

## ANALISIS SPASIAL TINGKAT KERENTANAN BENCANA GUNUNG API LOKON DI KOTA TOMOHON

Lisa Christie Gosal<sup>1</sup>, Raymond Ch. Tarore<sup>2</sup> & Hendriek H. Karongkong<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa S1 Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota Universitas Sam Ratulangi

<sup>2 & 3</sup> Staf Pengajar Prodi S1 Perencanaan Wilayah & Kota, Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi

E-mail: [lisachristiegosal@gmail.com](mailto:lisachristiegosal@gmail.com)

### Abstrak

Gunung Lokon merupakan gunung api aktif yang terletak di Kota Tomohon dengan tipe gunung A atau *stratovolcano*. Bahaya primer letusan Gunung api Lokon (bahaya langsung akibat letusan) adalah luncuran awan panas, lontaran piroklastik (bom vulkanik, lapilli, pasir dan abu) dan mungkin aliran lava. Sedangkan bahaya sekunder (bahaya tidak langsung akibat letusan) adalah lahar hujan yang terjadi setelah letusan dan apabila turun hujan lebat di sekitar puncak. Oleh karena itu, untuk meminimalisir dampak dari bencana tersebut diperlukan analisis mengenai tingkat kerentanan yang sangat berkaitan dengan penilaian resiko sebagai upaya penanggulangan bencana untuk perencanaan dan pengembangan daerah Kota Tomohon. Tujuan dari penelitian ini adalah teridentifikasinya tingkatan kerentanan bencana letusan gunung api dan diperolehnya rekomendasi – rekomendasi tentang penanganan di kawasan terdampak Gunung api Lokon. Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif dan kuantitatif dengan melakukan analisis spasial. Sesuai dengan analisis tersebut, maka dalam menganalisis tingkat kerentanan menggunakan metode pembobotan nilai terhadap aspek fisik bangunan, sosial kependudukan, ekonomi dan lingkungan yang parameter pembentuknya berdasarkan PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, sehingga diperolehnya indeks penduduk terpapar dan indeks kerugian dari dampak bencana. Analisis kerentanan diolah dalam SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk mengklasifikasikan nilai kerentanan yang paling tinggi hingga paling rendah. Berdasarkan hasil studi, didapat 2 hal yaitu; persebaran tingkat kerentanan di Kota Tomohon terbagi atas 3 kelas dan yang menjadi pembahasan adalah kelurahan dengan kelas kerentanan tinggi (8 kelurahan) dan rekomendasi – rekomendasi penanganan di wilayah rentan bencana letusan Gunung api Lokon.

**Kata Kunci :** Gunung api, Spasial, Tingkat Kerentanan Bencana, Mitigasi

### PENDAHULUAN

Fakta membuktikan besarnya potensi kerawanan gunung berapi di Indonesia dapat diidentifikasi dari letak wilayah dan posisi geografis, dimana keberadaannya berada pada jalur pertemuan lempeng tektonik dengan barisan gunung api aktif atau dikenal sebagai *the ring of fire* (cincin api). Indonesia memiliki 13% dari jumlah gunung api di dunia, yaitu: 129 gunung api berstatus aktif dan 500 gunung api berstatus tidak aktif, selain itu 60% dari jumlah gunung api tersebar memiliki potensi letusan yang cukup besar. Salah satunya Gunung api Lokon yang terletak di Kota Tomohon. Gunung Lokon termasuk dalam tipe gunung A atau *stratovolcano* dengan letak posisi geografis 1021,5'LU dan 12404,5'BT, dengan tinggi puncaknya yakni 1597,5

mdpl. Bahaya utama letusan Gunung api Lokon bersifat eksplosif menghasilkan letusan abu diselingi letusan kuat yang melontarkan batu, hujan abu dan bom vulkanik. Pusat erupsi tersebut kini dikenal sebagai Kawah Tompaluan.

Menurut Pusat Vulkanologi dan Bencana Geologi, bahaya utama letusan Gunung api Lokon bersifat eksplosif dengan erupsi seperti letusan abu diselingi letusan kuat yang melontarkan batu, hujan abu dan bom vulkanik, kecuali pada tahun 1969 dan 1991 diidentifikasi erupsi letusan mengeluarkan awan panas dan pembentukan kubah lava. Dilihat dari sejarah letusan Gunung api Lokon belum pernah terjadi adanya aliran lava, sedangkan aliran lahar tidak begitu besar dampaknya seperti gunung vulkanik lainnya di Indonesia.

Berdasarkan hasil identifikasi

diatas mengenai bahaya erupsi dari Gunung api Lokon, maka perlunya tindakan mitigasi bencana. Menurut UU No. 24 Tahun 2007 mengenai mitigasi diartikan sebagai upaya penanggulangan bencana dengan tujuan dapat meminimalkan dampak kerusakan yang ditimbulkan akibat terjadinya bencana, serta untuk meminimalkan jumlah korban. Pentingnya suatu Perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian kawasan rawan bencana sebagai usaha pencegahan adalah kewajiban baik bagi pemerintah maupun masyarakat.

Tahapan dalam melakukan perhitungan kerentanan Gunung berapi yaitu dengan menentukan/ menghitung nilai kerentanan dari empat aspek, yaitu: fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan dengan menggunakan metode skoring sesuai Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Dalam menganalisis daerah-daerah yang berpotensi terhadap bahaya letusan gunung berapi menggunakan sebuah analisis spasial melalui pengolahan data SIG (Sistem Informasi Geografis). Analisis spasial mengenai jarak, arah dan hubungan menggunakan SIG dapat dilakukan dengan cepat, mudah dan akurat.

