

ANALISIS TINGKAT RESIKO BENCANA GUNUNG API LOKON DI KOTA TOMOHON

Aldrin Rivaldo Kading¹, Aristotulus Tungka², Amanda Sembel³

¹ Mahasiswa S1 Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi

^{2 & 3} Staf Pengajar Prodi S1 Perencanaan Wilayah & Kota, Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi

Email : aldrinrivaldo7@gmail.com

Abstrak

Resiko bencana merupakan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu kawasan dalam kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan, atau kehilangan harta benda, dan gangguan kegiatan masyarakat. Berdasarkan penelitian di belahan dunia terdapat 1500 gunung Merapi aktif, 127 diantaranya berada di Indonesia, hal ini karena Indonesia berada pada zona ring of fire, yaitu zona yang paling sering mengalami gempa bumi dan erupsi gunung api. gunung lokon merupakan salah satu gunung api tipe A berjenis Stratovulcano yang berada di antara kota tomohon dan minahasa selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat resiko bencana erupsi gunung api lokon dikota tomohon serta menentukan jalur evakuasi, titik kumpul, dan titik pengungsian berdasarkan hasil analisis tingkat resiko sebagai upaya dalam mengurangi resiko erupsi gunung api lokon di kota tomohon. Metode yang digunakan untuk analisis resiko adalah analisis spasial (overlay), pembobotan dan skoring dengan indikator ancaman, kerentanan, kapasitas dan resiko, sedangkan untuk penentuan jalur evakuasi, titik kumpul, dan titik pengungsian adalah dengan menggunakan metode network analysis. Berdasarkan hasil analisis terdapat 7 kelurahan dengan tingkat resiko tinggi yang dipengaruhi oleh tingkat ancaman, indeks kerentanan, tingkat kerugian dan tingkat kapasitas, sedangkan untuk jalur evakuasi direncanakan sebanyak 22 titik kumpul, 32 titik pengungsian, dan 21 rute terpendek menuju pengungsian.

Kata Kunci : Gunung Lokon, Resiko Bencana, Bencana Alam, Ancaman, Kerentanan, Kerugian, Kapasitas, Jalur Evakuasi, Kota Tomohon

Abstract

Disaster risk is the potential loss caused by a disaster in an area within a certain period of time which can be in the form of death, injury, illness, threatened life, loss of sense of security, evacuation, damage, or loss of property, and disruption of community activities. Based on research around the world, there are 1500 active Merapi volcanoes, 127 of which are in Indonesia, this is because Indonesia is in the ring of fire zone, which is the zone that most frequently experiences earthquakes and volcanic eruptions. Mount Lokon is a type A volcano of Stratovulcano type located between the cities of Tomohon and South Minahasa. The purpose of this study was to determine the level of disaster risk of the eruption of the Lokon volcano in the city of Tomohon and determine evacuation routes, gathering points, and evacuation points based on the results of the risk level analysis as an effort to reduce the risk of the Lokon volcanic eruption in the city of Tomohon. The method used for risk analysis is spatial analysis (overlay), weighting and scoring with indicators of threat, vulnerability, capacity and risk, while for determining evacuation routes, gathering points, and evacuation points is using network analysis method. Based on the results of the analysis, there are 7 villages with a high level of risk that is influenced by the level of threat, vulnerability index, level of loss and the level of capacity, while for the planned evacuation routes as many as 22 gathering points, 32 evacuation points, and 21 shortest routes to evacuation.

Keywords: Mount Lokon, Disaster Risk, Natural Disaster, Threat, Vulnerability, Loss, Capacity, Evacuation Route, Tomohon City

PENDAHULUAN

Berdasarkan penelitian di belahan dunia terdapat 1500 gunung berapi aktif, dari semua gunung yang terbentuk terdapat satu zona yang dinamakan ring of fire, ring of fire adalah zona barisan yang paling sering mengalami gempa bumi dan erupsi gunung merapi, Indonesia masuk dalam zona ring of fire karena terletak pada tumbukan tiga lempeng aktif dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Tumbukan lempeng tersebut membuat Indonesia memiliki 127 gunung Merapi aktif (77 tipe A, 29 tipe B, 23 tipe C). Jalur ring of fire di Indonesia memanjang sejauh 7000 km dari Sumatera – Jawa – NT – Banda – Halmahera – Sulut, diperkirakan sekitar 4.5 juta masyarakat Indonesia tinggal pada kawasan rawan bencana. Kota Tomohon merupakan salah satu kota yang di kelilingi oleh 4 gunung merapi, yaitu gunung Lokon, Mahawu, Tampusu dan perbukitan Lahendong. Gunung Tampusu dan perbukitan Lahendong merupakan gunung tipe C (gunung yang tidak memiliki catatan sejarah letusan namun masih meninggalkan jejak aktivitas vulkanik), sedangkan gunung Lokon dan Mahawu merupakan gunung tipe A (memiliki catatan sejarah letusan sejak tahun 1600). Dari keempat gunung tersebut hanya Lokon yang masih aktif. Dengan jarak permukiman ke gunung Lokon yang hanya berjarak 3- 5 km dan status Tomohon sebagai sebuah kota membuat aktifitas di daerah ini sangat pesat, sehingga membuat peneliti tertarik untuk menganalisis tingkat resiko bencana gunung api Lokon di Kota Tomohon.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Bencana

Menurut United National Development Program (UNDP), bencana adalah suatu kejadian yang ekstrim dalam lingkungan alam atau manusia yang merugikan/mempengaruhi kehidupan manusia, harta benda atau aktivitas sampai pada tingkat yang menimbulkan bencana.

Teori Resiko Bencana

Menurut BNPB (2015) memberikan penjelasan mengenai risiko sebagai berikut : Risiko adalah prakiraan/probabilitas potensi kerugian yang ditimbulkan oleh bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu seperti kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Secara konvensional risiko dinyatakan dalam persamaan $Risiko = Bahaya \times Kerentanan / Kapasitas$.

Menurut Davidson (1997) hubungan antara faktor risiko, faktor bahaya, faktor kerentanan dan faktor ketahanan tercermin dalam model matematis (model ini telah dimodifikasi dan disesuaikan dengan bahan kajian) sebagai berikut:

$$HDRI = W_H H + W_V V + W_C C$$

Dimana:

HDRI = Nilai risiko bencana (Hazard Disaster Risk Index)

$W_H H$ = Nilai faktor bahaya (Weight Hazard)

$W_V V$ = Nilai faktor kerentanan (Weight Vulnerability)

$W_C C$ = Nilai faktor ketahanan (Weight Capacity)

Teori Gunung Api

Gunung Berapi secara umum didefinisikan sebagai sebuah sistem saluran

fluida yang terdiri atas batuan cair bersuhu tinggi yang memiliki struktur memanjang dari kedalaman lapisan atmosfer kurang lebih 10 km hingga permukaan bumi. Gunung berapi juga memiliki kumpulan endapan material yang keluar saat terjadinya letusan. Material tersebut meliputi abu dan batuan dengan berbagai ukuran (Sari, 2015).

