

ANALISIS MORFOMETRI BENTANGLAHAN UNTUK PREDIKSI BAHAYA ALIRAN LAHAR GUNUNGAPI SINABUNG

(Landscape Morphometry Analyses for Lahar Hazard Prediction at Sinabung Volcano)

Supriyati¹ dan Boedi Tjahjono²

Direktorat Kesiapsiagaan, Badan Nasional Penanggulangan Bencana¹
Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor²
Kawasan IPSC Gedung Ina-DRTG Jl. Anyar Desa Tangkil, Sentul Bogor Jawa Barat
E-mail: supriyati.uppi@gmail.com

ABSTRAK

Gunungapi Sinabung adalah gunungapi Indonesia yang sempat menjadi perbincangan dunia karena letusannya lahir kembali pada tahun 2010 sebagai letusan pertama yang dikenal dalam periode sejarah. Pendekatan morfometri digunakan untuk menganalisis bahaya aliran lahar dengan memperhitungkan bahaya lahar daerah proksimal (sub Daerah Aliran Sungai) dan daerah medial dan distal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sub DAS yang mempunyai peluang besar mengalirkan lahar di daerah proksimal berturut-turut adalah sub DAS Lau Borus, sub DAS Lau Kurambehu, dan sub DAS Simacem. Adapun untuk bahaya daerah medial-distal mengancam daerah pinggiran sungai, terutama daerah permukiman yang terdapat di Kecamatan Simpang Empat, Kecamatan Tiganderket, dan Kecamatan Payung. Rekomendasi mitigasi yang disarankan bagi ketiga kecamatan tersebut adalah sosialisasi bahaya erupsi gunungapi, meningkatkan kesiapsiagaan dan pengetahuan masyarakat mengenai aliran lahar, relokasi hunian yang berada di daerah bahaya, dan meningkatkan kapasitas daya tampung lahar.

Kata kunci: proksimal, medial, distal

ABSTRACT

Sinabung Volcano is one of Indonesian volcanoes becoming global issue because of its eruption in 2010 as the first eruption known in the historical period. The landscape morphometric approach was used to analyze the lahar hazard by taking into account proximal hazard (sub watersheds) and medial and distal hazards. The results show that lahar hazard of proximal area will come from sub watersheds of Lau Borus, Lau Kurambehu, and Simacem successively from large to small, while the hazard of the medial and distal areas threaten the riverbanks, especially residential areas contained in Simpang Empat District, Tiganderket District, and Payung District. Recommended mitigation proposed for the three districts were socialization of volcanic eruption hazards, enhancing community preparedness and knowledge on lahar flows, residential relocation from hazard areas, and increasing the capacity of valley to accommodate lahar.

Keywords: proximal, medial, distal

PENDAHULUAN

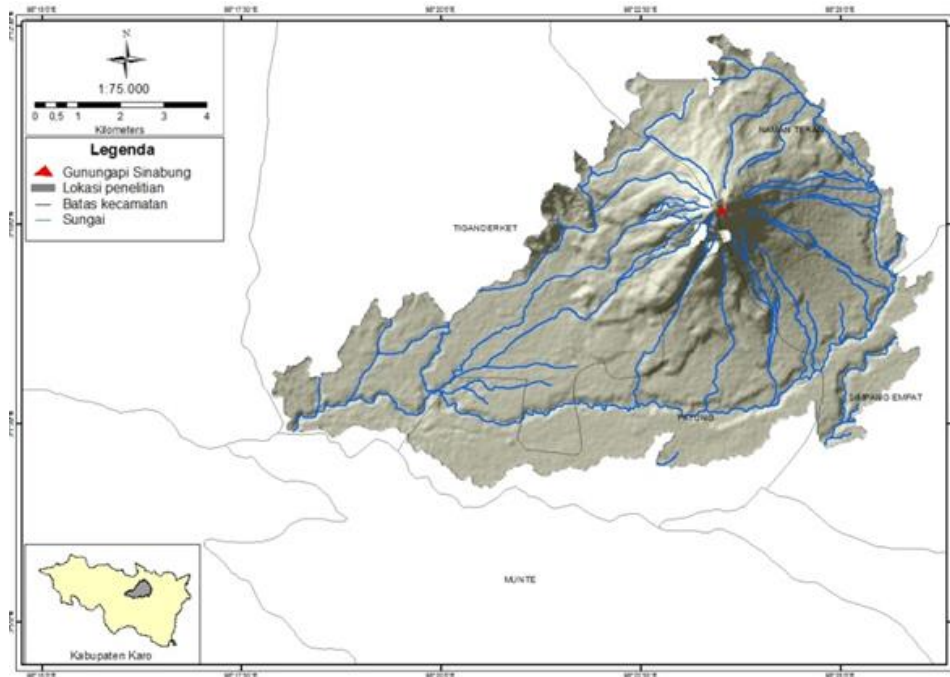
Gunungapi Sinabung adalah salah satu gunungapi di Indonesia yang sempat menjadi perbincangan dunia karena letusannya di tahun 2010 merupakan letusan pertama yang dikenal dalam periode sejarah. Awalnya Gunungapi Sinabung dikategorikan sebagai gunungapi Tipe B oleh Pemerintah Indonesia, namun gunungapi ini secara mengejutkan telah meletus pada tanggal 27 Agustus 2010 sehingga secara otomatis kategori Gunungapi Sinabung tersebut berubah menjadi gunungapi tipe A (Wittiri, 2010).