Ketiadaan analisis terhadap indeks kerentanan gunung berapi berpengaruh terhadap penilaian risiko bencana sebagai salah satu upaya mitigasi dan timbulnya kendala-kendala dalam mengetahui dampak negatif yang mungkin timbul akibat suatu bencana. Oleh karena itu, adanya penelitian ini diharapkan mampu memetakan dan menganalisis tingkatan kerentanan bencana Gunung api Lokon di Kota Tomohon, sehingga nantinya diharapkan menjadi rekomendasi untuk penanganan/ mitigasi awal dalam mengantisipasi dampak bencana, agar tidak menimbulkan kerugian yang besar. Dari uraian diatas muncul beberapa pertanyaan yang menjadi tujuan dalam penelitian ini :

1. Teridentifikasinya tingkatan kerentanan dari aspek fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan di kawasan terdampak Gunung api Lokon di Kota

Tomohon.

2. Diperoleh rekomendasi – rekomendasi tentang penanganan di kawasan terdampak Gunung api Lokon berdasarkan hasil tingkat kerentanannya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Bencana

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Pasal 1, bencana diartikan sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan / atau non-alam, maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

### Bencana Gunung Api

Bencana gunung api berpotensi besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia dimana bencana tersebut memiliki dampak positif dan dampak negatif. Dari segi keuntungan, terlihat bahwa dengan adanya gunung api, maka didaerah sekitarnya akan menjadi subur karena bahan erupsi gunung api mengandung unsur hara yang berguna sekali untuk tumbuhan-tumbuhan. Sedangkan kerugian dari bencana gunung api berupa adanya korban jiwa, rusaknya bangunan-bangunan maupun kerugian dari segi materi (harta benda).

Definisi gunung api adalah lubang kepundan atau rekahan dalam kerak bumi tempat keluarnya cairan magma atau gas atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Material yang dierupsikan ke permukaan bumi umumnya membentuk kerucut terpancung. Gunung api diklasifikasikan ke dalam dua sumber erupsi, yaitu: (1) erupsi pusat, erupsi keluar melalui kawah utama; dan (2) erupsi samping, erupsi keluar dari lereng tubuh gunung api; (3) erupsi celah, erupsi yang muncul melalui retakan/sesar yang memanjang hingga beberapa kilometer; (4) erupsi eksentris, erupsi samping tetapi magma yang keluar bukan dari kepundan pusat yang menyimpang ke samping melainkan langsung dari dapur magma melalui

kependan tersendiri (Buku Pengenalan Gunung Api, *Vulcanologi Survey of Indonesia*: 2008).

### Mitigasi Bencana

Mitigasi berarti mengambil tindakan-tindakan untuk mengurangi pengaruh-pengaruh dari suatu bahaya itu terjadi. Istilah mitigasi berlaku untuk cakupan yang luas dari aktifitas-aktifitas dan tindakan-tindakan perlindungan yang mungkin diawali, dari yang fisik, membangun bangunan-bangunan yang lebih kuat, sampai dengan yang procedural, seperti teknik-teknik yang baku untuk menggabungkan penilaian bahaya didalam rencana penggunaan lahan. (UNDP, 1992 : 11).

### Pengkajian Risiko Bencana

Menurut Perka BNPB No.2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, Kajian Risiko Bencana adalah mekanisme terpadu untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap risiko bencana suatu daerah dengan menganalisis Tingkat Ancaman, Tingkat Kerugian dan Kapasitas Daerah. Tingkat Risiko melakukan perbandingan antara Tingkat Kerugian dengan Kapasitas Daerah untuk memperkecil Tingkat Kerugian dan Tingkat Ancaman akibat bencana. Kajian risiko bencana dapat dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$R = \frac{H \times V}{C}$$

Keterangan:

H : *Hazard* (Bahaya)

V : *Vulnerability* (Kerentanan)

C : *Capacity* (Kapasitas)

### Kerentanan (Vulnerability)

Tingkat kerentanan adalah suatu hal penting untuk diketahui sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya bencana, karena bencana baru akan terjadi bila “bahaya” terjadi pada “kondisi yang rentan”, seperti yang dikemukakan Awotona (1997: 1-2) yaitu: “*natural disaster are the interaction between natural hazard and vulnerable condition*”.

Berdasarkan buku “Risiko Bencana Indonesia” mengenai pengkajian risiko bencana dengan acuan Perka BNPB No.2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana membagi atas empat aspek analisis kerentanan yaitu kerentanan fisik, kerentanan sosial, kerentanan ekonomi dan kerentanan lingkungan.

### Analisis Spasial Berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS)

Tingkat Menurut Eddy Prahasta (2009:110) bahwa “SIG merupakan sejenis perangkat lunak, perangkat keras (manusia, prosedur, basis data dan fasilitas jaringan komunikasi) yang dapat digunakan untuk memfasilitasi proses pemasukan, penyimpanan, manipulasi, menampilkan dan keluaran data/informasi geografis berikut atribut-atribut terkait”. Beberapa sub-sistem dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Data *Input*: sub-sistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan dan menyimpan data spasial dan atribut dari berbagai sumber.
- b) Data *Output*: sub-sistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun bentuk *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, report, peta dan lain sebagainya.
- c) Data *Management*: sub-sistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil kembali atau di-*retrive*, di-*update* dan di-*edit*.
- d) Data *Manipulation & Analysis*: sub-sistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG dan melakukan manipulasi serta pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Metode Penelitian

