Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019

ISSN : 1907 - 3844

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI
OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD

INVENTARISASI GERAKAN TANAH PASKA BENCANA LONGSOR 7 MARET 2019 DI JALUR TRANS NUSA KABUPATEN MANGGARAI BARAT, NUSA TENGGARA TIMUR

ANALISIS RUTE EVAKUASI BENCANA AWAN PANAS GUNUNGAPI SINABUNG SUMATERA UTARA

BERITA KEBENCANAAN GEOLOGI, JANUARI - JUNI 2019

PERHITUNGAN DAN POTENSI BAHAYA GEMPA BUMI MEGATHRUST M8.7 SELAT SUNDA

ANALISIS REGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRIANGLE STRAIN ALGORITHM BERDASARKAN DATA PENGAMATAN GPS GUNUNGAPI KELUD TAHUN 2016-2018

KARAKTERISTIK GEMPA BUMI LOMBOK 2018 BERDASARKAN ANALISIS DATA GPS

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
BADAN GEOLOGI
PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI

Terbit 2 kali dalam satu tahun

Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019

ISSN : 1907 - 3844

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI
OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD

Dewan Redaksi
Ketua : Dr. Estu Kriswati, S.T. M.Sc.
Wakil Ketua : Novie N. Afatia, S.T., M.T.

Redaktur :
Dr. Ir. Sri Hidayati
Mardian Hardipto, S.T., M.T.
Ir. Kristianto, M.Si
Dr. Nia Haerani, S.T, M.T
Dr. Sumaryono, S.T., M.Eng
Dr. Devy K. Syahbana, S.Si.
Amalfi Omang, S.Si., M.Phil.
Ir. Imam Santosa, M.Sc
Ir. Cecep Sulaeman

Mitra Bestari :
Dr. Eng. Asep Saepuloh
Dr. Agustan, S.T., M.Sc.
Dr. Zulfakriza Zulhan, ST,MT
Ir. Asdani Soehaimi, dipl.Seis

Penata Letak dan Desain Grafis:
Dewi Subektiningsih

Sekretariat / Distributor:
M. Cipta Firmansyah
Yana Karyana

Alamat Redaksi
PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI
Jl. Diponegoro 57 Bandung 40122
Telp. (022) 7271402, (022) 7272606;
Fax. (022) 7202761
e-mail: bulletinpvmbg@esdm.go.id
http://www.vsi.esdm.go.id

Foto sampul : Pegunungan Mbelililing, Kec. Mbeliling, Manggarai Barat. (Maret 2019)
Di foto oleh : Yohandi Kristiawan

Alamat redaksi:

PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI
Jl. Diponegoro No.57 Bandung 40122
Tlp.(022) 7271402,7272606 Fax. (022) 7202761
e-mail : bulletinpvg@vsi.esdm.go.id
http://www.vsi.esdm.go.id

Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019

ISSN : 1907 - 3844

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI

OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD

PENGANTAR REDAKSI

Para Pembaca yang Budiman,

Indonesia merupakan wilayah yang rawan bencana geologi, baik yang diakibatkan oleh erupsi gunungapi, kejadian gerakan tanah, gempa bumi, dan tsunami. Beberapa diantaranya terjadi dalam skala yang besar.

Banyak penelitian yang berhubungan dengan kebencanaan geologi dilakukan dengan menggunakan berbagai metode. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi (BVBG) Volume 13, Nomor 1 Tahun 2019 mempublikasikan 5 (lima) makalah berkaitan dengan kebencanaan geologi. Makalah berjudul "Analisis Rute Evakuasi Bencana Awan Panas Gunung Sinabung Sumatera Utara" membahas rute terbaik yang harus diambil pada saat evakuasi masyarakat yang terkena dampak letusan Gunung Sinabung, analisis menggunakan metode GIS. Makalah kedua adalah "Analisis Regangan Gunungapi Kelud Dengan Metode Triangle Strain Algorithm Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2016-2018" memberikan perhitungan regangan dalam menentukan mekanisme deformasi di daerah gunungapi. Makalah ketiga dan ke empat mengenai gempa bumi, yaitu "Ancaman dan Potensi Bahaya Gempa Bumi Megathrust M8.7 Selat Sunda" yang menjelaskan mengenai potensi bahaya gempa bumi besar terutama untuk kawasan-kawasan strategis di sekitar Selat Sunda, dan "Karakteristik Gempa Bumi Lombok 2018 Berdasarkan Data GPS".
Makalah kelima berjudul "Gerakan Tanah Paska Bencana Longsor 7 Maret 2019 di Jalur Trans Nusa Kabupaten Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur" disajikan untuk memberikan informasi mengenai inventarisasi gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian secara rinci.

Penerbitan BVBG volume ini juga menyajikan rangkuman Berita Bencana Geologi (erupsi gunungapi, gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah) di Indonesia, pada kurun waktu Januari - Juni 2019.

Dewan redaksi mengucapkan selamat membaca.

Salam
Dewan Redaksi

Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019 ISSN : 1907 - 3844

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI
OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD

Mitra Bestari Tetap / Permanent Peer Reviewer:

Dr. Agustan, ST, M.Sc. (Penginderaan Jauh, Geodinamika)
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Dr. Andri Dian Nugraha, S.Si., M.Si. (Geofisika, Seismologi)
Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, ITB

Ir. Asdani Soehaimi, dipl.Seis (Geologi. Seismotektonik)
Pusat Survey Geologi, Badan Geologi, KESDM

Dr. Eng. Asep Saepuloh (Geologi, Vulkanologi Penginderaan Jauh)
Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, ITB

Dr. Ir. Dicky Muslim, M.Sc. (Geologi, Bencana Geologi)
Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, Unpad

Dr. Eng. Imam A. Sadisun, ST, MT (Gerakan Tanah, Bencana Geologi)
Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, ITB

Dr. Zulfakriza Zulhan, ST, MT (Geofisika, Seismologi)
Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, ITB

Redaksi Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah membantu proses penyuntingan sehingga bulletin ini dapat di terbitkan.