Saat ini aktivitas Gunungapi Sinabung masih berada pada level IV atau pada kategori "Awat" dengan kondisi visual dan kegempaan yang masih tinggi. Rekomendasi dari Badan Geologi terkait aktivitas Gunungapi Sinabung adalah agar masyarakat dan pengunjung/wisatawan tidak berada di dalam radius 3 km dari puncak, atau tidak berada dalam jarak 7 km untuk sektor selatan-tenggara, 6 km untuk sektor tenggara-timur, dan 4 km untuk sektor utara-timur. Masyarakat yang berada dan bermukim di dekat sungai-sungai yang berhulu di Gunungapi Sinabung dihimbau untuk selalu waspada terhadap potensi bahaya lahar. Aturan ini diterapkan dalam rangka pelaksanaan program mitigasi bencana Gunungapi Sinabung

Letusan terus berlangsung dan seiring dengan berjalannya waktu, deposit abu vulkanik Gunungapi Sinabung terdistribusi di sekitar kawah, terutama terdeposisi di sisi tenggara dan timur Gunungapi Sinabung. Masyarakat yang berada dan bermukim di dekat sungai-sungai yang berhulu di Gunungapi Sinabung dihimbau untuk selalu waspada terhadap bahaya lahar di waktu yang akan datang.

METODE

Tempat penelitian berada di Gunungapi Sinabung dan sekitarnya, yang terletak di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara. Lokasi penelitian secara astronomis terletak pada koordinat geografis $3^{\circ} 5' 20'' - 3^{\circ} 13' 30''$ LS dan $98^{\circ} 28' 52'' - 98^{\circ} 27' 29''$ BT (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi penelitian di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Digital Elevation Model* (DEM) dari citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dengan resolusi 30 meter, citra SPOT (*Satellites Pour l'Observation de la Terre*), laporan pengamatan dan penyelidikan gunungapi yang diperoleh dari Badan Geologi, data penduduk dari Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistik Kabupaten Karo, 2017) dan data volume material piroklastik Gunungapi Sinabung pada tahun 2015 hasil penelitian Yulianto *et al.* (2016). Dalam penelitian ini alat pengolah data yang digunakan adalah komputer dengan piranti lunak sistem informasi geografis ArcGIS.