Teori Pembobotan/Skoring

Model (system) Skoring atau *Weighted Linear Combination* (WLC) digunakan untuk mempresentasikan tingkat kedekatan, keterkaitan atau beratnya dampak tertentu pada suatu fenomena secara spasial. Setiap parameter masukan akan diberikan skor dan kemudian akan dijumlahkan untuk memperoleh tingkat keterkaitan. Hasil akhir dari system skoring adalah mengklasifikasikan tingkat keterkaitan parameter keluaran. Klasifikasi didasarkan pada nilai total skor dari setiap parameter masukan. Rentang klasifikasi parameter keluaran ditentukan berdasarkan nilai terendah (x_{min}) hingga tertinggi (x_{max}) dibagi dengan jumlah kelas yang diinginkan.

$$X_{min} = \sum_{i=1}^n X_{i-}$$
$$X_{max} = \sum_{i=1}^n X_{i+}$$

Dengan X_{min} = skor terendah, X_{max} = skor tertinggi, X_{min_i} = skor terendah parameter masukan ke-i, X_{max_i} = skor tertinggi parameter masukan ke-i, dan n = jumlah parameter masukan. Jika jumlah kelas parameter keluaran yang diinginkan adalah n maka rentan skor antar kelasnya adalah:

$$\text{Rentan skor} = (X_{max} - X_{min})/n$$

Teori Jalur Evakuasi

a) Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi adalah lintasan yang

digunakan sebagai pemindahan langsung dan cepat dari orang-orang yang akan menjauh dari ancaman atau kejadian yang dapat membahayakan bahaya (Abrahams, 1994).

Berdasarkan pedoman *Sea Defence Consultant* Perencanaan jalur evakuasi harus dilakukan berdasarkan:

1. Pembuatan jalur evakuasi terpendek atau terdekat menuju tempat pengungsian. jalur dipilih sependek mungkin menuju daerah aman melalui jaringan jalan yang diidentifikasi sebelumnya.

Titik A ke titik B = jalur terpendek

2. Jalur evakuasi erat kaitannya dengan estimasi waktu tempuh yang dibutuhkan penduduk untuk menyelamatkan diri menuju titik evakuasi. Kecepatan pergerakan pengungsi dan jarak menuju titik kumpul merupakan faktor kunci dalam menentukan area layanan titik kumpul (service area), sehingga bisa ditentukan berapa titik kumpul yang harus dibuat agar masyarakat bisa menjangkau titik kumpul tersebut maksimal 15 menit dengan berjalan kaki. Waktu tempuh berkaitan dengan kecepatan orang untuk menuju titik kumpul kecepatan orang berlari dalam kondisi bencana diperkirakan 0,75 – 1,07 m/detik, diasumsikan 1 m/detik atau 3,6 km / jam.

Rata rata kecepatan berjalan 1,07 m/s

$$1 \text{ m} = 60 \text{ s}$$

$$m/m = 1,07 \text{ m/s} * 60 \text{ s} = 64 \text{ m/m}$$

Dengan jangkauan area layanan dalam 1 titik kumpul dengan estimasi 15 menit 64

$$m/m * 15 \text{ m} = 960 \text{ m}$$

Jarak tempuh berjalan kaki maksimal dibulatkan menjadi 1 km.

3. Titik pengungsian yang dipilih harus dapat melayani dan menampung sesuai dengan

4. kebutuhan ruang terhadap pengungsi yang akan di tampung. Standar luasan untuk setiap orang dalam ruang pengungsian adalah 1,64 m² sehingga daya tampung titik pengungsian dapat dihitung berdasarkan kapasitas ruang pengungsian dibagi kebutuhan ruang per orang.
- $$Kapasitas = \frac{\text{luas bangunan total (m}^2\text{)}}{1.64 \text{ m}^2}$$
- $$Kebutuhan \text{ ruang} = 1,65 \text{ m}^2 * \text{jumlah penduduk terpapar}$$

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif deskriptif. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tingkat resiko bencana gunung api lokon serta menentukan jalur evakuasi berdasarkan tingkat resiko. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan analisis berdasarkan metode yang dijelaskan pada Pedoman BNPB No 2 Tahun 2012 tentang analisis tingkat resiko dengan skala kedetailan tingkat resiko berdasarkan kelurahan. Untuk indeks ancaman, kerentanan, dan kapasitas menggunakan metode pembobotan dan matriks untuk menentukan tingkat ancaman, kerugian, kapasitas dan resiko.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Indikator
Tingkat Ancaman	a) Pembobotan Zona Aliran b) Pembobotan Zona Jatuhan
Tingkat Kerentanan	a) Jumlah Penduduk b) Kepadatan Penduduk c) Rasio Kelompok Rentan
A. Kerentanan Sosial	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Rasio Jenis Kelamin ↳ Rasio Kemiskinan ↳ Rasio Orang Cacat ↳ Rasio Kelompok Umur
B. Kerentanan Fisik	a) Jumlah Rumah b) Jumlah Fasilitas Umum c) Jumlah Fasilitas Kritis
C. Kerentanan Ekonomi	a) Kontribusi PDRB Per Sektor b) Luas Lahan Produktif ↳ Pertanian

	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Perkebunan ↳ Pertambangan ↳ sawah
D. Kerentanan Lingkungan	a) Luas tutupan Lahan <ul style="list-style-type: none"> ↳ Hutan Lindung ↳ Hutan Alam ↳ Hutan Bakau/Mangrove ↳ Semak Belukar
Tingkat Kapasitas	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Jenis Organisasi ↳ Keberadaan Arifan Lokal ↳ Jenis Early warning system (Sistem peringatan dini) ↳ Jenis Jalur Evakuasi ↳ Jenis Petunjuk Evakuasi ↳ Jenis Lokasi Evakuasi
Arahan Mitigasi	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Jalur Evakuasi ↳ Zona Layanan Titik Kumpul ↳ Kapasitas/Daya Tampung Shelter

a) Ancaman

Tabel 2. Skoring Indeks Ancaman

Kawasan Rawan Bencana (KRB)	Kelas	Nilai	Bobot	Skor
I	Rendah	1	100 %	0.333333
II	Sedang	2		0.666667
III	Tinggi	3		1.000000

Tabel 3. Indikator dan bobot ancaman

Subelemen Bahaya	Indikator	Bobot Relatif	Indeks
KRB I	Aliran lava, Aliran proklastik, Gas Beracun, Lahar erupsi, Surge	60	Bobot Relatif/ Bobot relative Maksimum
	Jatuhan Piroklastik	40	
KRB II	Aliran lava, Aliran proklastik, Gas Beracun, Lahar erupsi, Surge	35	
	Jatuhan Piroklastik	25	
KRB III	Aliran Lahar	20	
	Jatuhan Piroklastik	10	

$$\text{Zona Aliran} + \text{Zona Jatuhan} = \text{Overlay}$$

$$\text{Overlay} / 100 = \text{Indeks Ancaman}$$

b) Kerentanan

- ↳ Kerentanan Sosial

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kepapatan Penduduk	60	<5 jiwa/ha	5-10 jiwa/ha	>10 jiwa/ha
Kelompok Kerentan				
Rasio Jenis Kelamin (10%)	40	>40%	20-40%	<20%
Rasio Kelangkaan Umat Kemari (10%)		<20%	20-40%	>40%
Rasio Penduduk Miskin (10%)			20-40%	>40%
Rasio Penduduk Cacat (10%)				>40%
$Kerentanan\ Sosial = (0,6 \times skor\ kepadatan\ penduduk) + (0,2 \times rasio\ jenis\ kelamin) + (0,1 \times rasio\ kelompok\ umur\ rentan) + (0,1 \times rasio\ penduduk\ miskin) + (0,1 \times rasio\ penduduk\ cacat)$				