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI
PEDOMAN PENULISAN

Aturan Umum

1. Artikel belum pernah diterbitkan dimanapun
2. Artikel dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau dalam bahasa Inggris sesuai dengan format yang telah ditentukan dan disertai Sari/Abstract
3. Redaksi berhak memperbaiki tata bahasa dan penulisan yang sesuai dengan format yang telah ditentukan
4. Artikel akal ditelaah dan disunting oleh Editor yang telah ditentukan
5. Naskah dikirimkan dalam bentuk hard copy dan soft copy dengan menyertakan gambar asli dalam bentuk foto ataupun bentuk corel, JPEG atau TIF
6. Naskah tidak adlam bentuk compressed file

Format Penulisan Artikel

1. Naskah ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, diketik dengan bentuk dan ukuarn huruf (font) Times New Roman 12, dengan spasi 1.5. Jumlah artikel maksimum 10 halaman termasuk foto, gambar, grafik dan tabel. Sari/Abstract maksimum 300 kata yang ditulis dalam bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, disertai kata kunci pada baris bagian bawah dengan huruf miring.
2. Foto dibuat dengan resolusi tinggi (200-300 dpi), gambar dan grafik dibuat dengan simbol dan notasi yang jelas, minimal font 9.
3. Alinea baru dinyatakan dengan indentasi
4. Judul ditulis dalam huruf capital, dicetak tebal dengan spasi 1.5, maksimum 10 kata. Judul bersifat informatif dan ringkas
5. Sub judul ditulis dengan font Times New Roman 12, huruf besar pada awal kata, dan dicetak tebal
6. Nama penulis dan nama/alamat lembaga tempat penelitian ditulis lengkap, font Times New Roman 11, spasi 1.5
7. Sistematika penulisan : a. Judul, nama penulis, lembaga; b. Sari dan kata kunci (Bhs. Indonesia), abstract da keyword (Bhs. Inggris), c. Isi naskah: I. Pendahuluan (latar belakang, tujuan, lokasi, data, dan metodologi), II. Hasil dan Pembahasan, III. Kesimpulan, ucapan terima kasih, daftar pustaka/referensi.
8. Foto, gambar, tabel dan grafik yang digunakan harus mengacu pada tulisan dalam artikel
9. Tabel dan gambar diberi nomor berurutan dalam naskah, dengan keterangan yang jelas. Grafik harus mempunyai label sumbu yang jelas disertai satuan yang disingkat dengan notasi baku, misalnya Z(103)
10. Sitasi kepustakaan (acuan) ditulis dalam sistem: nama penulis utama, tahun (nomor halaman, jika diperlukan)
11. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad secara kronologis. Sistem penulisn pustaka dari :
    a. Buku: nama pengarang, tahun terbitan, judul buku (ditulis dalam huruf miring), edisi, nama penerbit
    b. Karangan dalam buku:nama pengarang, tahun terbitan, judul karangan (dalam huruf miring), nama editor, judul buku, nama penerbit
    c. Artikel dalam jurnal; nama pengarang (jika jumlahnya lebih dari 4, cukup ditulis penulis pertama diikuti dkk atau et.al.), tahun terbitan, judul, nama majalah/jurnal (dalam huruf miring), jilid/volume, nomer, dan halaman
    d. Karangan dalam pertemuan ilmiah/proceeding: nama pengarang, tahun, judul karangan (dalam huruf miring), nama penyelenggara serta tempat pertemuan
12. Penggunaan tata-nama, tata-istilah, lambang dan satuan, mengikuti tata cara penulisan yang baku, misalnya Sistem Internasional (SI)
13. Ucapan terima kasih, ditulis di bagian akhir naskah (setelah kesimpulan dan saran, sebelum daftar pustaka), dengan menyebutkan secara lengkap: nama, gelar dan lembaga penerima ucapan.

ISSN : 1907 – 3844

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI

BULLETIN OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD

Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019

Perhitungan dan Potensi Bahaya Gempa Bumi *Megathrust* M8.7 Selat Sunda
Calculation and Potential Hazard from M8.7 Sunda Strait Megathrust Earthquake
Amalfi Omang, Akhmad Solikhin, Athanasius Cipta Dan Supartoyo 1-10

Analisis Regangan dengan Menggunakan Metode Triangle Strain Algorithm Berdasarkan Data Pengamatan GPS Gunungapi Kelud Tahun 2016-2018
Strain Analysis Using The Triangle Strain Algorithm Method Basedo on Kelud Volcano GPS Observation Data 2016-2018
M. Aditya Wicaksono, Henri Kuncoro, Estu Kriswati 11-19

Karakteristik Gempa Bumi Lombok 2018 Berdasarkan Analisis Data GPS
Characteristics of Lombok Earthquake in 2018 based on GPS Data Analysis
Cecep Sulaeman, Imam Priambodo, Amalfi Omang, Pandu A. Minarno, Rahayu Robiana, Haunan Afif, Akhmad Solikhin, Supartoyo, Sri Hidayati, Susilo Sarimun, Irwan Meilano 21-32

Inventarisasi Gerakan Tanah Paska Bencana Longsor 7 Maret 2019 di Jalur Trans Nusa Kabupaten Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur
Landslide Inventory in Post Landslide Event March 7th 2019 in Trans Nusa Route, West Manggarai Regency, East Nusa Tenggara
Yohandi Kristiawan, Iqbal Eras Putra ,Syatrin Kharis 33-40

Analisis Rute Evakuasi Bencana Awan Panas Gunungapi Sinabung Sumatera Utara
Evacuation Routes Analysis of Pyroclastic Flows at Mount Sinabung North Sumatra
M. Raihan Habibie, Dian N Handiani, Mamay Surmayadi 41-50

Berita Kebencanaan Geologi ,Januari – Juni 2019
Merry C. Natalia, Novie N. Afatia, Heruningtyas D. Purnamasari 51-61

ISSN : 1907 – 3844

BULLETIN VULKANOLOGI DAN BENCANA GEOLOGI

BULLETIN OF VOLCANOLOGY AND GEOLOGICAL HAZARD

Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019

Perhitungan dan Potensi Bahaya Gempa Bumi *Megathrust* M8.7 Selat Sunda
Calculation and Potential Hazard from M8.7 Sunda Strait Megathrust Earthquake
Amalfi Omang, Akhmad Solikhin, Athanasius Cipta Dan Supartoyo 1-10

Analisis Regangan dengan Menggunakan Metode Triangle Strain Algorithm Berdasarkan Data Pengamatan GPS Gunungapi Kelud Tahun 2016-2018
Strain Analysis Using The Triangle Strain Algorithm Method Basedo on Kelud Volcano GPS Observation Data 2016-2018
M. Aditya Wicaksono, Henri Kuncoro, Estu Kriswati 11-19

Karakteristik Gempa Bumi Lombok 2018 Berdasarkan Analisis Data GPS
Characteristics of Lombok Earthquake in 2018 based on GPS Data Analysis
Cecep Sulaeman, Imam Priambodo, Amalfi Omang, Pandu A. Minarno, Rahayu Robiana, Haunan Afif, Akhmad Solikhin, Supartoyo, Sri Hidayati, Susilo Sarimun, Irwan Meilano 21-32

Inventarisasi Gerakan Tanah Paska Bencana Longsor 7 Maret 2019 di Jalur Trans Nusa Kabupaten Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur
Landslide Inventory in Post Landslide Event March 7th 2019 in Trans Nusa Route, West Manggarai Regency, East Nusa Tenggara
Yohandi Kristiawan, Iqbal Eras Putra ,Syatrin Kharis 33-40

Analisis Rute Evakuasi Bencana Awan Panas Gunungapi Sinabung Sumatera Utara
Evacuation Routes Analysis of Pyroclastic Flows at Mount Sinabung North Sumatra
M. Raihan Habibie, Dian N Handiani, Mamay Surmayadi 41-50