Bahaya letusan gunungapi sangat beragam, selain tergantung pada karakter letusan juga tergantung pada jarak dari pusat letusan. Berdasarkan dua parameter tersebut bahaya letusan gunungapi dapat dibagi menjadi beberapa fasies, yaitu fasies sentral, fasies proksimal, fasies medial, dan fasies distal (Bronto, 2006). Pada fasies medial jenis bahaya gunungapi yang ada adalah awan panas, hujan abu, dan aliran lahar, sedangkan pada fasies distal bahaya yang mungkin terjadi adalah hujan abu dan aliran lahar atau banjir (Bronto, 2006).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperkirakan daerah yang berpeluang besar terkena dampak aliran lahar adalah dengan analisis morfometri. Variabel-variabel yang mempengaruhi bahaya aliran lahar dari gunungapi adalah curah hujan, volume material, gradien sungai, dan sejarah terlandanya lahar di suatu tempat (Swardana, 2014). Analisis bahaya lahar difokuskan pada dua wilayah, yaitu daerah proksimal (dekat dari sumber letusan) serta daerah medial dan distal (jauh dari sumber letusan). Batas kedua daerah ini ditentukan berdasarkan bentuklahan, yaitu kerucut gunungapi (*volcanic cone*) sebagai daerah proksimal yang merupakan akumulasi terdekat produk vulkanik, sedangkan bentuklahan yang lain adalah dataran kaki fluvio-vulkanik (*fluvio-volcanic foot plain*) sebagai daerah medial-distal (Muhardi, 2014).

Untuk penilaian bahaya aliran lahar daerah proksimal pada penelitian ini, variabel yang diperhitungkan, yaitu kerapatan drainase, gradien sungai, curah hujan ditambah dengan ketersediaan volume material vulkanik. Ketika air hujan dan aliran permukaan memobilisasi material vulkanik melalui lembah sungai, maka kondisi geomorfologi gunungapi dan karakteristik DAS pada daerah proksimal dan medial sangat mempengaruhi kondisi aliran lahar di daerah distal atau daerah yang terdampak (Muhardi, Tjahjono, & Baskoro, 2014).

$$H_p = D \times G \times P \times V \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- H_p = bahaya aliran lahar di daerah proksimal
- D = kerapatan drainase
- G = gradien sungai
- P = curah hujan
- V = volume material vulkanik

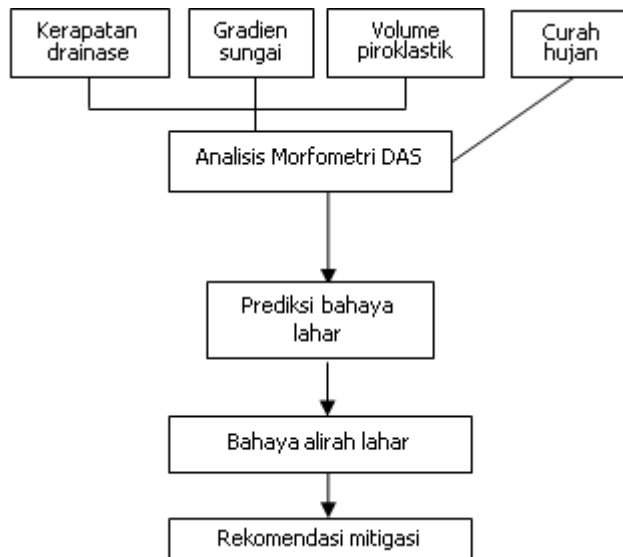
Dengan demikian, bahaya aliran lahar di daerah distal dipengaruhi oleh bahaya aliran lahar proksimal dan kapasitas tampung lembah sungai dalam mengalirkan aliran lahar.

$$H_{md} = C/H_p \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- H_{md} = bahaya lahar di daerah medial-distal
- C = kapasitas tampung sungai
- H_p = bahaya aliran lahar di daerah proksimal

Jika daerah bahaya lahar ditumpang susun (*overlay*) dengan poligon permukiman maka akan dapat memberikan informasi penduduk yang terancam oleh bahaya lahar. Dengan demikian selanjutnya akan dapat disusun upaya-upaya mitigasi yang dilakukan sesuai dengan kondisi daerah penelitian. Kondisi ini dapat mencakup kondisi fisik dan sumberdaya alam yang ada serta kondisi sosial dan budaya masyarakat setempat. Secara sistematis skema kerangka pemikiran penelitian ini disajikan pada **Gambar 2**.