Tabel 4 Skoring Indeks Kerentanan Sosial

) Kerentanan Fisik

Tabel 5 Skoring Indeks Kerentanan Fisik

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Rumah	40	<400 juta	400 – 800 juta	>800 juta
Fasilitas Umum	30	<500 juta	500 – 1 M	> 1 M
Fasilitas Kritis	30	<500 juta	500 – 1 M	> 1 M
$Kerentanan\ Fisik = (0,4 \times Skor\ Rumah) + (0,3 \times Skor\ Fasilitas) + (0,3 \times Fasilitas)$				
Perhitungan nilai setiap parameter (kecuali rumah) dilakukan berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> Pada kelas bahaya RENDAH memiliki pengaruh 0% Pada kelas bahaya SEDANG memiliki pengaruh 50% Pada kelas bahaya TINGGI memiliki pengaruh 100% Perhitungan nilai parameter Rumah berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> Pada kelas bahaya RENDAH, jumlah rumah yang terdampak dikalikan 5 juta Pada kelas bahaya SEDANG, jumlah rumah yang terdampak dikalikan 10 juta Pada kelas bahaya TINGGI, jumlah rumah yang terdampak dikalikan 15 juta 				

) Ekonomi

Tabel 6 Skoring Indeks Kerentanan Ekonomi

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Lahan Produktif	60	<50 juta	50 – 200 juta	>200 juta
PDRB	40	<100 juta	<100 – 300 juta	>300 juta
$Kerentanan\ ekonomi = (0,6 \times Skor\ Lahan\ Produktif) + (0,4 \times PDRB)$				
Perhitungan nilai setiap parameter dilakukan berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> Pada kelas RENDAH memiliki pengaruh 0% Pada kelas SEDANG memiliki pengaruh 50% Pada kelas TINGGI memiliki pengaruh 100% 				

) Lingkungan

Tabel 7 Skoring Indeks Kerentanan Lingkungan

Parameter	Kelas			Skor	Bobot
	Rendah	Sedang	Tinggi		
Hutan Lindung	<20Ha	20 – 50 Ha	>50 Ha	Kelas/Nilai Maks Kelas	40
Hutan Alam	<25Ha	25 – 75 Ha	>75 Ha		40
Semak Belukar	<10Ha	10 – 30 Ha	>30 Ha	Kelas/Nilai Maks Kelas	20
Hutan Bakau/mangrove	<10Ha	10 – 30 Ha	>30 Ha		20
$Kerentanan\ Lingkungan = (0,3 \times Hutan\ Lindung) + (0,4 \times Hutan\ Alam) + (0,1 \times Hutan\ Bakau) + (0,1 \times Semak\ Belukar)$					
Perhitungan nilai setiap parameter dilakukan berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> Pada kelas RENDAH memiliki pengaruh 0% Pada kelas SEDANG memiliki pengaruh 50% Pada kelas TINGGI memiliki pengaruh 100% 					

) Indeks Kerentanan Total

Indeks kerentanan merupakan penjumlahan dari indeks kerentanan sosial, indeks kerentanan fisik, indeks kerentanan ekonomi, dan indeks kerentanan sosial. Penggabungan indeks kerentanan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IKLGA = (IKS*40\%) + (IKF*25\%) + (IKE*25\%) + (IKL*10\%)$$

) Indeks Kerugian

Indeks Kerugian didapat dengan menjumlahkan indeks fisik, ekonomi dan lingkungan, kecuali kerentanan sosial, karena sosial berhubungan dengan manusia itu sendiri sehingga tidak bisa dirupiahkan.

$$IKLGA = (IKF*25\%) + (IKE*25\%) + (IKL*10\%)$$

c) Indeks Kapasitas

Tabel 8 Skoring Indeks Kerentanan Total

Parameter	Kelas			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Organisasi Bencana	Tidak ada	Organisasi Lokal	Organisasi BNPB & Lokal	Kelas/Nilai Maks Kelas
Kearifan Lokal	Tidak ada	ada	Ada dan dilestarikan	
Peringatan dini	Tidak ada	sederhana	Modern	
Talir evakuasi	Tidak ada	sederhana	Modern	
Petunjuk evakuasi	Tidak ada	sederhana	Modern	Kelas/Nilai Maks Kelas
Lokasi evakuasi	Tidak ada	sederhana	Modern	
$Indeks\ Kapasitas = skor\ organisasi\ bencana + skor\ kearifan\ lokal + skor\ peringatan\ dini + skor\ jalur\ evakuasi + skor\ petunjuk\ evakuasi + skor\ lokasi\ evakuasi$				

d) Tingkat Resiko

Tingkat Ancaman, Kerugian, kapasitas dan Resiko ditentukan dengan menggunakan matriks.

1. Indeks Ancaman + Indeks Sosial = Tingkat Ancaman
2. Tingkat Ancaman + Indeks Kerugian = Tingkat Kerugian
3. Tingkat Ancaman + Indeks Kapasitas = Tingkat Kapasitas

4. Tingkat Kerugian + Tingkat Kapasitas =
Tingkat Resiko

Tabel 9 Matriks Tingkat Resiko

TINGKAT RESIKO		INDEKS KAPASITAS		
		TINGGI	SEDANG	RENDAH
TINGKAT KERUGIAN	RENDAH			
	SEDANG			
		TINGGI		
DAERAH TIDAK ADA ANCAMAN BENCANA				

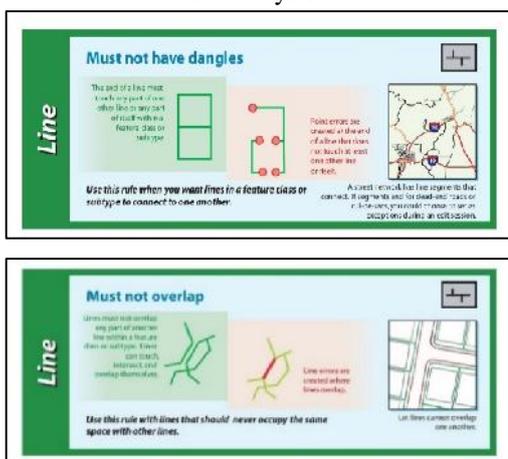
■ Tingkat Resiko Rendah
 ■ Tingkat Resiko Sedang
 ■ Tingkat Resiko Tinggi

e) Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi dibuat dengan menggunakan metode network analyst di software GIS Arcgis 10.3. jalur evakuasi dibuat berdasarkan jalur evakuasi (jalur terpendek), titik kumpul (area layanan), dan titik evakuasi (daya tampung). Dengan tahapan sebagai berikut

) Uji Tipology

Fungsi uji topology dalam perencanaan jalur evakuasi adalah untuk memperbaiki error (seperti jalan yang tidak terhubung atau tidak sesuai) dan memperbaikinya sehingga data jalan yang dianalisis akan sangat akurat karena tidak ada kesalahan (*Error Line*) saat melakukan network analysis.