Berita Kebencanaan Geologi ,Januari – Juni 2019
Merry C. Natalia, Novie N. Afatia, Heruningtyas D. Purnamasari 51-61

ANALISIS RUTE EVAKUASI BENCANA AWAN PANAS GUNUNGAPI SINABUNG SUMATERA UTARA

Evacuation Routes Analysis of Pyroclastic Flows at Mount Sinabung North Sumatra

M. Raihan Habibie[1], Dian N Handiani[1], Mamay Surmayadi[2]
[1]Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung
[2]Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Bandung
Email: raihanhabibie70@gmail.com

Sari

Gunungapi Sinabung saat ini berada di tingkat IV (awas). Aktivitas vulkaniknya di tahun 2013 menunjukkan semburan abu vulkanik mencapai Kota Medan yang berjarak 80 km dari pusat letusan, dan adanya korban jiwa 17 orang akibat sapuan awan panas. Upaya mengurangi korban jiwa dan kerugian dapat dilakukan melalui proses evakuasi. Evakuasi berjalan optimal, jika perencanaan rute evakuasi pun optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis rute evakuasi terdekat dan darurat akibat paparan awan panas di area Gunungapi Sinabung dengan menggunakan metode *closest route analysis*. Hasil penelitian menunjukkan pemukiman terdampak awan panas dari tahun 2015-2018 berada di tiga wilayah, yaitu: barat daya, timur, dan utara. Bagian barat daya terletak di Kecamatan Payung, sedangkan di utara dan timur terletak di Kecamatan Naman Teran. Rute evakuasi terbagi sesuai dengan area pemukiman terdampak terseibut, yaitu barat daya berjarak tempuh 8,2 km dan waktu tempuh 16,4 menit, utara berjarak tempuh 11 km dan waktunya 22 menit, dan bagian timur berjarak tempuh 8,9 km dan waktunya adalah 17,8 menit. Rute darurat menuju tiga rumah sakit, yaitu Lao Simono (rute barat daya), Efarina Etaham (rute utara), dan Kaban Jahe (rute timur). Waktu tempuh dihitung dengan asumsi kendaraan roda empat berkecepatan 30 km/jam.
Kata kunci: Sinabung, awan panas, rute evakuasi, closest route analysis

Abstract

Sinabung Volcano is currently at level IV (alert). Volcanic activity in 2013 showed bursts of volcanic ash reaching Medan which is 80 km from the center of the eruption, and there were 17 fatalities due to sweeping hot clouds. Efforts to reduce fatalities and losses can be done through an evacuation process. Evacuation is optimal, if planning for an evacuation route is optimal. This study aims to analyze the nearest evacuation route and emergency due to exposure to hot clouds in the Sinabung Volcano area using the closest route analysis method. The results of the study show that settlements affected by hot clouds from 2015-2018 are in three regions, namely: southwest, east and north. The southwest part is located in Payung District, while in the north and east it is located in Naman Teran District. The evacuation route is divided according to the particular affected residential area, namely the southwest is 8.2 km away and travel time is 16.4 minutes, the north is 11 km away and the time is 22 minutes, and the eastern part is 8.9 km and the time is 17.8 minutes. Emergency routes to three hospitals, namely Lao Simono (southwest route), Efarina Etaham (north route), and Kaban Jahe (east route). Time travel estimation is calculated by four wheel vehicle of speed 30 km/hour.
Keywords*: Sinabung, pyroclastic flow, evacuation routes, closest route analysis*

Pendahuluan

Gunungapi Sinabung berlokasi di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara. Saat ini, aktivitas vulkanik Gunungapi Sinabung telah membahayakan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Gunungapi ini berada dalam status tingkat IV (awas) berdasarkan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2013). Aktivitas vulkanik Gunungapi Sinabung terdiri dari awan panas, lahar, abu vulkanik dan batuan gunungapi yang keluar dari letusan Gunungapi Sinabung. Akibat letusan Gunungapi Sinabung di tahun 2013 menunjukkan semburan abu vulkanik mencapai Kota Medan, dimana kota tersebut berjarak 80 km dari pusat letusan. Selain itu, terdapat korban jiwa sebanyak 17 orang dan utamanya akibat sapuan awan panas (Suryani, 2014).

Salah satu upaya mengurangi resiko korban jiwa akibat aktivitas vulkanik awan panas adalah dengan melakukan evakuasi. Definisi evakuasi menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) adalah kegiatan memindahkan korban bencana dari lokasi bencana ke tempat aman dan atau tempat penampungan pertama untuk mendapat tindakan penanganan lebih lanjut (BNPB, 2014). Evakuasi yang optimal dapat dilakukan dengan melakukan perencanaan rute evakuasi yang optimal pula.

Penelitian ini menganalisis rute evakuasi terpendek untuk menghindari sebaran awan panas akibat erupsi dari Gunungapi Sinabung. Perencanaan rute evakuasi didapatkan dengan menggabungkan data peta sebaran awan panas, zona kawasan rawan bencana (KRB) Gunungapi Sinabung, jaringan jalan, lokasi titik evakuasi dan pemukiman, batas administrasi, serta statistik kepadatan penduduk. Metode yang digunakan untuk menentukan rencana rute tersebut adalah *closest route analysis* berdasarkan algoritma Dijkstra (Nicoara & Haidu, 2014). Metode tersebut mencari jarak terdekat dari titik bencana ke titik evakuasi.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi rute evakuasi akibat sebaran awan panas di Gunungapi Sinabung bagi pihak terkait. Salah satu pihak yang dapat menggunakan informasi ini adalah Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Melalui penentuan rute evakuasi akan membantu BNPB dalam mencapai upaya kesiapsiagaan bencana di wilayah Gunungapi Sinabung secara optimal.

Maksud dan Tujuan

Analisis rute evakuasi bertujuan menentukan area pemukiman yang terpapar awan panas akibat letusan Gunungapi Sinabung dari tahun 2015-2018 sebagai titik awal evakuasi, dan tujuan lainnya adalah merencanakan jalur evakuasi terdekat akibat paparan awan panas letusan Gunungapi Sinabung.

Gunungapi Sinabung

Gunungapi Sinabung secara administratif terletak pada posisi 3º 10’ LU, 98º 23,5’ BT dengan ketinggian 2.460 meter di atas permukaan laut. Gunungapi ini berbentuk strato dan memiliki 4 kawah yang diberi nama kawah I, II, III dan IV. Pos Pengamatan G. Sinabung PVMBG berada di Jalan Kiras Bangun, Gg Kayu Bakar, Desa Ndokum Siroga, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Karo (Paripurno dkk., 2014).

