan Sabo Dam dengan tipe terbuka dengan lobang pada sungai yang menjadi daerah aliran lahar dingin, dimana Sabo Dam tersebut dipergunakan sebagai sistem penanggulangan bencana alam akibat erosi dan sedimentasi dari banjir lahar. penetapan sistem jaringan evakuasi meliputi penetapan jalur evakuasi dan ruang untuk evakuasi bencana serta tempat-tempat pengungsian (*shelter*) bagi penduduk yang dievakuasi yang meliputi TES (tempat evakuasi sementara) dan TEA (tempat evakuasi akhir).

Daftar Pustaka

- Ginting, J., & Jadera, A. (2018). Analisa Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Satelit Lansat 7 dan Lansat 8 Menggunakan Metode K-Means di Kawasan Gunung Sinabung. *Indonesian Journal of Computing and Modeling*, 1(1), 42-48.
- Gosal, Lisa C., dkk. 2018. Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Bencana Gunung Api Lokon Di Kota Tomohon. *Spasial*, 8(2)
- Hutabarat, R. C. 2014. Dampak Erupsi Gunung Sinabung Di Kabupaten Karo Terhadap Fluktuasi Harga Sayur Mayur, *Jurnal Saintech* Vol. 06-No.04.
- Liambana, M., dkk. 2018. Studi Pengembangan Kawasan Hutan Lindung Gunung Mahawu Menjadi Tahura. *Cocos*, 1(2)
- Muta'ali, Lutfi. 2012. Daya Dukung Lingkungan Untuk Perencanaan Wilayah. Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPFG), Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Muta'ali, Lutfi. 2015. Teknik Analisis Regional. Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPFG), Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Nico, Syukur. 2005. Pengalaman Dan Mootivasi Beragama. Yogyakarta, Kanisius.
- Pelupessy, M., dkk. 2021. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keberadaan Permukiman Di Kawasan Rawan Letusan Gunung Berapi Soputan. *Spasial*, 8(2)
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 21 Tahun 2007, tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Letusan Gunung Berapi dan Kawasan Rawan Gempa Bumi. Jakarta.
- PermenPU No. 20 Tahun 2007, tentang Pedoman Teknik Analisis Aspek Fisik dan Lingkungan, Ekonomi Serta Sosial Budaya Dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang.
- Pierson, Pierce County. 2010. *A synthesis of challenges and opportunities for reducing volcanic risk through land use planning in New Zealand*.
- Rachmah, Z., dkk. 2018. Kesesuaian Lahan Permukiman Di Kawasan Kaki Gunung Dua Sudara. *Spasial*, 5(1)
- Sagala, S., Rosyidie, A., Pratama, A., Wimbardana, R. and Wijayanti, A. 2012, Mempromosikan Wisata Gunung Berapi di Area Zona Bahaya untuk Membangun Kembali Ekonomi Lokal.
- Sagala, S., 2009 Implementable land use plan in Volcano Prone Area in Indonesia: Challenges and Opportunities.
- Undang-Undang No 26 Tahun 2007, tentang Penataan Ruang.
- Undang-Undang No 24 Tahun 2007, tentang Penanggulangan Bencana.
- Windiani. 2018. Pengelolaan Bencana Berbasis Kapasitas Lokal Di Kawasan Gunung Kelud Pasca Erupsi Tahun 2014 (Studi Etnografi Di Kawasan Rawan Bencana Gunung Kelud Kabupaten Kediri). *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 5(2018)
- Yasin, Yusup, 2014. Hidup Bersama Risiko Bencana: Konstruksi Ruang dalam Perspektif Ruang Relasional, *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, vol. 25, no. 1, hlm. 58-76.
- Yusuf, I., & Widjonarko, W. (2018). Kesiapan Prasarana Mitigasi Bencana Pada Kawasan Rawan Bencana Erupsi Gunung

Berapi Kabupaten Magelang. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 7(3), 179-189.
<https://doi.org/10.14710/tpwk.2018.21445>

Zulkarnain, F. 2017. Penggunaan Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sumatera Utara untuk Infrastruktur Perumahan Penduduk di Kawasan Bencana. *Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur (SPI)*. 2017