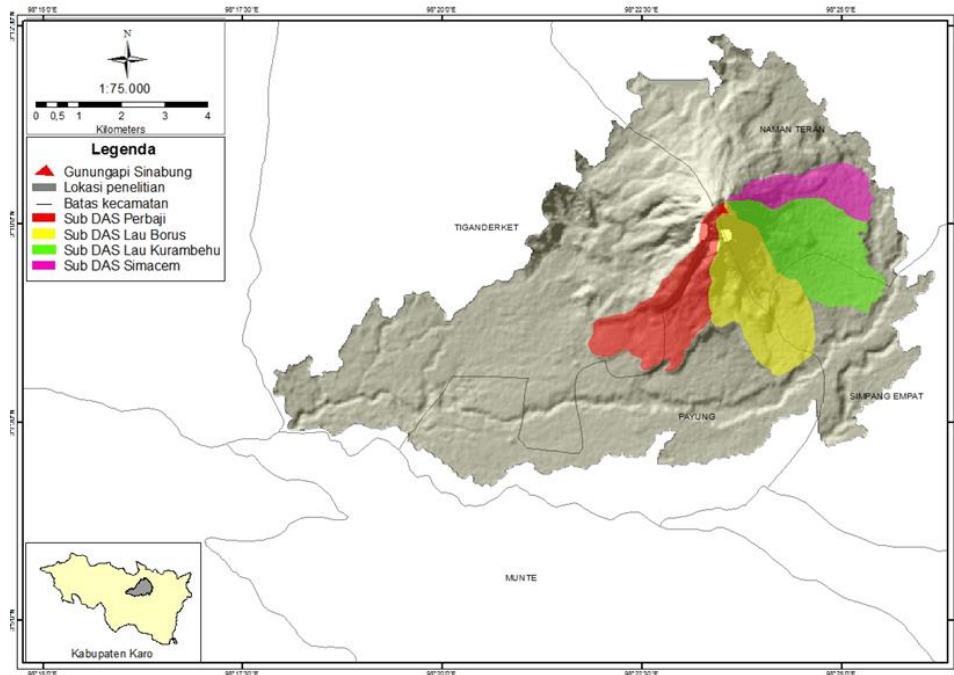
Gambar 2. Skema kerangka pemikiran penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis morfometri bentanglahan yang digunakan untuk analisis bahaya lahar bermula dari analisis morfometri bentanglahan daerah sumber material piroklastik (proksimal), kemudian dilakukan analisis morfometri terhadap daerah hilirnya, yaitu daerah medial dan distal. Yang pertama meliputi tubuh gunungapi itu sendiri, yaitu analisis morfometri bentuklahan (*landform*) kerucut Gunungapi Sinabung sebagai area yang mewadahi material vulkanik. Parameter yang dipakai yaitu batas sub DAS atau luasannya, kerapatan aliran sungai di dalam setiap sub DAS,

gradien sungainya, dan volume piroklastik (tefra) di dalam setiap sub DAS. Dalam konsep ini sub DAS proksimal dianggap sebagai wilayah pemasok (*supplier*) jumlah atau kuantitas aliran lahar yang akan dihasilkan, sedangkan daerah medial dan distal sebagai daerah yang mengalirkan aliran lahar yang dihasilkan. Berdasarkan hasil survei lapangan terlihat bahwa guguran awan panas dan aliran piroklastik hasil erupsi Gunungapi Sinabung terdeposisi secara dominan di bagian tenggara-timur dengan perluasan ke bagian tenggara-selatan.

Berdasarkan hasil interpretasi visual dari data DEM SRTM 30 dapat dipetakan sub DAS yang mawadahi material piroklastik Gunungapi Sinabung sebagai material baru yang berpotensi untuk dapat membentuk lahar (**Gambar 3**) yaitu sub DAS Perbaji, sub DAS Lau Borus, sub DAS Lau Kurambehu dan sub DAS Simacem.



Gambar 3. Persebaran sub DAS di wilayah proksimal Gunungapi Sinabung yang mawadahi secara dominan produk piroklastik dan aliran lava hasil erupsi Sinabung sejak 2010

Kerapatan drainase dalam hal ini mengindikasikan adanya kemudahan material piroklastik terbawa masuk ke dalam saluran sungai oleh air hujan, sehingga semakin besar nilai kerapatan aliran sungai, maka peluang terbentuknya aliran lahar juga semakin besar. Sementara itu gradien sungai (atau perbedaan elevasi titik hulu-hilir sepanjang alur sungai) lebih menggambarkan kemudahan lahar termobilisasi secara gravitatif. Hal ini dikarenakan perbedaan elevasi yang besar akan berpengaruh terhadap percepatan pergerakan aliran lahar. Jadi semakin tinggi nilai gradien sungai, maka gerakan aliran lahar akan semakin cepat. Secara bersamaan semakin tinggi nilai kerapatan drainase dan gradien sungai, maka akan semakin besar pula peluang lahar terbentuk dan mengalir ke wilayah bawahnya.