Awan Panas

Awan panas (termasuk dalam aliran piroklastik), merupakan campuran material letusan antara gas dan bebatuan, terdorong ke bawah akibat densitas yang tinggi awan panas ini mempunyai suhu yang sangat tinggi hingga bisa menghanguskan apapun yang dilewatinya (Utomo, 2012). Aliran piroklastik ini dapat menuruni lereng dengan kecepatan melebih 100 km/jam dan suhu yang bisa mencapai 200°C s/d 700°C (Meyers, 2015).

Awan panas sangat berbahaya dibandingkan dengan aliran piroklastik lainnya, serta memiliki kekuatan yang sangat besar dan merusak (Mei dkk., 2013). Awan sangat berbahaya, karena dapat membakar semua yang ada di sekitarnya. Temperatur awan panas sangat tinggi yang dapat melebihi 200º C. Baxter dkk. (1998) dalam Pandia (2016) membuktikan bahwa sangat sedikit orang yang bisa bertahan. Menurut studi tersebut, terdapat dua solusi yang dapat dilakukan bagi wilayah dengan resiko bencana aliran piroklastik, yaitu mengungsikan penduduk di saat krisis dan merelokasi permukiman penduduk sebagai salah satu bentuk perencanaan keruangan.

Data dan Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah peta sebaran awan panas didapatkan dari PVMBG (2018). Data tersebut merupakan histori sebaran guguran awan panas sejak tahun 2015 hingga 2018. Data jaringan jalan, data batas administrasi, dan pemukiman didapatkan melalui situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG, 2017). Lokasi titik evakuasi merujuk kepada Peraturan Menteri PU no. 05/PRT/ M/2008 (Ditjen PRPU, 2008), dimana memilih area terbuka (tanah lapang) sebagai area evakuasi. Sedangkan, data statistik kepadatan penduduk tahun 2010 didapatkan dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS, 2010).

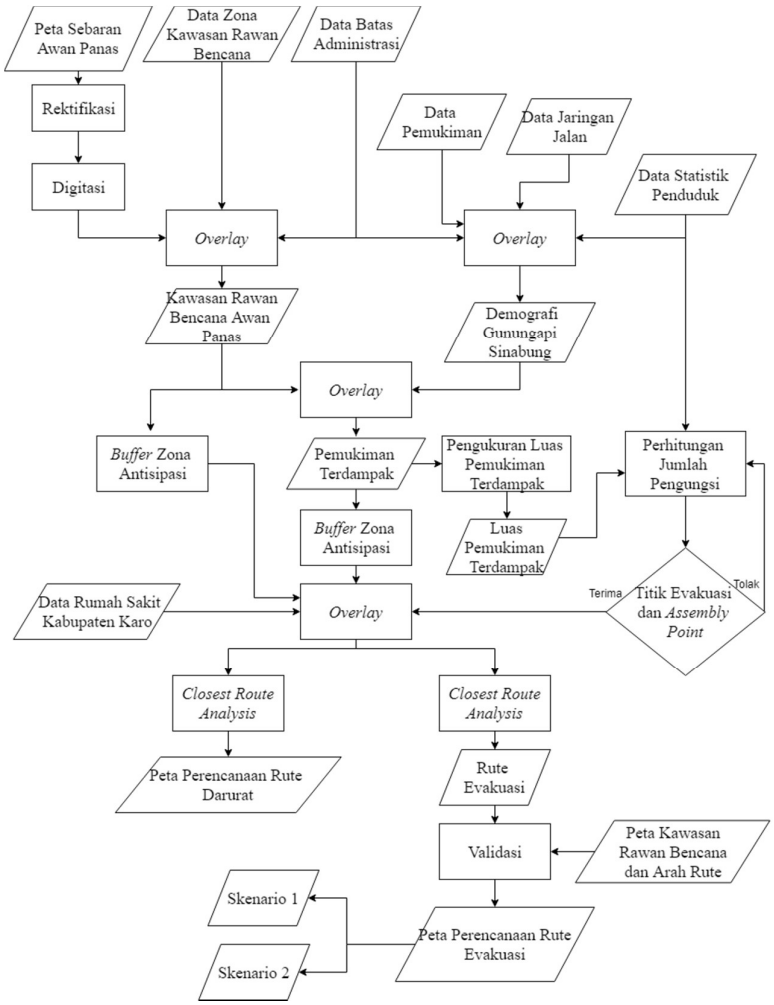
Pendefinisian rute terpendek dari lokasi awal untuk mencapai ke tempat tujuan menggunakan algoritma Dijkstra (Nicoara & Haidu, 2014). Algoritma djikstra tersebut menghitung bobot terkecil yang dilalui oleh setiap rute, dimana rute yang memiliki bobot terkecil digunakan sebagai rute terpendek. Bobot terkecil menghubungkan antar simpul terpilih sebagai jarak terpendek (Kai, dkk., 2014). Bobot yang digunakan berdasarkan nilai jarak dari masing-masing rute dari titik A ke titik B, atau dari titik awal ke titik akhir evakuasi. Perhitungan dan pemilihan rute evakuasi terpendek dibantu modul *Closest Route Analyst* dalam perangkat lunak ArcGIS.

Pelaksanaan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir penelitian (Gambar 1), dan dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data bersumber dari BIG, BPS, dan Badan Geologi. Data tersebut terdapat dalam berbagai jenis data, yaitu vektor, raster, dan tabular.
2. Rektifikasi, adalah kegiatan untuk memasukkan referensi geografi ke dalam peta analog yang telah dilakukan *scanning* menggunakan program pemetaan (Prijono, 2011).
3. Digitasi, secara umum dapat didefinisikan sebagai proses konversi data analog ke dalam format digital yang sebelumnya berformat raster menjadi format vektor dengan proses digitasi (Prijono, 2011).
4. *Overlay,* dilakukan untuk menggabungkan data yang telah didapatkan dan ditampilkan pada satu tampilan. *Overlay* dilakukan dengan menggabungkan data raster dan vektor, serta data vektor dengan vektor.
5. *Buffering*, dalam proses mencari pemukiman terdampak dan zona antisipasi dilakukan proses *buffering.* Pada proses pemukiman terdampak dilakukan *buffer* 1 km dari pusat pemukiman dan pada zona antisipasi dilakukan *buffer* 200 m dari garis terluar zona kawasan rawan bencana aliran piroklastik (PVMBG, 2014).
6. Luas pemukiman terdampak dihitung luasnya dengan menggunakan fitur *measurement* dalam ArcGIS.
7. Pehitungan jumlah pengungsi digunakan menentukan luas minimum lokasi evakuasi yang mengacu Permen PU no. 05/PRT/M/ 2008 (Ditjen PRPU, 2008).
8. Titik evakuasi dan *assembly point,* harus memenuhi luas minimum, jika tidak lolos, maka harus dilakukan pencarian kembali.
9. *Closest route analysis*, adalah *tools* pada ArcGIS dan berfungsi untuk

memilih/menentukan rute terdekat dari titik awal ke titik tujuan berdasarkan metode algoritma Djikstra.