Gambar 1 Uji Tipology

) Rute Evakuasi

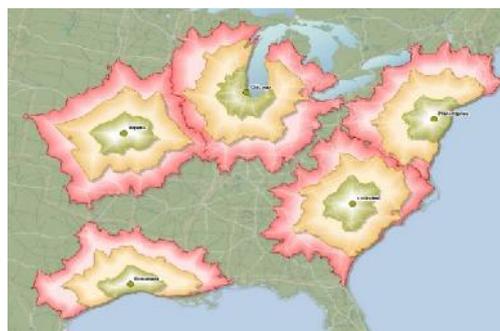
Closest Facility digunakan untuk mencari rute jalur evakuasi terbaik atau rute terpendek dari titik A (titik kumpul) menuju titik B (titik pengungsian). Closest facility mampu menganalisis jalur terpendek dari titik kumpul menuju shelter-shelter yang sudah ditentukan.



Gambar 2 Closest Facility Untuk Rute Evakuasi

) Titik Kumpul

Tools ini akan membuat sebuah layer polygon berupa zona, dimana zona tersebut memperlihatkan semua jalan pada zona tersebut bisa mencapai titik kumpul dalam waktu yang sudah ditentukan dengan berjalan kaki, dimana dalam pedoman waktu maksimal untuk mencapai titik kumpul adalah 15 menit



Gambar 3 Service Area Untuk Titik Kumpul

) Titik Pengungsian (Shelter)

Calculate geometry berguna untuk menghitung luasan / persegi pada suatu

polygon dan polyline. Untuk menentukan bangunan yang akan digunakan sebagai titik pengungsian, bangunan tersebut harus berada pada kawasan aman terhadap bencana dan mempunyai kapasitas penampungan pengungsi yang memadai, dengan cara menghitung kapasitas pada bangunan tersebut atau berapa banyak masyarakat yang bisa di tampung pada area tersebut. Berdasarkan pedoman sea defence consultants tahun 2007 rata-rata kebutuhan ruang per orang adalah 1,64 m².



Gambar 4 Calculate Geomerty Untuk Shelter

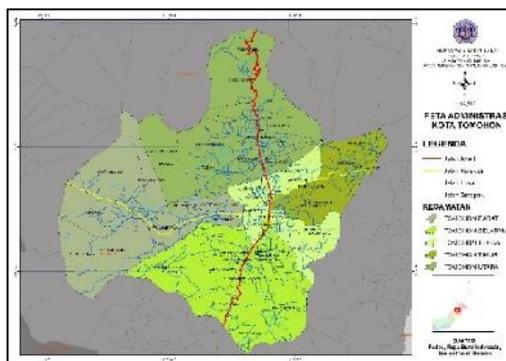
GAMBARAN UMUM

Wilayah Studi

Kota Tomohon berjarak dari ibukota Provinsi Sulawesi Utara, Kota Manado ±25 km., dari Pelabuhan International Bitung ±60 km, dan Dari Bandara International Sam Ratulangi ±34 km melalui Kabupaten Minahasa Utara dan Minahasa Induk. Jarak dari Kabupaten Minahasa Induk ±15 km dan Kabupaten Minahasa Selatan ±58 km.

Kota Tomohon memiliki luas 147,21 km² dan berada pada ketinggian 400-1500 meter dpl dengan kisaran suhu 18° C - 30° C dengan memiliki karakteristik pegunungan yang terletak antara 01°18'51" Lintang Utara dan 124°49'40" Bujur Timur. Luas wilayah kota Tomohon adalah 147,21km² Terdapat tiga gunung yaitu gunung Lokon (1.579,6 m dpl), gunung Tampusu (1.474 m dpl), dan gunung

Mahawu (1.331 m dpl). Beberapa sungai seperti, Sungai Sapa, Sungai Sinambey, Sungai Ranowanko dan 32 mata air tersebar.



Gambar 5 Peta Administrasi Kota Tomohon

Gunung Lokon

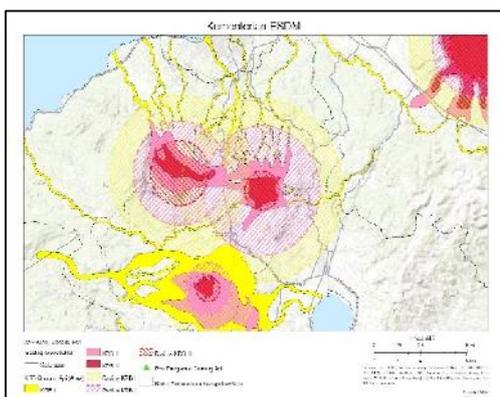
Gunung Lokon merupakan Gunung berapi tipe A berjenis stratovulcano yang terletak dikota Tomohon dengan ketinggian 1,580 mdpl, kawah gunung lokon dinamakan kawah tompaluan (1140 mdpl) yang berada ditenga-tengah antara puncak lokon(1580 mdpl) dan puncak empung (1340 mdpl). Berdasarkan catatan erupsi pada umumnya erupsi gunung lokon berupa abu disertai batu pijar, kadang-kadang mengeluarkan lava pijar, bom vulkanik dan awan panas, gejala gunung lokon akan segera Meletus biasanya berupa menebalnya asap kawah, tingginya flukuasi antara 400m-600m diatas bibir kawah, makin lama asap tersebut akan semakin kelabu yang menandakan bahwa material berukuran abu sudah terbawa keluar. Berdasarkan catatan sejarah yang telah tercatat dari badan geologi erupsi gunung lokon sudah terjadi 35 kali erupsi baik yang dikategorikan sebagai bencana maupun tidak.



Gambar 6 Gunung Lokon



Gambar 7 Kawah Gunung Lokon



Gambar 8 Kawasan Rawan Bencana Gunung Api Kota Tomohon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

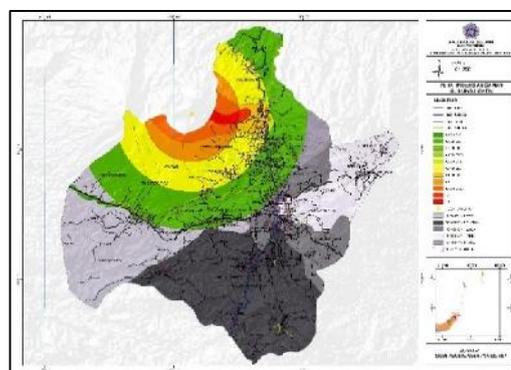
Analisis Ancaman

Ancaman dinilai berdasarkan zona jatuhan (material yang melayang) dan zona aliran (material yang mengalir). Berdasarkan hasil analisis terdapat 5 Kelurahan dengan indeks ancaman tinggi yaitu Kelurahan Kinilow, Kinilow satu, Tinooor satu, Kakaskasen satu, dan Kakaskasen dua. Hal ini karena Kelurahan tersebut berada pada radius 2-4 km dari kawah Tompoluan yang bisa berpotensi tertimpa aliran

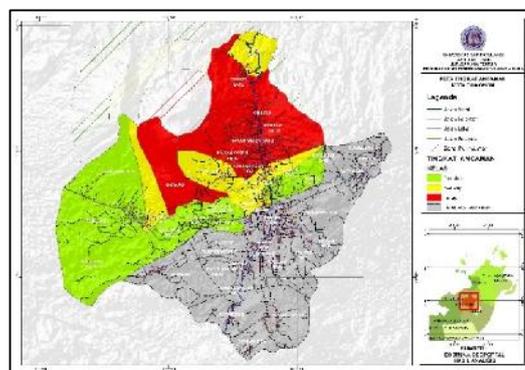
lahar, awan panas, gas beracun dan lontaran batu pijar.