Dalam penelitian ini akan menganalisa kerentanan kawasan yang

terdampak bencana Gunung api Lokon di Kota Tomohon dengan melakukan pembobotan nilai berdasarkan 4 (empat) aspek kerentanan yaitu fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Adapun dasar penelitian berlandaskan pada PERKA BNPB Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Formula solutif sebagai nilai indeks kerentanan bencana gunung api, yaitu sebagai berikut:

$$IKLGA=(IKS \times 0,4)+(IKF \times 0,25)+(IKE \times 0,25)+(IKL \times 0,1)$$

Pemetaan setiap aspek analisis kerentanan letusan bencana Gunung api Lokon menggunakan metode pengolahan data SIG (Sistem Informasi Geografis). Kemudian diperoleh rekomendasi – rekomendasi penanganan di kawasan kerentanan tinggi dengan menggunakan metode deskriptif dari hasil analisis tingkat kerentanan Gunung api Lokon.

### Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, menggunakan 2 teknik pengumpulan data yaitu data primer dan data sekunder seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Kebutuhan Data Penelitian

NO	JENIS DATA	VARIABEL PENELITIAN	INSTANSI/SUMBER	PENYAJIAN DATA
1.	Data Primer	<b>Kerentanan Fisik</b> Mengamati secara visual dan menghitung jumlah unit bangunan per hektar di daerah/zona terdampak Gunung api Lokon. Dengan indikator: 1) Rumah 2) Fasilitas Umum 3) Fasilitas Kritis	Observasi Lapangan. Studi Pustaka: Badan Pertanahan Nasional Kota Tomohon.	Pemetaan Tabel Deskriptif
2.	Data Sekunder	Data konkrit sejarah letusan dan karakter Gunung api Lokon, serta Kawasan Rawan Bencana Gunung api Lokon yang diukur dari kelas bahaya erupsi letusan.	Studi Pustaka: Kantor BAPELIT BANGDA Kota Tomohon dan POS PGA Lokon-Mahawu.	Pemetaan Tabel Deskriptif
2.	Data Sekunder	<b>Kerentanan Sosial</b> Pengolahan data demografi di daerah/zona terdampak Gunung api Lokon. Dengan indikator: 1) Kepadatan Penduduk 2) Kelompok Rentan	Studi Pustaka: Kantor Kecamatan & Kantor BPS Kota Tomohon.	Pemetaan Tabel Deskriptif
3.	Data Sekunder	<b>Kerentanan Ekonomi</b> Pengolahan data lusan pemanfaatan lahan dan perekonomian di daerah/zona terdampak Gunung api Lokon. Dengan indikator: 1) Lahan Produktif 2) Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)	Studi Pustaka: Kantor BPN Kota Tomohon & Kantor BPS Kota Tomohon.	Tabel Pemetaan Deskriptif
4.	Data Sekunder	<b>Kerentanan Lingkungan</b> Pengolahan data lusan kawasan kelutaman dengan indikator: 1) Hutan Lindung 2) Hutan Alam 3) Semak Belukar	Studi Pustaka: Kantor BAPELIT BANGDA Kota Tomohon.	Pemetaan Tabel Deskriptif

Sumber: Penulis, 2018

### Metode Analisis Data

#### Analisis Tingkat Kerentanan Bencana

Analisis tingkat kerentanan dilakukan dengan memasukkan data – data sesuai dengan parameter – parameter yang sudah ditentukan dan dilanjutkan dengan pembobotan nilai sesuai Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dengan parameter pembobotan nilai sebagai

berikut:

### 1. Fisik

Tabel 2. Pembobotan Nilai Kerentanan Fisik

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Rumah	40	<400 juta	400-800 juta	>800 juta
Fasilitas Umum	30	<500 juta	500 juta – 1 M	>1 M
Fasilitas Kritis	30	<500 juta	500 juta – 1M	>1 M

**Kerentanan Fisik = (0,4\*skor Rumah) + (0,3\*skor Fasum) + (0,3\*skor Faskris)**

Perhitungan nilai setiap parameter (kecuali rumah) dilakukan berdasarkan:

- 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 dilakukan berdasarkan:

- 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

### 2. Sosial

Tabel 3. Pembobotan Nilai Kerentanan Sosial

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kepadatan Penduduk	60	< 5 jiwa/ha	5-10 jiwa/ha	>10 jiwa/ha
<b>Kelompok Rentan</b>				
Rasio Jenis Kelamin (10%)	40	>40%	20-40%	<20%
Rasio Kelompok Umur Rentan (10%)		<20%	20-40%	>40%
Rasio Penduduk Miskin (10%)		<20%	20-40%	>40%
Rasio Penduduk Cacat (10%)		<20%	20-40%	>40%

**Kerentanan Sosial = (0,6 × skor Kepadatan Penduduk) + (0,1 × rasio jenis kelamin) + (0,1 × rasio kelompok umur rentan) + (0,1 × rasio penduduk miskin) + (0,1 × rasio penduduk miskin)**

### 3. Ekonomi

Tabel 4. Pembobotan Nilai 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\*skor Lahan Produktif) + (0,4\*skor PDRB)**

Perhitungan nilai setiap parameter dilakukan berdasarkan:

- Pada kelas bahaya RENDAH memiliki pengaruh 0%
- Pada kelas bahaya SEDANG memiliki pengaruh 50%
- Pada kelas bahaya TINGGI memiliki pengaruh 100%