10. Validasi, proses ini dilakukan dengan membandingkan arah evakuasi dari hasil penelitian ini dengan arah rute evakuasi dari peta KRB dari PVBMG (2014).
11. Hasil, penelitian adalah peta rute evakuasi dan peta rute darurat. Perbedaaan keduanya ada pada titik tujuan. Titik tujuan rute evakuasi ialah lapangan dan rute darurat ialah rumah sakit.



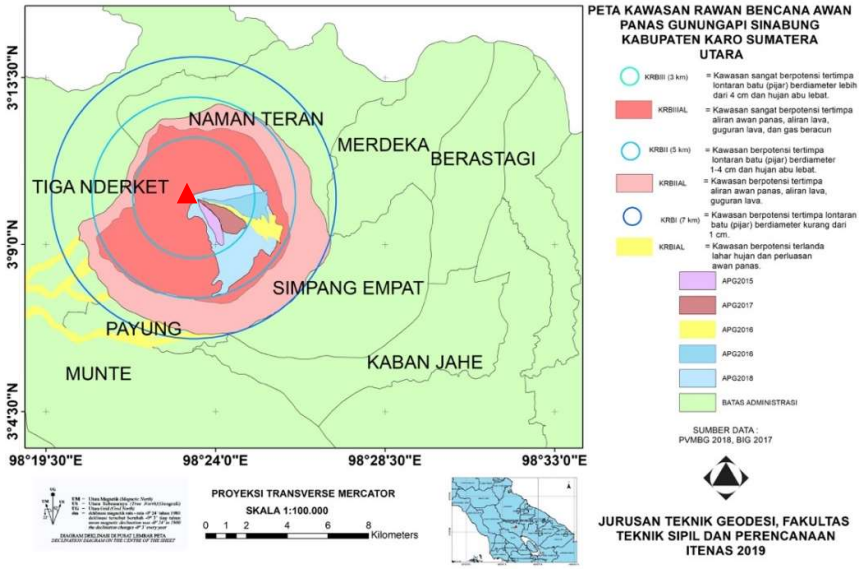
Gambar 1. Diagram Alir Tahapan-Tahapan Penelitian

Hasil dan Pembahasan

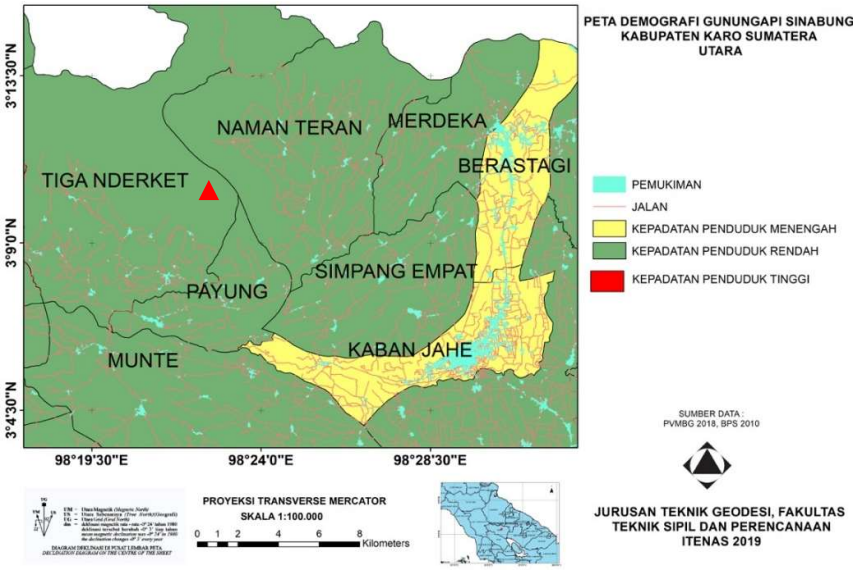
Kawasan rawan bencana (KRB) sebaran awan panas (Gambar 2) dipetakan berdasarkan gabungan data histori sebaran awan panas dari tahun 2015 dan 2018, peta KRB Gunungapi Sinabung (PVMBG, 2014), dan peta administrasi. Penelitian ini menggunakan klasifikasi KRB, yaitu radius area dari pusat erupsi Gunungapi Sinabung dan potensi paparan aliran piroklastik, yaitu aliran awan panas dan lava, guguran lava, lahar hujan, dan gas beracun (KRB aliran). Klasifikasi tersebut adalah:

- KRB I, memiliki tingkat rawan bencana terendah dengan radius tujuh km dari pusat letusan, yaitu Kec. Merdeka, Naman Teran, Payung, Simpang Empat, Merdeka dan Tiganderket. Sedangkan potensi terpapar hujan lahar dan sebaran awan panas (KRB aliran I), yaitu Kec. Payung dan Tiganderket.
- KRB II, memiliki tingkat rawan bencana menengah dengan radius lima km dari pusat letusan, yaitu Kec. Naman Teran, Payung, dan Tiganderket. Sedangkan, potensi terpapar awan dan aliran panas, serta guguran lava (KRB aliran II), yaitu Kec. Naman Teran, Payung, Simpang Empat, dan Tiganderket.
- KRB III, memiliki tingkat rawan bencana tinggi dengan radius tiga km dari pusat letusan, yaitu Kec. Naman Teran, Payung, dan Tiganderket. Sedangkan potensi terpapar aliran awan panas dan lava (KRB aliran III), guguran lava dan gas beracun, yaitu Kec. Naman Teran, Payung, Simpang Empat, dan Tiganderket.

Wilayah demografi Gunungapi Sinabung dipetakan dengan menggabungkan data kependudukan Kabupaten Karo dan batas administrasi, serta pengklasifikasian berdasarkan jumlah penduduk di setiap kecamatan dan mengacu penelitian Syiko (2012). Hasil klasifikasi dibagi dalam tiga kelas, yaitu rendah, menengah, dan tinggi (Gambar 3). Hasilnya kecamatan Berastagi dan Kaban Jahe termasuk klasifikasi menengah, sementara 15 kecamatan lainnya termasuk klasifikasi rendah.