Tabel 10 Matriks Tingkat Ancaman

TINGKAT ANCAMAN	INDEKS PENDUDUK TERPAPAR			
	RENDAH	SEDANG	TINGGI	
INDEKS ANCAMAN	RENDAH	Tara Tara Satu, Wokow Satu Utara, Wokow Satu, Wokow Dua, Wokow Tiga, Kamasi Satu	Kakaskasen	Kinilow
	SEDANG	Tara Tara Dua, Walian	Tinooor Dua, Wokow Satu, Wokow Dua, Wokow Tiga, Kamasi Satu	Kakaskasen Tiga, Kamasi Dua
	TINGGI		Kinilow, Kinilow Satu, Kinilow Dua, Kinilow Tiga, Kinilow Empat	Kakaskasen Tiga, Kamasi Dua
DAERAH TIDAK ADA ANCAMAN BENCANA	Pakawan Dua, Pakawan Satu, Eranukan, Eranukan Satu, Juantatang, Walian, Walian Satu, Juantatang, Kamelawa Satu	Matanu Dua, Matanu Tiga, Kolongas, Tendagow, Pangolomban, Lahumkang, Pararas, Uluksawo, Jaleto Satu, Lamsel	Matanu Satu, Kamayang Tiga, Kamayang Satu	



Gambar 9 Peta Indeks Ancaman

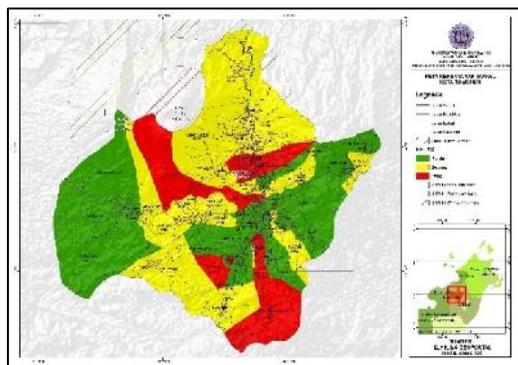


Gambar 10 Peta Tingkat Ancaman

Analisis Kerentanan Sosial

Hasil analisis kerentanan sosial berdasarkan kepadatan penduduk dan penduduk rentan. Dari hasil analisis terdapat 8 Kelurahan dengan tingkat resiko tinggi yaitu Kelurahan Kakaskasen tiga, Kakaskasen,

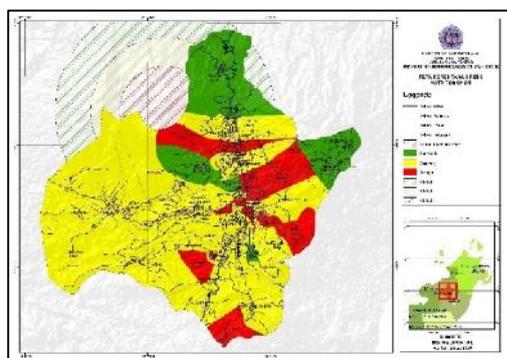
kayawu, kamasi, kampung jawa, walian satu, pangolombian, dan tondangow.



Gambar 11 Peta Kerentanan Sosial

Analisis Kerentanan Fisik

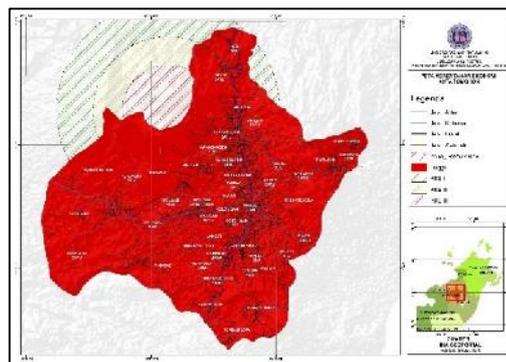
Hasil analisis kerentanan fisik berdasarkan jumlah rumah, fasilitas umum dan fasilitas kritis. Berdasarkan analisis terdapat 9 kelurahan dengan tingkat resiko tinggi yaitu kelurahan kakaskasen dua, paslaten satu, talete dua, talete satu, matani satu, matani tiga, kolongan, tondangow, dan kampung jawa.



Gambar 12 Peta Kerentanan Fisik

Analisis Kerentanan Ekonomi

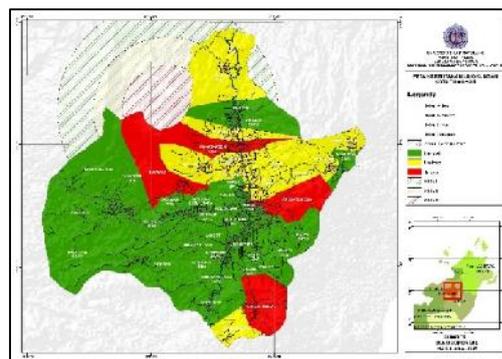
Hasil analisis kerentanan ekonomi berdasarkan nilai kontribusi PDRB per sektor dan lahan produktif. Berdasarkan hasil analisis semua kelurahan di kota tomohon memiliki indeks kerentanan ekonomi yang tinggi.



Gambar 13 Peta Kerentanan Ekonomi

Analisis Kerentanan Lingkungan

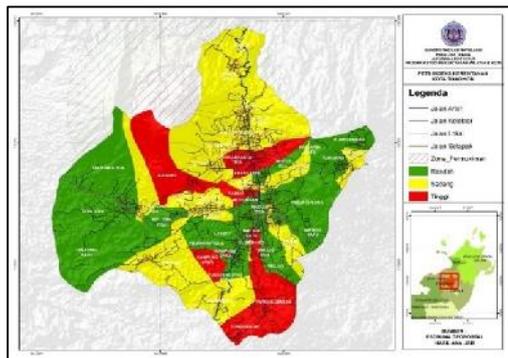
Analisis Kerentanan Lingkungan Berdasarkan Nilai Hutan Lindung, Hutan Alam, Hutan Bakau, Dan Semak Belukar. Berdasarkan Analisis Terdapat 4 Kelurahan Dengan Indeks Resiko Tinggi Yaitu Kelurahan Kakaskasen Dua, Kayawu, Paslaten Dua, Dan Pangolombian.



Gambar 14 Peta Kerentanan Lingkungan

Indeks Kerentanan

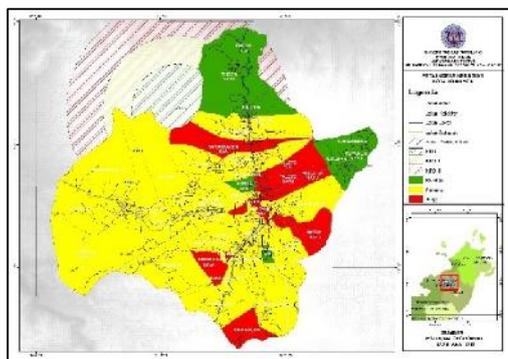
Indeks kerentanan merupakan nilai gabungan antara kerentanan sosial, fisik, ekonomi, dan lingkungan. Indeks kerentanan merupakan nilai kerentanan murni yang belum dipengaruhi oleh ancaman atau bencana. Berdasarkan analisis terdapat 8 kelurahan dengan nilai indeks kerentanan tinggi yaitu kelurahan kayawu, kakaskasen tiga, kakaskasen, kamasi, kampung jawa, walian satu, pangolombian, dan tondangow.