Selain kedua parameter tersebut, parameter lain yang digunakan untuk menilai bahaya lahar adalah volume tefra atau material piroklastik yang tersebar di daerah proksimal. Nilai volume tefra yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada hasil penelitian Yulianto *et al.* (2016) yaitu sebesar $1,9 \times 10^8 \text{ m}^3$. Untuk perhitungan bahaya lahar ini digunakan asumsi bahwa ketebalan tefra dianggap merata di semua bagian permukaan sub DAS, dikarenakan oleh kondisi yang tidak memungkinkan untuk melakukan pengukuran di lapangan, apalagi gunungapi ini masih dalam status aktivitas erupsi selama survei berlangsung. Asumsi ini diambil dari sifat endapan jatuhnya piroklastik (*pyroclastic fall*) yaitu menutup semua bentuk permukaan topografi dengan ketebalan yang relatif sama.

Hasil analisis bahaya lahar proksimal merupakan hasil perkalian dari semua parameter di atas seperti disajikan pada **Tabel 1**. Pada tabel tersebut terlihat bahwa sub DAS yang mempunyai tingkat bahaya lahar paling besar ke paling rendah berturut-turut adalah sub DAS Lau Borus, sub DAS Lau Kurambehu, sub DAS Simacem, dan sub DAS Perbaji. Hal ini disebabkan sebagian besar

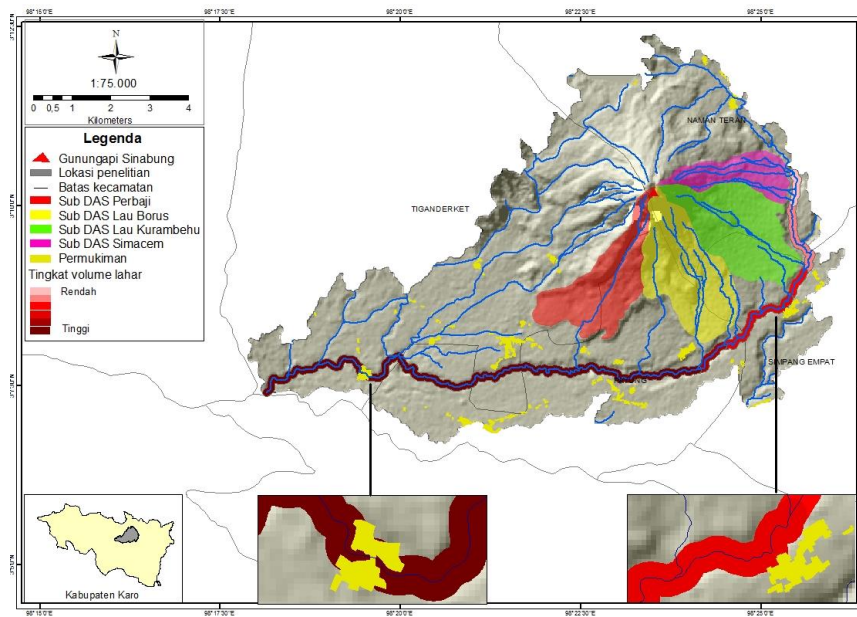
material hasil erupsi Gunungapi Sinabung dideposisikan di tiga sub DAS pertama, sehingga volume endapan piroklastik sebagai sumber material lahar tersedia secara berlimpah di tiga sub DAS tersebut. Selanjutnya sungai-sungai yang mengalir dari empat sub DAS tersebut semuanya bermuara ke satu sungai, yaitu Sungai Lau Pertumbuhan, meskipun pada titik-titik yang berbeda. Sungai Pertumbuhan ini kemudian akan dinilai tingkat bahaya aliran laharnya sebagai daerah bahaya medial dan distal.