Gambar 2. Kawasan Rawan Bencana Awan Panas di Gunungapi Sinabung

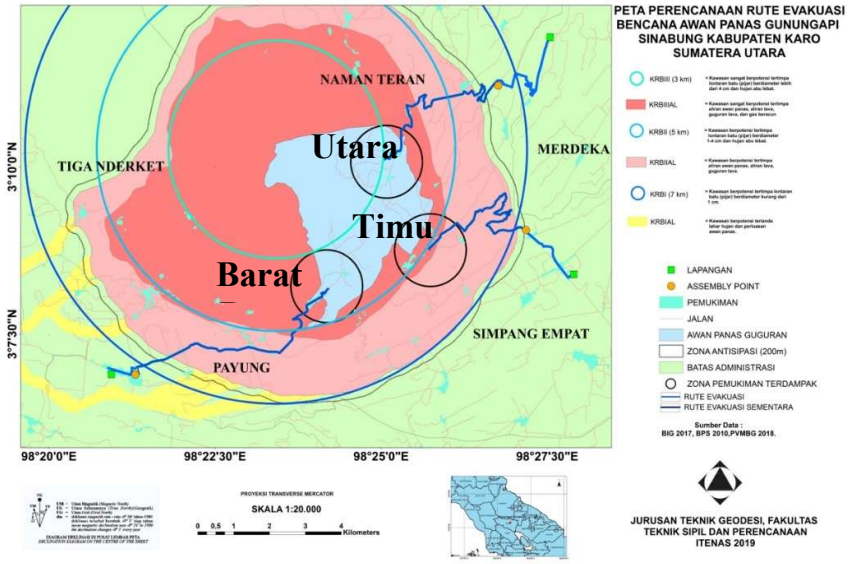


Gambar 3. Klasifikasi Demografi Kabupaten Karo (panel kanan)

Kecamatan Payung dan Naman Teran yang merupakan wilayah terdampak awan panas dalam tingkat rendah dan kepadatan penduduk termasuk rendah juga. Akan tetapi, daerah tersebut memiliki jarak paling dekat dengan Gununngapi Sinabung. Sehingga wilayah tersebut memiliki tingkat resiko tertinggi terkena dampak letusan awan panas Gunungapi Sinabung. Daerah Kaban Jahe dan Berastagi diklasifikasikan tingkat menengah dan memiliki jarak > 7 km dari pusat Gunungapi Sinabung. Wilayah ini berada di luar KRB dan fasilitas umum seperti rumah sakit, kantor pemerintahan, serta fasilitas umum lainnya berada cukup banyak.

➢ **Rute Evakuasi Gunungapi Sinabung**

Pemukiman terdampak terbagi ke dalam tiga bagian wilayah yaitu bagian barat daya, utara, dan timur (Gambar 4). Pemukiman terdampak pada bagian barat daya terletak pada KRB II, bagian utara terletak pada KRB III dan II, sedangkan pada bagian timur terletak pada KRB I dan II. Berdasarkan potensi paparan aliran piroklastik ketiga KRB berpotensi terpapar awan panas akibat letusan gunungapi. Tiga bagian wilayah tersebut menjadi titik awal evakuasi. Sedangkan, titik akhir evakuasi berada di luar zona antisipasi dengan radius 200 m dari zona terluar KRB aliran piroklastik dan titik tujuan terbagi menjadi 2 yaitu lapangan (skenario 1) dan *assembly point* (skenario 2). Selanjutnya, rute evakuasi terbagi ke dalam tiga rute sesuai dengan pemukiman terdampak bencana awan panas tersebut. Rute evakuasi bagian barat daya berada di Kecamatan Payung, sedangkan rute evakuasi bagian utara dan timur berada di Kecamatan Naman Teran.



Gambar 4. Rute Evakuasi di Titik Awal dan Akhir dalam Tiga Area (Barat Daya, Utara, dan Timur)

➢ **Rute Evakuasi Skenario 1**

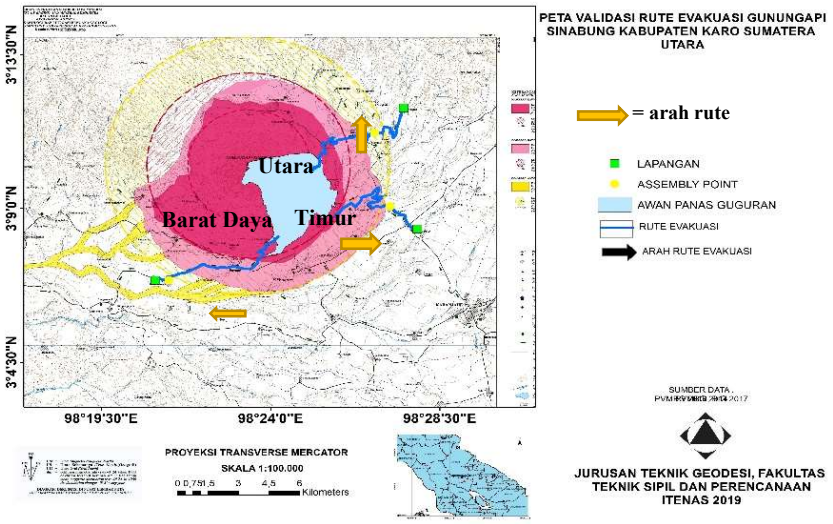
Evakuasi skenario 1 menuju titik akhir lapangan. Kondisi ini bertujuan mencari tempat aman yang berada di luar zona antisipasi. Estimasi waktu tempuh rute evakuasi diketahui dengan asumsi kondisi jalan beraspal dan lebar rata-rata 4m. Dengan kondisi tersebut diperkirakan kecepatan kendaraan roda empat sekitar 30km/jam. Jumlah penduduk yang dievakuasi di setiap area diestimasi berdasarkan luas pemukiman terdampak dan data kepadatan penduduk. Rute evakuasi skenario 1 memiliki waktu tempuh yang lama dan jarak tempuh yang panjang (Tabel 1).

Pada bagian barat daya memiliki jumlah pengungsi terbesar dibandingkan dengan ketiga bagian jalur evakuasi lainnya. Bagian barat daya terletak pada Kecamatan Payung yang terletak pada zona KRB II. Rute evakuasi bagian barat daya menempuh jarak 8,2 km dengan estimasi waktu tempuh 16,4 menit. Di bagian utara memiliki jumlah pengungsi paling sedikit. Secara geografi bagian utara memiliki jarak terdekat dengan pusat letusan dan terletak pada zona KRB II dan III. Rute bagian utara menempuh jarak 11 km dengan estimasi waktu tempuh 22 menit. Rute bagian timur menempuh 8,9 km dimana jarak tersebut merupakan jarak terdekat dibandingkan dengan bagian barat daya dan bagian utara. Jarak tersebut dapat dicapai dengan estimasi waktu tempuh 17,8 menit.

Rute evakusi selanjutnya dibandingkan dengan rute evakuasi yang ada di peta KRB (PVMBG, 2014). Perbandingan dilakukan dengan membandingkan arah rute evakuasi di masing-masing peta. Hasilnya menunjukkan arah rute di penelitian terkini dengan arah peta KRB (2014) berkesesuian, ditunjukan dengan simbol tanda panah (berwarna kuning) pada Gambar 5.