Gambar 15 Peta Indeks Kerentanan

Analisis Indeks Kerugian

Hasil analisis Indeks Kerugian berdasarkan nilai indikator kerentanan fisik, ekonomi, dan lingkungan. Karena indikator tersebut bisa dihitung dalam rupiah, sedangkan kerentanan sosial tidak karena sosial berkaitan dengan nyawa manusia itu sendiri. Berdasarkan analisis terdapat 8 kelurahan dengan indeks kerugian tinggi yaitu kelurahan kakaskasen dua, taleta satu & dua, paslaten satu, matani satu & tiga, kolongan dan kampung jawa.



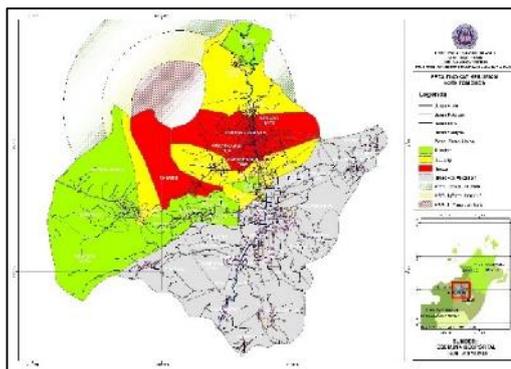
Gambar 16 Peta Indeks Kerugian

Analisis Tingkat Kerugian

Analisis tingkat kerugian merupakan persilangan antara tingkat ancaman dan indeks penduduk terpapar (kerentanan sosial). Berdasarkan analisis terdapat 5 kelurahan dengan tingkat kerugian tinggi yaitu kelurahan kakaskasen (satu, dua, tiga), kayawu dan kinilow satu.

Tabel 11 Matriks Tingkat Kerugian

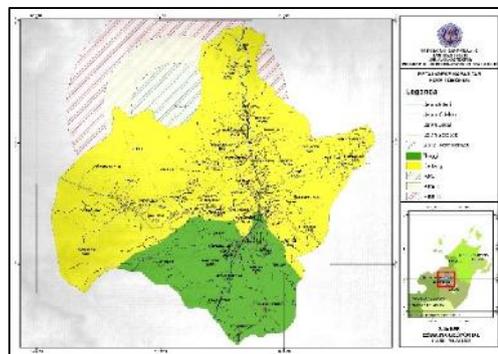
TINGKAT ANCAMAN	INDEKS PENDUDUK TERPAKAR	TINGKAT KERUGIAN		
		RENDAH	SEDANG	TINGGI
INDEKS ANCAMAN	RENDAH	Tata Letak Satu, Tata Letak Tiga, Jalatua Dua	Wolokon Satu Utara, Wolokon Dua, Wolokon Satu, Wolokon Tiga, Kamasi Satu	Kakaskasen Kemas
	SEDANG	Tata Letak Dua	Jatuu Dua, Wolokon, Tata Letak Tiga	Kakaskasen Tiga, Kayawu
	TINGGI		Kakaskasen, Kayawu Satu, Kakaskasen Dua, Kakaskasen Tiga, Jatuu Satu	
DAERAH TIDAK ADA ANCAMAN BENCANA		Paslaten Dua, Felesan Satu, Kaulan, Kolongan Satu, Juntutangan, Wolokon, Wolokon Satu, Wolokon Dua, Juntutangan, Kaulan	Matani Dua, Matani Tiga, Kolongan, Tondogow, Pangoombian, Leluwatung, Sinara, Uluwatu, Jalatua Satu, Lantel	Matani Satu, Kamang Jawa, Kaulan Satu



Gambar 17 Peta Tingkat Kerugian

Analisis Indeks Kapasitas

Hasil analisis kapasitas dinilai berdasarkan Jenis Organisasi, kearifan lokal, jenis peringatan dini, jenis jalur evakuasi, jenis petunjuk evakuasi, dan lokasi evakuasi. Berdasarkan analisis terdapat 4 kecamatan dengan kapasitas sedang yaitu tomohon utara, tomohon timur, tomohon barat, dan tomohon tengah, sedangkan tomohon selatan memiliki indeks kapasitas tinggi.



Gambar 18 Peta Indeks Kapasitas

Analisis Tingkat Kapasitas

Hasil analisis tingkat kapasitas merupakan persilangan antara tingkat ancaman dan indeks kapasitas. Dari hasil analisis terdapat 7 kelurahan dengan tingkat kapasitas rendah yaitu kelurahan kinilow satu, kinilow dua, kakaskasen satu, kakaskasen dua, kakaskasen tiga, kayawu, dan tinoor satu. Jika ancaman, kerentanan, dan resiko tinggi berarti negatif dan rendah berarti positif, sebaliknya untuk kapasitas tinggi berarti positif dan rendah berarti negatif.

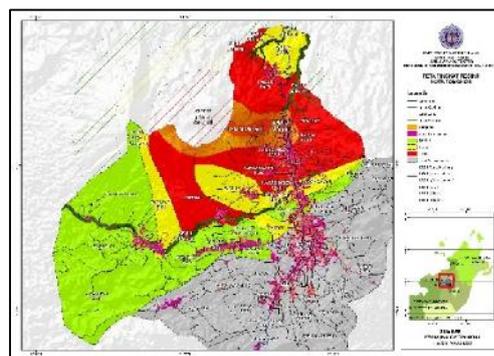
Tabel 12 Matriks Tingkat Kapasitas

TINGKAT KAPASITAS		INDEKS KAPASITAS		
		TINGGI	SEDANG	RENDAH
TINGKAT ANCAMAN	RENDAH	Taleti Dua Talete Satu Utara Talete Satu Talete Dua Talete Tiga Talete Empat	Kakaskasen Kamasi Talete Dua	Kinilow Tinoor Satu
	SEDANG	Wolow Satu Wolow Dua Wolow Tiga Wolow Empat	Kakaskasen Kamasi Talete Tiga Tinoor Dua Walian	Kinilow Tinoor Satu
	TINGGI	Kakaskasen Satu Kakaskasen Dua Kakaskasen Tiga Kayawu Kakaskasen Empat	Kakaskasen Satu Kakaskasen Dua Kakaskasen Tiga Kayawu Kakaskasen Empat	Kinilow Tinoor Satu
DAERAH TIDAK ADA ANCAMAN BENCANA		Kolonagan Kolonagan Satu Matani Satu Matani Dua Matani Tiga	Tumastatang Satu Walian Dua Pakaten Dua Pakaten Satu Rurukan Rurukan Satu Kumelombuan Talete Satu	Tondogow Pangrehinan Lahendong Panoar Uluandaac Tumastatang Kumelombuan Lanot Walian Walian Satu

-) Kerugian ekonomi : 2,8 triliun
-) Resiko tinggi : 7 kelurahan
-) Resiko sedang : 5 kelurahan
-) Resiko rendah : 9 kelurahan