### 4. Lingkungan

Tabel 5. Pembobotan Nilai Kerentanan Lingkungan

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Hutan Lindung	<20 Ha	20 – 50 Ha	>50 Ha	Kelas/ Nilai Maks. Kelas	
Hutan Alam	<25 Ha	25 – 75 Ha	>75 Ha		
Semak Belukar	<10 Ha	10 – 30 Ha	>30 Ha		

Disesuaikan dengan jenis bencana:

- Letusan Gunung Api

Setelah pembobotan nilai setiap parameter – parameter dalam analisis kerentanan, dilanjutkan dengan proses skoring sesuai kelas Kawasan Rawan Bencana dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi seperti yang dijelaskan dalam tabel berikut:

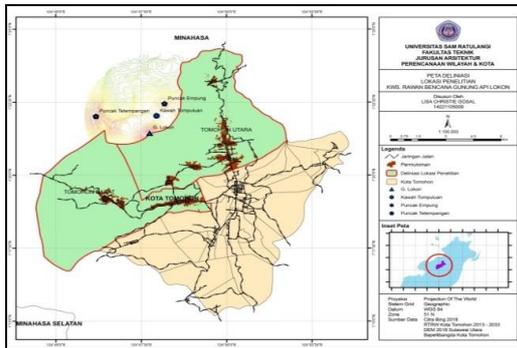
Tabel 6. Pembagian Kelas Rawan Bencana

Kawasan Rawan Bencana (KRB)	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
I	Rendah	1	100	0,333333
II	Sedang	2		0,666667
III	Tinggi	3		1,000000

**HASIL PENELITIAN**

**Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Berdasarkan data Rencana Kontijensi Bencana Gunung Api Lokon Tahun 2014 mengenai Kawasan yang terdampak bencana Gunung Api Lokon adalah Kecamatan Tomohon Utara dan Kecamatan Tomohon Barat.



Gambar 3. Peta Deliniasi Lokasi Penelitian  
Sumber: Penulis, 2018

**Karakteristik Gunung Api Lokon**

Gunung Lokon yang terletak di Kota Tomohon merupakan salah satu gunung api berstatus aktif hingga sekarang dengan potensi bahaya erupsi letusan yang cukup besar, pusat erupsi tersebut dikenal sebagai Kawah Timpoluan. Letak posisi geografis Gunung Lokon adalah 1021,5'LU dan 12404,5'BT, dengan tinggi puncaknya yakni 1597,5 mdpl. Pemantauan secara visual maupun instrumental kegiatan erupsi Gunung api Lokon setiap harinya dilakukan dari Pos PGA Lokon-Mahawu di Kelurahan Kakaskasen.

**Sejarah Letusan**

Berdasarkan sejarah letusan gunung api lokon menunjukkan bahwa frekuensi letusan meningkat sangat tajam atau selang terjadinya letusan bervariasi antara 1 – 4 tahun (rata-rata 3 tahun). Sebelumnya selang waktu terjadinya letusan sangat lama yaitu dari tahun 1800an, dan kemudian tahun berikutnya 1900an. Letusan terbesar terjadi tahun 1991, sedangkan letusan-letusan yang terjadi pada tahun 2000an relatif kecil.

**Pembahasan**

**Indeks Kerentanan Fisik**

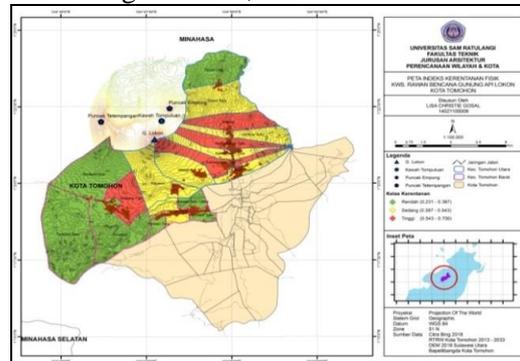
Analisis Indeks Kerentanan Fisik (IKF) merupakan proses perhitungan dari keseluruhan hasil nilai kerugian dari kerentanan fisik parameter rumah, fasilitas umum dan fasilitas kritis.

Tabel 7. Indeks Kerentanan Fisik Kota Tomohon

NO	Nama Kelurahan	Kecamatan	Rumah	Skor	Fasilitas Umum	Skor	Fasilitas Kritis	Skor	Indeks Kerentanan Fisik (IKF)
1	Kayru	Tomohon Utara	1.220.000.000	1,00	161.960.900	0,33	-	0	0,499
2	Walau	Tomohon Utara	4.140.000.000	1,00	208.756.000	0,33	-	0	0,499
3	Kakaskasen Tiga	Tomohon Utara	1.715.000.000	1,00	4.570.412.000	0,33	1.053.736.500	0,33	0,598
4	Kakaskasen Dua	Tomohon Utara	1.840.000.000	1,00	1.894.657.000	0,33	-	0	0,499
5	Kakaskasen Satu	Tomohon Utara	4.970.000.000	1,00	3.393.471.000	1,00	-	0	0,700
6	Kakaskasen	Tomohon Utara	725.000.000	0,67	3.834.822.500	0,33	27.930.000	0,33	0,466
7	Kinlewu	Tomohon Utara	3.160.000.000	1,00	346.972.000	0,33	147.271.500	0,33	0,598
8	Kinlewu Satu	Tomohon Utara	2.270.000.000	1,00	253.533.500	0,33	-	0	0,499
9	Tinore Satu	Tomohon Utara	950.000.000	1,00	454.411.300	0,33	-	0	0,499
10	Tinore Dua	Tomohon Utara	460.000.000	0,67	467.191.500	0,33	-	0	0,367
11	Woloni Satu	Tomohon Barat	785.000.000	0,67	357.033.000	0,33	-	0	0,367
12	Woloni Satu Utara	Tomohon Barat	665.000.000	0,67	590.146.000	0,33	-	0	0,367
13	Woloni Dua	Tomohon Barat	1.410.000.000	1,00	752.165.000	0,33	-	0	0,499
14	Woloni Tiga	Tomohon Barat	720.000.000	0,67	120.221.500	0,33	-	0	0,367
15	Taratara Tiga	Tomohon Barat	745.000.000	0,67	1.455.789.500	0,33	-	0	0,367
16	Taratara Satu	Tomohon Barat	190.000.000	0,33	37.938.000	0,33	-	0	0,231
17	Taratara Dua	Tomohon Barat	345.000.000	0,33	95.476.600	0,33	-	0	0,231
18	Taratara Tiga	Tomohon Barat	1.150.000.000	1,00	1.063.857.000	0,33	26.568.500	0,33	0,598