Tabel 1. Rencana Evakuasi Rute Terdekat Skenario 1

Rencana Evakuasi		Area Terdampak (Titik Awal Evakuasi)		
		Barat daya	**Utara**	**Timur**
Luas Pemukiman Terdampak (m^2)		91.069,83	129.922,95	39.542,92
Kepadatan Penduduk (jiwa/m^2)		$239{,}39X10^{-6}$	$144{,}07X10^{-6}$	$144{,}07X10^{-6}$
Kecamatan		Payung	Naman Teran	Naman Teran
Jumlah Pengungsi		218,01	187,18	56,97
Panjang Rute Evakuasi (km)		8,2	11	8,9
Waktu (Menit)		16,4	22	17,8
Lokasi Evakuasi	**Tempat**	Lapangan	Lapangan	Lapangan
	Luas (m^2)	5.259	551	3.144



Gambar 5. Rute Evakuasi dan Validasi Arah Rute Evakuasi

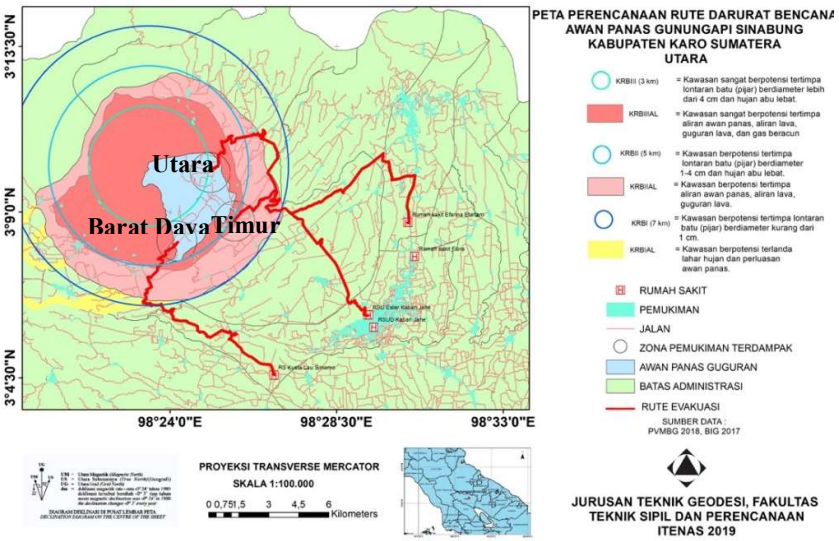
➢ **Rute Evakuasi Skenario 2**

Skenario 2 dibuat dengan mempertimbangkan bahwa pada skenario 1 terjadi kemacetan dan keramaian sehingga harus dicarikan alternatif tempat pengungsian sementara yang aman dan terletak diluar zona antisipasi. Titik tujuan evakuasi pada skenario 2 ialah *assembly point* (titik berwarna kuning Gambar 4). Titik *assembly point* ini diharapkan menjadi alternatif agar waktu tempuh evakuasi menjadi lebih cepat. Pada skenario 2 diasumsikan kecepatan kendaraan roda empat sebesar 30 km/jam sama seperti pada skenario 1. Rute di bagian barat daya menempuh jarak 7,4 km dengan estimasi waktu tempuh 14,8 menit. Di bagian utara menempuh jarak 7,1 km dengan estimasi waktu tempuh 14,2 menit. Sedangkan, rute bagian timur menempuh 6,8 km dan dicapai dengan estimasi waktu tempuh 13,6 menit. Masing-masing selisih waktu di setiap rutenya adalah bagian barat daya memiliki selisih 1,6 menit, utara selisih 7,8 menit, dan timur memiliki selisih 4,2 menit. Pada skenario 2 ini selisih waktu yang terjadi dengan skenario 1 tidak terlalu signifikan dikarenakan jarak antara pemukiman terdampak awan panas dengan lokasi yang aman memiliki jarak yang cukup jauh, sehingga menyebabkan lamanya waktu tempuh (Gambar 5 dan Tabel 2).

Tabel 2. Rencana Rute Evakuasi Terdekat Skenario 2

Rencana Evakuasi		Area Terdampak (Titik Awal Evakuasi)		
		Barat daya	**Utara**	**Timur**
Panjang Rute Evakuasi (km)		7,4	7,1	6,8
Waktu (Menit)		14,8	14,2	13,6
Lokasi Evakuasi	**Tempat**	*assembly point 1*	*assembly point 2*	*assembly point 3*
	Luas (m^2)	1.149	537	1.122

Kabupaten Karo memiliki lima rumah sakit, yaitu: Rumah Sakit Flora, RS. Efarina Etaham, RSUD Kaban Jahe, RSU Ester Kaban Jahe, Rs Kusta Lao Simono. Kelima rumah sakit tersebut terletak di Kecamatan Berastagi dan Kaban Jahe. Estimasi yang sama dengan penentuan rute evakuasi terdekat digunakan dalam menghitung estimasi waktu untuk mencapai rumah sakit. Asumsi tersebut adalah kecepatan mobilisasi roda empat sebesar 30 km/jam sesuai kondisi jalan aspal dan lebar rata-rata 4 m. Hasil estimasi ditunjukkan di Tabel 3. Bagian barat daya, rute darurat menuju RS. Lao Simono berjarak 15,2 km dan estimasi waktu 30,4 menit. Rumah Sakit Lao Simono terletak di Kec. Kaban Jahe. Bagian utara, jalur darurat menuju RS. Efarina Etaham dengan jarak tempuh 24,8 km dan waktu tempuh 49,6 menit. Rumah Sakit Efarina Etaham terletak di Kec. Kaban Jahe. Bagian timur memiliki jarak terjauh menuju rumah sakit, dibandingkan bagian barat daya dan timur. Bagian timur, rute darurat menuju RS. Kaban Jahe berjarak 14,6 km dengan waktu tempuh 29,8 menit. Rumah Sakit Kaban Jahe terletak pada Kec. Kaban Jahe.



Gambar 6. Rute Evakuasi ke Rumah Sakit Terdekat

Tabel 3. Rencana Rute Ke Rumah Sakit Terdekat

Rencana Evakuasi	Area Terdampak (Titik Awal Evakuasi)		
	Barat daya	Utara	Timur
Jalur Darurat (km)	15,2	24,8	14,9
Waktu (Menit)	30,4	49,6	29,8
Rumah Sakit	Lao Simono	Efarina Etaham	Kaban Jahe

Diskusi

Skenario 1 dan 2 dibuat dengan mempertimbangkan tujuan evakuasi yang berbeda. Pada skenario 1 dibuat berdasarkan tempat teraman di luar zona antisipasi dan pada skenario 2 dimaksudkan sebagai alternatif untuk pengungsian apabila terjadi kepadatan rute utama evakuasi sehingga dibutuhkan tempat lain untuk dijadikan tempat evakuasi yang lebih cepat jangkauannya. Tujuan evakuasi dipilih berdasarkan area terdampak, jaringan jalan yang tersedia, dan akses yang dapat dilalui oleh kendaraan roda empat. Kendaraan roda empat diasumsikan berkecepatan 30 km/jam dan penggunaan kendaraan tipe ini memungkinkan mobilisasi pengungsi secara masal serta lebih cepat.