Tabel 13 Tabel Tingkat Resiko

TINGKAT RESIKO		TINGKAT KAPASITAS		
		TINGGI	SEDANG	RENDAH
TINGKAT KERUGIAN	RENDAH	Wolow Satu Wolow Satu Utara Wolow Dua Wolow Tiga Talete Satu Talete Dua Talete Tiga	Kamasi Kakaskasen	Kinilow Tinoor Satu
	SEDANG	Talete Dua	Kakaskasen Kamasi Talete Tiga Tinoor Dua Walian	Kinilow Tinoor Satu
	TINGGI	Kakaskasen Satu Kakaskasen Dua Kakaskasen Tiga Kayawu Kakaskasen Empat	Kakaskasen Satu Kakaskasen Dua Kakaskasen Tiga Kayawu Kakaskasen Empat	Kinilow Tinoor Satu
DAERAH TIDAK ADA ANCAMAN BENCANA		Kolonagan Kolonagan Satu Matani Satu Matani Dua Matani Tiga	Tumastatang Satu Walian Dua Pakaten Dua Pakaten Satu Rurukan Rurukan Satu Kumelombuan Talete Satu	Tondogow Pangrehinan Lahendong Panoar Uluandaac Tumastatang Kumelombuan Lanot Walian Walian Satu

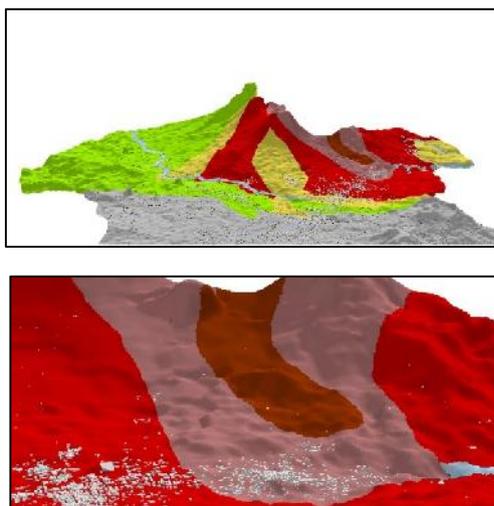


Gambar 19 Peta Tingkat Resiko

Analisis Tingkat Resiko

Analisis tingkat resiko merupakan gabungan semua nilai antara ancaman, kerentanan dan kapasitas, yang merupakan hasil persilangan antara tingkat kerugian dan tingkat kapasitas. Berdasarkan analisis terdapat 7 kelurahan dengan tingkat resiko tinggi yaitu kelurahan kinilow, kinilow satu, tinoor satu, kakaskasen satu, kakaskasen dua, kakaskasen tiga, dan kayawu. Dengan rincian sebagai berikut:

-) Jiwa terpapar : 45,621 jiwa
-) Lingkungan terpapar : 5388 Ha
-) Kerugian fisik : 217 Miliar



Gambar 20 Jalur Lahar Pada Tingkat Resiko Tinggi

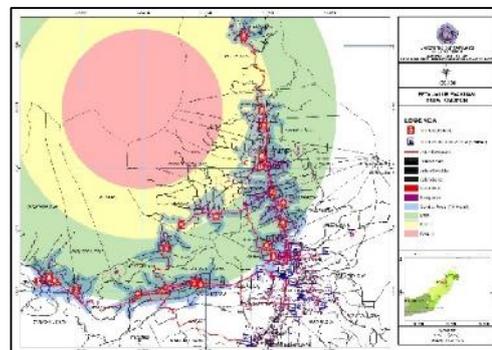
Analisis Jalur Evakuasi

Analisis jalur evakuasi berdasarkan titik kumpul (zona layanan), titik pengungsian (kapasitas), dan jalur evakuasi (jarak). Berdasarkan hasil analisis resiko terdapat 45,621 jiwa yang terpapar erupsi dan membutuhkan ruang kurang lebih 74,818 m² sebagai tempat pengungsian, sehingga direncanakan sebanyak 22 titik kumpul dengan estimasi waktu 15 menit, titik pengungsian sebanyak 32 unit dengan luas ruang 82,815 m² yang memiliki kapasitas 50,497 jiwa, dan 21 jalur evakuasi dengan jarak terpendek.

Tabel 14 Jalur Evakuasi Kota Tomohon

KELURAHAN	KEBUTUHAN RUANG (m ²)	LOKASI TITIK KUMPUL	TUJUAN PENGUNGSIAN (Shelter)	JARAK (km)
Kayawu	4394 m ²	Gereja GMIM Piniel Kayawu	SMK Kristen 1 tomohon	7,7 km
Wailan	5320 m ²	Gerbang perum tomohon griya permai & Lapangan SD Impres Wailan	SMP Katolik Gonzaga TK Katolik Gonzaga SD Negeri 2 Tomohon	5,1 km 5,2 km 5,5 km
Kakaskasen tiga	4735 m ²	Rindam XIII Merdeka	TK,SD,SMA dombosco tomohon Gereja GMIM nazareth matani	3,5 km 3,4 km
Kakaskasen dua	6150 m ²	SD GMIM 2 Kakaskasen	TK,SD,SMA dombosco tomohon	4,5 km
Kakaskasen satu	4856 m ²	TK Katolik ST Xaverius	SMA Karitas SD Katolik Santo Yohanes	3,7 km 3,7 km
Kinilow	3426 m ²	Dodikjur Rindam XIII/Merdeka	TK, SD, SMP, SMK Katolik sella maris	5,1 km
Kinilow satu	4441 m ²	Gereja GMIM Petra Kinilow	TK, SD, SMP, SMK katolik sella maris	4,7 km
Tinoor Satu	2675 m ²	Kantor Kelurahan Tinoor 1	TK, SD, SMP, SMK katolik Gereja Katolik Hati Kudus Gereja Elim Kolongan	8,8 km 8,7 km 8,7 km
Tinoor Dua	3190 m ²	Kantor Kelurahan Tinoor 2	SD GMIM 4 Tomohon SD GMIM 8 Tomohon Gereja GPdI Tomohon	8,6 km 8,5 km 8,8 km
Kakaskasen	4369 m ²	SD Impres Kakaskasen	SMA N 1 Tomohon	3,8 km
Woloan satu	3380 m ²	SD GMIM 1 Woloan	SMA N 1 Tomohon	3,9 km
Woloan satu utara	2552 m ²	SD Katolik 2 ST Maria	SD letera harapan tomohon gereja GMIM bait lahim	3,9 km 3,6 km
Woloan Dua	3428 m ²	SMP Katolik Hati Kudus woloan	SMP N 3 Tomohon	4,3 km
woloan tiga	4118 m ²	TK Katolik Gorot Woloan	SMK Kristen 1 tomohon SMP Kristen Tomohon	6,3 km 6,5 km
Taratara satu	2991 m ²	SD Katolik Taratara	SD Impres Lansot SD GMIM 1 Saronsong	8,1 km 8,2 km
Taratara	3116 m ²	SMP N 4 Tomohon	Stipas Tomohon SD GMIM 3 Tomohon	10 km 10 km
Taratara dua	2575 m ²	SD GMIM 1 Taratara	AKPER Gunung Maria gereja mawar sharon kolongan	7 km 7 km
Taratara tiga	2732 m ²	SMA N 2 Tomohon	SMA Katolik santa familia	6,4 km
Talete dua	2347 m ²	SMK Kristen 2 Tomohon	Tomohon Gereja GBI anugera Tomohon	2,8 km 2,4 km 2,3 km