Sumber: Penulis, 2018

Dari hasil analisis diatas kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan tertinggi yaitu kelurahan Kakaskasen Satu dengan nilai 0,700, sedangkan kelurahan termasuk klasifikasi kerentanan terendah yaitu kelurahan Taratara Satu dan Taratara Dua dengan nilai 0,231.



Gambar 4. Peta Indeks Kerentanan Fisik Kota Tomohon  
Sumber: Penulis, 2018

**Indeks Kerentanan Sosial**

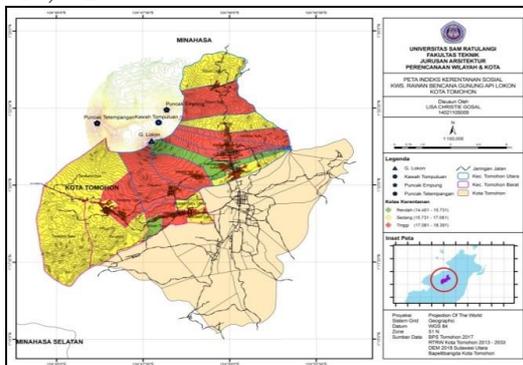
Analisis Indeks Kerentanan Sosial (IKS) merupakan proses perhitungan dari keseluruhan hasil nilai jumlah penduduk terpapar bencana untuk parameter kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio kelompok umur rentan, rasio penduduk miskin dan rasio penduduk cacat.

Tabel 8. Indeks Kerentanan Sosial Kota Tomohon

No	Nama Kelurahan	Kecamatan	Kepadatan Penduduk	Skor	Rasio Jenis Kelamin	Rasio Kelompok Umur Rentan	Rasio Penduduk Miskin	Rasio Penduduk Cacat	Indeks Kerentanan Sosial (IKS)
1	Kayawu	Tomohon Utara	4	0,33	110	55	12	1	17,943
2	Walian	Tomohon Utara	7	0,67	107	58	7	0	17,580
3	Kakaskasen Tiga	Tomohon Utara	7	0,67	100	36	4	0	14,401
4	Kakaskasen Dua	Tomohon Utara	14	1,00	104	63	1	0	17,540
5	Kakaskasen Satu	Tomohon Utara	11	1,00	102	63	8	0	17,940
6	Kakaskasen	Tomohon Utara	9	0,67	102	52	4	0	16,320
7	Kinilow	Tomohon Utara	5	0,67	103	49	5	0	16,083
8	Kinilow Satu	Tomohon Utara	8	0,67	113	60	6	1	18,391
9	Tinoor Satu	Tomohon Utara	3	0,33	114	52	4	1	17,237
10	Tinoor Dua	Tomohon Barat	3	0,33	105	50	6	0	16,337
11	Woloan Satu	Tomohon Barat	18	1,00	89	50	10	1	15,584
12	Woloan Dua	Tomohon Barat	17	1,00	105	38	7	2	15,802
13	Woloan Tiga	Tomohon Barat	11	1,00	98	56	10	0	16,992
14	Woloan Tiga	Tomohon Barat	14	1,00	79	48	5	0	13,852
15	Taratara	Tomohon Barat	2	0,33	104	51	4	0	16,192
16	Taratara Satu	Tomohon Barat	1	0,33	90	51	12	2	15,604
17	Taratara Dua	Tomohon Barat	2	0,33	100	60	6	0	16,826
18	Taratara Tiga	Tomohon Barat	5	0,67	106	50	13	0	17,289

Sumber: Penulis, 2018

Dari hasil analisis diatas kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan tertinggi yaitu kelurahan Kinilow Satu dengan nilai 18,391, sedangkan kelurahan termasuk klasifikasi kerentanan terendah yaitu kelurahan Woloan Tiga dengan nilai 13,852.



Gambar 5. Peta Indeks Kerentanan Sosial Kota Tomohon

Sumber: Penulis, 2018

### Indeks Kerentanan Ekonomi

Indeks Kerentanan Ekonomi (IKE) merupakan proses perhitungan dari keseluruhan hasil nilai kerugian dari kerentanan ekonomi parameter lahan produktif dan PDRB.