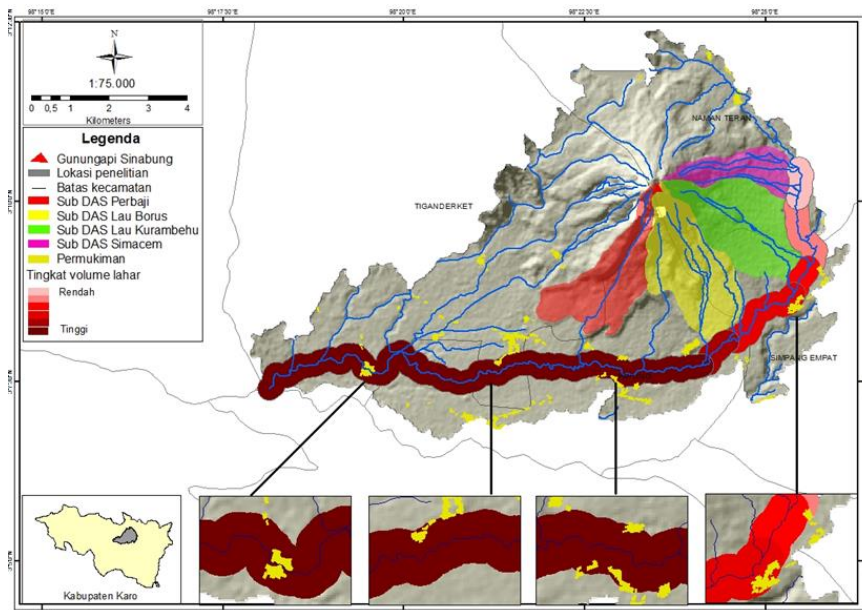
Tabel 1. Nilai bahaya sub DAS daerah proksimal dalam mengalirkan lahar

No	Nama Sub DAS	Kerapatan drainase (m/m ²)	Gradien sungai	Volume tefra (m ³)	Curah hujan (m/thn)	Bahaya proksimal (m ³ /thn)
1	Lau Borus	0,0025	0,2481	6,40x10 ⁷	2,6170	1,03x10 ⁵
2	Lau Kurambehu	0,0013	0,2437	6,94x10 ⁷	2,6220	5,83x10 ⁴
3	Perbaji	0,0011	0,2893	3,83x10 ⁴	2,6220	3,12x10 ¹
4	Simacem	0,0049	0,2236	1,85x10 ⁷	2,6220	5,33x10 ⁴

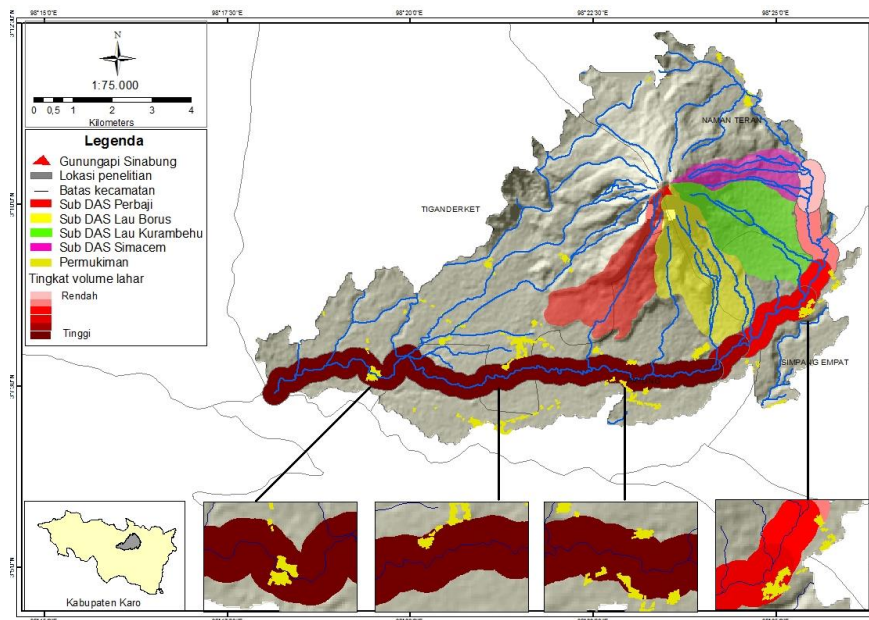
Mengingat bahwa Lau Pertumbuhan disuplai oleh beberapa sungai dari daerah proksimal, maka sifat bahaya lahar di daerah medial ini akan semakin membesar ke arah hilir atau ke daerah distal. Oleh sebab itu segmen lembah Lau Pertumbuhan yang terletak di antara titik muara Simacem dan titik muara Lau Kurambehu diasumsikan mempunyai bahaya yang lebih rendah daripada segmen berikutnya, yaitu di antara titik muara Lau Kurambehu dengan titik muara Lau Borus. Selanjutnya untuk segmen setelah titik muara Perbaji (disebut daerah distal) dianggap mempunyai bahaya yang lebih besar lagi dikarenakan volume lahar yang diperkirakan semakin membesar. Meskipun demikian, membesar atau mengecilnya volume lahar di daerah distal ini masih tergantung juga oleh banyak/sedikitnya endapan lahar yang terdeposisi di lembah-lembah bagian hulu dan merata/tidaknnya curah hujan di atas empat sub DAS tersebut.