Masing-masing skenario memiliki tiga rute evakuasi dan bermula di area terdampak. Rute evakuasi tersebut berada di bagian barat daya, utara, dan timur. Di masing-masing bagian rute dihitungkan rute terpilih berdasarkan jarak terdekat dari lokasi awal terdampak dan lokasi akhir di area evakuasi. Perhitungan jarak berdasarkan jaringan jalan yang tersedia di wilayah tersebut, dan beberapa asumsi (kecepatan kendaraan dan ukuran lebar jalan) digunakan sebagai bantuan dalam perhitungan waktu tempuh di masing-masing jarak rute yang telah ditentukan. Hasil rute evakuasi dan evakuasi darurat di masing-masing bagian area adalah hasil pilihan jarak terpendek dari banyak pilihan yang telah dihitung menggunakan modul *Closest Route Analyst*. Dari jarak yang telah dihitung kemudian ditentukan estimasi waktu tempuhnya berdasarkan asumsi yang telah ditentukan (Tabel 1, 2, dan 3).

Arah rute evakuasi di berbagai bagian evakuasi (barat daya, utara, dan timur) menunjukkan kesesuaian antara rute rencana hasil penelitian ini dengan arah rute evakuasi peta KRB (PVMGV, 2014). Kondisi ini menunjukkan jaringan jalan yang dilalui untuk perencanaan rute evakuasi layak digunakan, serta memastikan jaringan jalan tersebut tersedia dan dapat dilalui oleh kendaraan roda empat (Gambar 5). Akan tetapi yang perlu diperhatikan lebih lanjut terkait kelayakan rute, adalah kejelasan rambu bahaya (ukuran dan warna) serta tingkat kemacetan saat terjadinya proses evakuasi menjadi faktor yang mempengaruhi efektifitas rute evakuasi (Silalahi, 2015).

Kesimpulan

- Pemukiman terdampak akibat bencana awan panas pada tahun 2015-2018 dibagi ke dalam 3 bagian, yaitu: barat daya, timur, dan utara. Bagian barat daya terletak pada Kecamatan Payung. Pada bagian utara, dan timur terletak pada Kecamatan Naman Teran.
- Rute evakuasi dibagi menjadi tiga bagian sesuai dengan pemukiman terdampak. Rute evakuasi bagian barat daya menempuh jarak 8,2 km, rute evakuasi bagian utara menempuh jarak 11 km, dan bagian timur menempuh jarak sebesar 8,9 km.
- Rute evakuasi dengan tujuan titik *assembly point* terbagi ke dalam tiga bagian sesuai dengan pemukiman terdampak. Rute evakuasi bagian barat daya menempuh

jarak 7,4 km, rute evakuasi bagian utara menempuh jarak 7,1 km, dan bagian timur menempuh jarak sebesar 6,8 km.

- Rute evakuasi pada skenario 1 tetap menjadi pilihan utama dibandingkan dengan skenario 2, jika ditinjau dari segi keamanan yang memiliki jarak lebih jauh dari zona antisipasi dan luas titik evakuasi yang lebih luas dibandingkan dengan skenario 2.
- Rute darurat dikhususkan untuk mobilisasi korban bencana awan panas yang membutuhkan rumah sakit terdekat. Dalam hal ini rumah sakit terdekat dari ketiga bagian pemukiman terdampak berada pada Kecamatan Berastagi dan Kaban Jahe.Rumah sakit yang dimaksud yaitu: Rumah Sakit Lao Simono, Rumah Sakit Kaban jahe, dan Rumah sakit Efarina Etaham.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi atas ijin penggunaan data Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunungapi Sinabung dan peta sebaran awan.

Daftar Pustaka

Badan Geologi, 2013. *Gunungapi Sinabung*. Diakses pada 17 Mei, 2019.(http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar gunungapi /231-g-sinabung).

Badan Geologi, 2014. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Sinabung*. Bandung.

BIG (Badan Informasi Geospasial). 2017. *Ina-Geoportal*. Diakses pada 17 Mei, 2019. (http://tanahair.indone sia.go.id).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2014, *Rencana Nasional Penanggulangan Bencana*, Indonesia.

BPS (Badan Pusat Statistik).2010.*Kab. Karo dalam angka*. Diakses pada 17 Mei, 2019. (www.karokab.bps. go.id.com).

Ditjen PRPU (Direktorat Jendral Penataan Ruang Pekerjaan Umum), 2008, *Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Dikawasan Perkotaan*, Peraturan Mentri Pekerjaan Umum Nomor : 05/PRT/M/2008.

Kai N., Ting Z.Y., Peng M. Y., *Shortest Path Analysis Based on Djikstra's Algorithm in Emergency Response System*, Shanghai Institute of Work Safety Science, Shanghai, China.

Meyers B., 2015, Ash-Cloud Surge, United Nation Geological Surveys (USGS), United States.

Mei, E.T.W., Brunstein, D., Lavigne, Cholik, N., de Belizal, E., F., Picquot, A., Grancher, D., Sartohadi, J., and Vidal, C. 2013. *Lesson Learned From 2010. Evacuations at Merapi Volcano* 216, 348-365.

Nicoara P.S. & Haidu, I.. 2014, *A Gis Based Network Analysis For The Identification Of Shortest Route Access To Emergency Medical Facilities*, Geographia technical.

Paripurno E. T., Ginting P. J., 2014, *Prosedur Operasi Standar Komunkasi untuk Sistem Peringatan Dini Gunungapi Sinabung*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG). Bandung.

Pandia S.L., Rachmawati R., Mei E.T.W., 2016, *Relokasi Pemukiman Desa Suka Meriah Akibat Kejadian Erupsi Gunungapi Sinabung, Kabupaten Karo.* Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Vol. 27, No.2

Prijono S., 2011, *Instruksi Kerja Arcgis 9.3*, Instruksi Kerja Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan, Universitas Brawijaya Malang.

Suryani A.S., 2014, *Dampak Negatif Abu Vulkanik Bagi Lingkungan dan Kesehatan*, Pusat Pengkajian, Pengolahan Data dan Informasi (P3DI). Vol. VI No. 4.

Silalahi H.J.M., 2015, *Respon Masyarakat dan Evektivitas Jalur Evakuasi Kendaraan di Kawasan Rawan Bencana II Gunung Sinabung Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara*. Universitas Gajah Mada.

Syiko S. F., Ayu T., Yudono Ad., 2012, *Evacuation Route Planning In Mount Gamalama, Ternate Island-Indonesia*, Elsevier. Brawijaya University

Utomo, 2012, *Rusun Diklaten Sebagai Tempat Relokasi Warga dari Kawasan Rawan Bencana Merapi*, Universitas Muhamadiyah Solo.

ISSN 1907-3844

Alamat redaksi:

PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI
Jl. Diponegoro No.57 Bandung 40122
Tlp.7271402,7272606 Fax. 7202761
e-mail : bulletinpvmbg@vsi.esdm.go.id
http://www.vsi.esdm.go.id