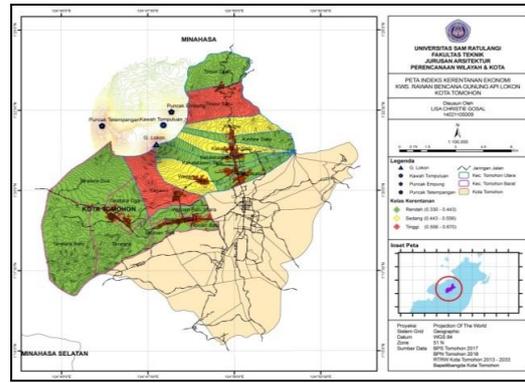
Tabel 9. Indeks Kerentanan Ekonomi Kota Tomohon

No	Nama Kelurahan	Kecamatan	Kelas Bahaya	Nilai Rekapitulasi Lahan Produktif (RLP)	Skor	Nilai Rekapitulasi PDRB (RPPMasa-0)	Skor	Indeks Kerentanan Ekonomi (IKE)
1	Kayawu	Tomohon Utara	Sedang	180.769.150	0,67	140.953.155	0,67	0,670
2	Walian	Tomohon Utara	Sedang	101.463.819	0,67	95.646.784	0,33	0,554
3	Kakaskasen Tiga	Tomohon Utara	Rendah	72.680.737	0,33	92.563.714	0,33	0,330
4	Kakaskasen Dua	Tomohon Utara	Rendah	51.891.678	0,33	60.408.495	0,33	0,330
5	Kakaskasen Satu	Tomohon Utara	Sedang	49.402.346	0,33	70.695.449	0,33	0,330
6	Kakaskasen	Tomohon Utara	Rendah	44.106.975	0,33	49.464.927	0,33	0,330
7	Kinilow	Tomohon Utara	Sedang	55.506.914	0,67	86.016.444	0,33	0,534
8	Kinilow Satu	Tomohon Utara	Sedang	38.699.137	0,33	76.386.104	0,33	0,330
9	Tinoor Satu	Tomohon Utara	Sedang	140.237.883	0,67	134.234.757	0,67	0,670
10	Tinoor Dua	Tomohon Barat	Rendah	111.465.320	0,33	192.696.796	0,33	0,330
11	Woloan Satu	Tomohon Barat	Rendah	9.010.328	0,33	23.200.364	0,33	0,330
12	Woloan Dua	Tomohon Barat	Rendah	59.201.060	0,33	27.577.791	0,33	0,330
13	Woloan Tiga	Tomohon Barat	Rendah	54.006.885	0,33	45.744.114	0,33	0,330
14	Woloan Tiga	Tomohon Barat	Rendah	22.459.567	0,33	22.543.750	0,33	0,330
15	Taratara	Tomohon Barat	Rendah	189.532.572	0,33	177.942.415	0,33	0,330
16	Taratara Satu	Tomohon Barat	Rendah	245.550.935	0,33	282.344.053	0,33	0,330
17	Taratara Dua	Tomohon Barat	Rendah	210.949.782	0,33	192.696.796	0,33	0,330
18	Taratara Tiga	Tomohon Barat	Rendah	95.229.016	0,33	81.420.146	0,33	0,330

Sumber: Penulis, 2018

Dari hasil analisis diatas 2 (dua) kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan tertinggi yaitu kelurahan Kayawu dan Tinoor Satu dengan nilai

0,670, sedangkan 6 (enam) kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan terendah yaitu kelurahan Kakaskasen Tiga, Kakaskasen Dua, Kakaskasen Satu, Kakaskasen, Kinilow Satu dan Tinoor Dua, serta lainnya 8 (delapan) kelurahan di Kecamatan Tomohon Barat dengan nilai 0,330.



Gambar 6. Peta Indeks Kerentanan Ekonomi Kota Tomohon

Sumber: Penulis, 2018

### Indeks Kerentanan Lingkungan

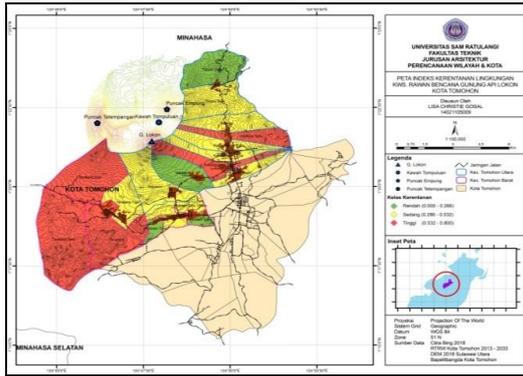
Indeks Kerentanan Lingkungan (IKL) merupakan proses perhitungan dari keseluruhan hasil nilai kerugian dari kerentanan lingkungan parameter hutan lindung, hutan alam dan semak belukar.