Jika volume aliran semakin membesar, maka bahaya yang muncul di daerah medial dan distal antara lain adalah terlampauinya daya tampung lembah sungai yang dilalui. Jika kondisi tersebut terjadi, maka aliran lahar dapat meluap ke luar lembah sehingga dapat merusak atau bahkan seringkali mengubur berbagai objek yang dilaluinya di sekitar lembah sungai tersebut. Objek yang sering dijumpai di sepanjang tepian lembah sungai pada umumnya adalah permukiman dan lahan-lahan pertanian. Kedua bentuk penggunaan lahan ini erat kaitannya dengan kemudahan manusia mendapatkan sumber daya air dari sungai untuk kelangsungan hidup mereka sehari-hari.





(b)



(c)

Gambar 4. Bahaya aliran lahar Gunungapi Sinabung dengan (a) *buffer* 100 m, (b) *buffer* 200 m, dan (c) *buffer* 300 m

Untuk mengetahui tingkatan bahaya dari aliran lahar ini, maka di sepanjang Sungai Lau Pertumbuhan dibuat *buffer* sungai dalam tiga jarak (**Gambar 4**), yaitu pada jarak 100 m, 200 m, dan 300 m. Dalam hal ini diperlukan pula sebuah asumsi bahwa area yang mempunyai jarak paling dekat dengan lembah sungai (100 m) adalah area yang dianggap mempunyai bahaya lebih besar daripada area-area lain yang berada di posisi lebih jauh, yaitu berturut-turut pada jarak 200 m dan 300 m. *Buffer* ini perlu dibuat disebabkan aliran lahar adalah peristiwa yang sangat membahayakan apabila melanda permukiman atau tempat aktivitas penduduk di tepian sungai, sering membawa korban jiwa, merusak harta benda, dan juga merusak lingkungan.

Mengingat bahwa erupsi Gunungapi Sinabung relatif masih baru dikenal oleh masyarakat yang tinggal di sekitarnya (Kabupaten Karo), yaitu sejak tahun 2010 atau sejak bangkitnya kembali aktivitas Gunungapi Sinabung, maka peran mitigasi bencana gunungapi menjadi sangat penting untuk menekan besarnya bencana. Masyarakat Kabupaten Karo yang tinggal di sekitar Gunungapi Sinabung sementara ini masih belum mengenal secara mendalam jenis-jenis bahaya gunungapi

dan perilaku dari setiap fenomena vulkanik. Hal ini tentu agak berbeda dengan masyarakat yang tinggal di sekitar Gunungapi Merapi, Gunungapi Kelud, atau Gunungapi Galunggung yang sudah terbiasa dengan bencana gunungapi, terutama bahaya aliran lahar sebagai bahaya sekunder dari fenomena vulkanik. Beberapa bentuk atau upaya mitigasi yang direkomendasikan terhadap bahaya aliran lahar Gunungapi Sinabung adalah:

1. Meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai jenis-jenis bahaya gunungapi, terutama bahaya lahar pada musim hujan, melalui upaya-upaya sosialisasi, latihan, dan pelatihan.
2. Meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dengan membuat rencana evakuasi yang mencakup jalur evakuasi, rambu petunjuk evakuasi, dan lokasi tempat pengungsian terutama di bulan-bulan bercurah hujan tinggi. Selain itu perlu pula disediakan fasilitas pengungsian yang memadai dan layak, seperti tersedianya hunian sementara, dapur umum, sarana sanitasi, dan naungan lainnya.
3. Merelokasi aktivitas dan permukiman penduduk yang berada di kawasan terancam aliran lahar ke daerah-daerah yang lebih aman. Lokasi yang diperkirakan terancam aliran lahar di daerah medial-distal berada di Kecamatan Simpang Empat (Desa Berastepu dan Desa Gamber), Kecamatan Tiganderket (Desa Jandi Meriah dan Desa Tanjung Merawa), Kecamatan Payung (Desa Payung, Desa Selandi, dan Desa Guru Kinayan), dan Kecamatan Naman Teran (Desa Bekerah dan Desa Simacem).
4. Membendung luapan lahar dengan membangun tanggul sungai pada daerah-daerah yang berpotensi mengalami banjir lahar atau membuat *sabo dam* untuk mengendalikan material lahar di sepanjang sungai yang diperkirakan akan dialiri oleh aliran lahar.
5. Meningkatkan kapasitas daya tampung lahar, antara lain melalui pemanfaatan pengambilan endapan lahar oleh masyarakat pada bulan-bulan aman, yaitu pada bulan-bulan bercurah hujan rendah.

KESIMPULAN

Dari sifat morfometri bentanglahan, sub DAS yang mempunyai bahaya proksimal paling tinggi adalah sub DAS Lau Borus. Lokasi yang terancam aliran lahar di daerah medial-distal adalah desa-desa yang berlokasi di sepanjang Sungai Lau Pertumbuhan, yaitu Desa Berastepu, Desa Gamber, Desa Jandi Meriah, Desa Tanjung Merawa, Desa Payung, Desa Selandi, Desa Guru Kinayan, Desa Bekerah dan Desa Simacem. Banyaknya permukiman di sepanjang Sungai Lau Pertumbuhan pada area *buffer* 300 m membuat bahaya aliran lahar dapat meningkatkan tingkat risiko di waktu yang akan datang.

Rekomendasi mitigasi bahaya aliran lahar untuk Gunungapi Sinabung yang utama adalah sosialisasi bahaya erupsi gunungapi, meningkatkan kesiapsiagaan dan pengetahuan masyarakat mengenai aliran lahar, relokasi hunian yang berada di daerah bahaya, dan meningkatkan kapasitas daya tampung lahar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan BNPB, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Penanggulangan Bencana BNPB serta Kasi Pemantauan dan Peringatan BNPB yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Karo. (2017). *Karo dalam Angka*. BPS Kabupaten Karo.
- Bronto, S. (2006). Fasies Gunungapi dan Aplikasinya. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(2), 59–71.
- Muhardi, R. (2014). *Evaluasi dan Arahannya Penyempurnaan Rencana Tata Ruang Wilayah Gunungapi Salak dan Sekitarnya Berbasis Bahaya Vulkanik*.
- Muhardi, R., Tjahjono, B., & Baskoro, D. (2014). Penilaian Bahaya Lahar Gunung Salak (Suatu pendekatan morfometri). *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 5(2), 93–110.
- Swardana, A. (2014). *Studi Geomorfologi Kabupaten Kediri dan Pemodelan Bahaya Aliran Lahar Gunungapi Kelud*.
- Wittiri, S. (2010). Gunungapi Sinabung Naik Kelas. *Warta Geologi*, 5(3), 36–39.

Yulianto, F., Suwarsono, & Sofan, P. (2016). The Utilization of Remotely Sensed Data to Analyze the Estimated Volume of Pyroclastic Deposits and Morphological Changes Caused by the 2010–2015 Eruption of Sinabung Volcano, North Sumatra, Indonesia. *Pure and Applied Geophysics*. <https://doi.org/10.1007/s00024-016-1342-8>