			Gereja Masehi Adven Hari Ke Tujuh	
Kamasi	2521 m ²	Taman Pekuburan Tua	SMP Lentera harapan	1,7 km
Kamasi satu	1504 m ²	Gereja GMIM Efrata Kamasi Satu	SD Katolik Tarsius TK Katolik Tarsius	2,6 km 2,6 km
Total	82,815 m ²	22 Titik Kumpul	32 Shelter	-



Gambar 1 Peta jalur Evakuasi Kota Tomohon

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis tingkat resiko dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Analisis Resiko

-) Berdasarkan hasil analisis ancaman, KRB III berjarak 0 – 2,4 km dari kawah tompaluan, KRB II berjarak 1,5 km dari KRB III, dan KRB I berjarak 1,9 km dari KRB II. Berdasarkan analisis terdapat 7 kelurahan dengan tingkat ancaman tinggi yaitu kelurahan kinilow, kinilow satu, kakaskasen satu, kakaskasen dua, kakaskasen tiga, tinoor satu dan kayawu. Kelurahan kinilow dan kinilow satu merupakan kelurahan yang paling berbahaya karena memiliki nilai indeks ancaman yang paling tinggi
-) Analisis kerentanan dibagi menjadi dua bagian yaitu kerugian (fisik, ekonomi, dan lingkungan) dan penduduk terpapar (sosial), pada tingkat kerugian terdapat 5 kelurahan dengan tingkat kerugian tinggi yaitu kakaskasen satu,

kakaskasen dua, kakaskasen tiga kayawu dan kinilow satu. Sedangkan penduduk terpapar tertinggi berada di 8 kelurahan yaitu kelurahan kakaskasen tiga, kakaskasen, kayawu, kamasi, kampung jawa, walian satu, pangolombian dan tondangow.

-) Pada tingkat kapasitas, dikota tomohon terdapat pelatihan-pelatihan tanggap bencana dari BNPB yang diikuti semua kelurahan, masih terjaganya kearifan lokal, jenis peringatan dini berupa pentungan dan toa, terdapat 5 jalur evakuasi dan titik kumpul pada 5 kelurahan, serta pos pengungsian yang memanfaatkan kantor kelurahan dan sekolah.
-) Pada analisis resiko, berdasarkan analisis terdapat 7 kelurahan dengan tingkat resiko tinggi yaitu kelurahan kinilow, kinilow satu, tinoor satu, kakaskasen satu, kakaskasen dua, kakaskasen tiga.
2. Mitigasi bencana

-) Berdasarkan analisis resiko Analisis jalur evakuasi dibuat berdasarkan titik kumpul (zona layanan), titik pengungsian (kapasitas), dan jalur evakuasi (jarak). Berdasarkan hasil analisis resiko terdapat 45,621 jiwa yang terpapar erupsi dan membutuhkan ruang kurang lebih 74,818 m2 sebagai tempat pengungsian, sehingga telah direncanakan sebanyak 22 titik kumpul dengan estimasi waktu 15 menit, titik pengungsian sebanyak 32 unit dengan luas ruang 82,815 m2 yang memiliki

kapasitas 50,497 jiwa, dan 21 jalur evakuasi dengan jarak terpendek

Saran

Berdasarkan hasil analisis resiko bencana gunung api lokon kota tomohon, adapun saran dari peniliti sebagai berikut:

1. Dengan adanya pandemic covid-19 dan keterbatasan peneliti sebagai mahasiswa membuat adanya keterbatasan dalam pengkajian kapasitas daerah, hal ini dikarenakan pengkajian kapasitas daerah harus dilakukan secara FGD (focus group discussion) yang melibatkan banyak instansi seperti dinas Kesehatan, BNPB, PU, Bappeda dll. Sehingga perlu dilakuan pengkajian kapasitas yang lebih mendalam.
2. Dengan adanya analisis resiko dan jalur evakuasi, diharapkan kedepannya jalur tersebut mendapatkan prioritas khusus dari instansi terkait dengan meningkatkan kapasitas atau daya tampung, seperti pelebaran jalan, perbaikan jalan, dan rambu-rambu petunjuk evakuasi.

DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. 2010. Buku Panduan Pengenalan Karakteristik Bencana. (<https://www.bnpb.go.id>)
- Bakornas PB. 2006. Rencana Aksi Nasional Pengurangan Risiko Bencana 2006-2009. (<http://www.bakornaspb.go.id>)
- BPBD. 2-15. Petunjuk Teknis Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana Daerah Tingkat Kabupaten – Kota (<https://bpbj.kab.go.id>)

- Bakornas PB. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia*. Jakarta. BNPB
- Kurniawan, Lilik, dkk. 2001. Indeks Rawan Bencana Indonesia. Jakarta: BNPB..
- Hartoyo Manjela Eko, Yuli Nugroho, Aryo Wibowo, Bilaludin Khalil. 2010. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Bogor Tropenbos International Indonesian Programme.
- Agung, A.A.G. 1993. Mendefinisikan Kebutuhan GIS Untuk Perencanaan Wilayah dan Kota, Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Edisi Khusus
- Korlena, Achmad Djunaedi, Leksono Probosubanu, dan Nurhasan Ismail. 2011. *Peraturan Zonasi: Peran Dalam Pemanfaatan Ruang dan Pembangunan Kembali di Kawasan Rawan Bencana Kasus: Arkadelphia City, Arkansas USA*. 34 (1), 1 – 26
- Direktorat Tata Ruang dan Pertanahan. 2014. *Revisi Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Berdasarkan Perspektif Pengurangan Risiko Bencana*. Jakarta. Bappenas
- Syiko, Sitti Febriyani, Turniningtyas Ayu Rachmawati, Arief Rachmansyah. 2014. *Analisis Resiko Bencana Sebelum dan Setelah Letusan Gunung Kelud Tahun 2014 (Studi kasus di Kecamatan Ngantang, Malang)*. 5 (2) 1-8.
- D.R. Hizbaron, D.S. Hadmoko, G. Samodra, S.A. Dalimunthe, dan J. Sartohadi. 2010. *Tinjauan Kerentanan, Risiko dan Zonasi Rawan Bahaya Rockfall di Kulonprogo*, Yogyakarta. 24 (2) 119 – 135.
- Saut Aritua Hasiholan Sagala dan Hadian Idhar Yasaditama. 2012. *Analisis Bahaya Dan Resiko Bencana Gunungapi Papandayan (Studi Kasus: Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut)*. Bandung. 26 (1) 1 -16.
- Ariyadi Nugroho Susilo, dan Iwan Rudiarto. 2014. *Analisis Tingkat Resiko Erupsi Gunung Merapi Terhadap Permukiman di Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten*. Klaten. 3 (1) 34 – 49.
- BPBD Kulon Progo, *Mengurangi Resiko Bencana Gunung Api*. <https://bpbdkulonprogokab.go.id/article-50-mengurangi-resiko-bencana-letusan-gunung-berapi.html>
- Sea Defence Consultans. 2007. Pedoman Perencanaan Mitigasi Stunami SDC-R 70022. Aceh dan Nias: Sea Defence Consultans.
- Sea Defence Consultans. 2007. Usulan Rambuan Evakuasi Stunami SDC-R 70025. Aceh dan Nias: Sea Defence Consultans.