Tabel 10. Indeks Kerentanan Lingkungan Kota Tomohon

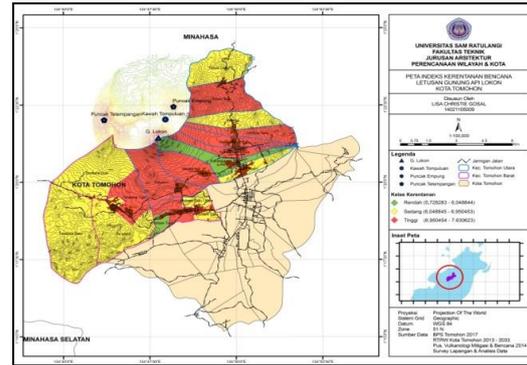
No	Nama Kelurahan	Kecamatan	Luasan Hutan Lindung (Ha)	Skor	Luasan Hutan Alam (Ha)	Skor	Luasan Semak Belukar (Ha)	Skor	Indeks Kerentanan Lingkungan (IKL)
1	Kayawu	Tomohon Utara	-	0	271,7	1,00	43,0	1,00	0,500
2	Walian	Tomohon Utara	-	0	8,3	0,33	16,9	0,67	0,199
3	Kakaskasen Tiga	Tomohon Utara	8,9	0,33	108,9	1,00	7,2	0,33	0,565
4	Kakaskasen Dua	Tomohon Utara	11,5	0,33	70,9	0,67	-	0	0,490
5	Kakaskasen Satu	Tomohon Utara	12,8	0,33	44,0	0,67	-	0	0,400
6	Kakaskasen	Tomohon Utara	19,5	0,33	0	0	-	0	0,132
7	Kinilow	Tomohon Utara	4,5	0,33	35,6	0,67	-	0	0,400
8	Kinilow Satu	Tomohon Utara	81,6	1,00	25,7	0,67	-	0	0,668
9	Tinoor Satu	Tomohon Utara	-	0	105,0	1,00	-	0	0,400
10	Tinoor Dua	Tomohon Barat	-	0	0	0	-	0	0
11	Woloan Satu	Tomohon Barat	-	0	0,1	0,33	-	0	0,132
12	Woloan Satu Utara	Tomohon Barat	-	0	55,7	0,67	-	0	0,268
13	Woloan Dua	Tomohon Barat	-	0	34,8	0,67	-	0	0,268
14	Woloan Tiga	Tomohon Barat	-	0	0,6	0,33	-	0	0,132
15	Taratara	Tomohon Barat	202,3	1,00	35,4	0,67	-	0	0,668
16	Taratara Satu	Tomohon Barat	51,7	1,00	71,8	0,67	-	0	0,668
17	Taratara Dua	Tomohon Barat	76,0	1,00	212,5	1,00	-	0	0,800
18	Taratara Tiga	Tomohon Barat	-	0	90,4	1,00	-	0	0,400

Sumber: Penulis, 2018

Dari hasil analisis diatas kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan tertinggi yaitu kelurahan Taratara Dua dengan nilai 0,800, sedangkan kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan terendah yaitu kelurahan Tinoor Dua dengan nilai 0,000.



Gambar 7. Peta Indeks Kerentanan Lingkungan Kota Tomohon  
Sumber: Penulis, 2018



Gambar 8. Peta Indeks Kerentanan Letusan Gunungapi Lokon di Kota Tomohon  
Sumber: Penulis, 2018

### Analisis Tingkat Kerentanan Letusan Gunungapi Lokon di Kota Tomohon

Tingkat kerentanan letusan gunung api merupakan suatu perhitungan yang menggabungkan hasil perhitungan nilai indeks kerentanan fisik (IKF), indeks kerentanan sosial (IKS), indeks kerentanan ekonomi (IKE) dan indeks kerentanan lingkungan sesuai (IKL). Berikut hasil perhitungan indeks kerentanan letusan Gunung api Lokon di Kota Tomohon dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 11. Indeks Kerentanan Lingkungan Kota Tomohon

Nama Kelurahan	Nilai Kerentanan	Kelas Kerentanan
1	2	3
Kayawu	7,519605	Tinggi
Wailan	7,310016	Tinggi
Kakaskasen Tiga	6,048844	Rendah
Kakaskasen Dua	7,263238	Tinggi
Kakaskasen Satu	7,473465	Tinggi
Kakaskasen	6,704216	Sedang
Kimilow	6,756345	Sedang
Kinilow Satu	7,630623	Tinggi
Tinoor Satu	7,262940	Tinggi
Tinoor Dua	6,709011	Sedang
Woloan Satu	6,421192	Sedang
Woloan Satu Utara	6,521875	Sedang
Woloan Dua	7,026965	Tinggi
Woloan Tiga	5,728283	Rendah
Taratara	6,717781	Sedang
Taratara Satu	6,448688	Sedang
Taratara Dua	6,950453	Sedang
Taratara Tiga	7,155513	Tinggi

Sumber: Penulis, 2018

Dari hasil analisis diatas 3 (tiga) kelurahan yang termasuk klasifikasi kerentanan tertinggi yaitu kelurahan Kinilow Satu 7,630623, kelurahan Kayawu 7,519605 dan kelurahan Kakaskasen Satu 7,473465. Berikut gambar visualisasi peta kerentanan letusan gunung api:

### Rekomendasi – rekomendasi Penanganan di Kawasan Tingkat Kerentanan Tinggi

Berdasarkan analisis tingkat kerentanan atau peta indeks kerentanan letusan Gunung api Lokon per kelurahan di Kota Tomohon, maka perlu diambil langkah-langkah atau arahan penanggulangan sebagai upaya dalam melakukan mitigasi bencana dilihat dari hasil indeks kerentanan khususnya pada kelurahan-kelurahan dengan tingkat kerentanan tinggi.

Sebagian besar kelurahan yang masuk dalam kelurahan tingkat kerentanan tinggi memiliki nilai yang tinggi pada skor Rumah, skor Kepadatan Penduduk, Rasio Kelompok Umur Rentan dan kawasan Hutan. Rekomendasi – rekomendasi penanganan/mitigasi awal yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Membatasi pembangunan rumah di kawasan rentan letusan gunung api, salah satunya fisik bangunan berupa permanen sebagai salah satu upaya menekan indeks kerugian rupiah rumah.
2. Pengaturan ruang permukiman pada kelurahan-kelurahan dengan kepadatan tinggi sebagai salah satu upaya untuk mengurangi kepadatan pada suatu daerah dengan usaha-usaha seperti relokasi permukiman pada daerah-daerah dengan tingkat kerentanan kepadatan penduduk rendah.
3. Penekanan pertumbuhan penduduk di kawasan rentan letusan gunung api, salah satunya dengan penekanan angka kelahiran dengan melakukan

sensus dan sosialisasi program Keluarga Berencana (2 anak lebih baik) sebagai upaya untuk mengurangi tingginya nilai kelompok umur rentan dari usia muda.

4. Perlindungan dan Pengelolaan kawasan hutan alam, hutan lindung dan semak belukar di kawasan rentan letusan gunung api sebagai salah satu upaya mengurangi indeks kerugian dari aspek ekologi/ lingkungan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan tujuan dari penelitian pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Untuk analisis kerentanan bencana Gunung api Lokon di Kota Tomohon yang ditinjau dari hasil perhitungan aspek-aspek kerentanan fisik, kerentanan sosial, kerentanan ekonomi dan kerentanan lingkungan dibagi atas 3 (tiga) kelas yaitu kelas kerentanan rendah meliputi 2 kelurahan (Kelurahan Kakaskasen Tiga dan Woloan Tiga), kelas kerentanan sedang meliputi 8 kelurahan (Kelurahan Kakaskasen, Kinilow, Tinoor Dua, Woloan Satu, Woloan Satu Utara, Taratara, Taratara Satu dan Taratara Dua) dan kelas kerentanan tinggi meliputi 8 kelurahan (Kelurahan Kayawu, Wailan, Kakaskasen Dua, Kakaskasen Satu, Kinilow Satu, Tinoor Satu, Woloan Dua dan Taratara Tiga). Sehingga 8 kelurahan dari 18 kelurahan dengan tingkat kerentanan tinggi diharapkan memiliki kapasitas daerah yang baik dalam hal kesiapsiagaan terhadap dampak bencana.
2. Hasil analisis indeks kerentanan letusan Gunung api Lokon di Kota Tomohon untuk 8 (delapan) kelurahan dengan tingkat kerentanan tinggi dilakukan usulan/ rekomendasi penanganan yang ditujukan untuk Pemerintahan Kota Tomohon terkait pertimbangan perencanaan dan pengembangan mitigasi bencana berdasarkan aspek Kerentanan Fisik, Sosial, Ekonomi dan Lingkungan.

### SARAN

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas dan rekomendasi-rekomendasi yang diberikan pada analisis kerentanan, maka penulis mengeluarkan saran-saran sebagai berikut kepada pemerintah Kota Tomohon sebagai pihak berwenang yang menjadi prioritas untuk dilakukan sebagai langkah awal dalam memitigasi bencana letusan Gunung api Lokon yaitu:

1. Melakukan edukasi publik dari instansi Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (Bkkbn) Kota Tomohon terkait Pengadaan sosialisasi melalui pemaparan langsung atau melalui media kertas maupun media internet tentang Keluarga Berencana (2 anak lebih baik) sebagai upaya menekan angka kelahiran untuk pengurangan risiko kelompok umur rentan terpapar dampak letusan.
2. Melakukan pengaturan terhadap pembangunan di kawasan rentan bencana dari instansi Kantor PTSP Kota Tomohon untuk memperketat persyaratan Izin Mendirikan Bangunan (IMB) sebagai upaya mengurangi indeks kerugian dari kerentanan fisik.
3. Penguatan konservasi hutan lindung dari instansi Dinas Kehutanan Kota Tomohon sebagai upaya pengelolaan dan perlindungan terhadap kawasan hutan lindung sebagai upaya untuk mengurangi indeks kerugian dari kerentanan lingkungan.

Saran-saran terhadap aspek kerentanan ekonomi tidak dilakukan dikarenakan hasil perhitungan menunjukkan aspek tersebut tidak memiliki pengaruh terhadap indeks kerentanan Gunung api Lokon di kelurahan-kelurahan dengan IKLGA tinggi.

Salah satu saran utama dari penulis juga terkait pedoman metodologi perhitungan kerentanan fisik, dimana untuk perhitungan nilai rupiah kerugian bangunan disamaratakan dengan tidak membedakan klasifikasi KRB dari peta ancaman di kawasan terdampak bencana. Serta dilakukannya pembuatan penelitian lebih lanjut terhadap Analisis Kapasitas dan Analisis Risiko Bencana untuk skala

pembahasan per-kelurahan dan bisa diperoleh data tingkat risiko bencana di wilayah terdampak Gunung api Lokon di Kota Tomohon. Sehingga diharapkan hasil analisis kerentanan penelitian ini berguna untuk analisis penelitian selanjutnya. Hal ini dilakukan agar rekomendasi mitigasi bencana yang dihasilkan bisa lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Pengenalan Gunungapi*. Badan Geologi: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Anonim. 2016. *Buku Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Awotona, Adenrele. 1997. *Reconstruction After Disaster: Issues and Practices*. Aldershot: Ashgate.
- Djalil, Apriska. 2015. *Evaluasi Peruntukan Lahan dan Pemetaan Zonasi Tingkat Risiko Bencana Letusan Gunung Api Gamalama Di Kota Ternate (Studi Kasus: Gunung Api Gamalama, Kota Ternate)*. Volume 2, No.3. Jurnal Spasial. Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Rahman, Ruddy. 2010. *Identifikasi Tingkat Risiko Bencana Gunungapi Serta Arahan Mitigasi Bencana di Wilayah Kota Ternate*. Jurusan Teknik Planologi. Universitas Pasundan.
- Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Rogi, Octavianus. 2017. *Peta Kebencanaan: Urgensi dan Manfaatnya*. Volume 14, No.3. Media Matrasain. Jurusan Arsitektur. Fakultas Teknik. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- UNDP. 1992. *Tinjauan Umum Manajemen Bencana*. Program Pelatihan