

# Pemetaan Multi Risiko Bencana Bagi Perencanaan Penyediaan Infrastruktur Mitigasi Di Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Palabuhanratu

*Multi Risk Disaster Mapping For Planning In The Provision Of Mitigation Infrastructure In Amphitheater Area Of Geopark Ciletuh-Palabuhanratu*

Nour Chaidir<sup>1</sup>, Hilwati Hindersah<sup>1</sup>, Ery Supriyadi Rustidja<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Islam Bandung

<sup>2</sup>Universitas Koperasi Indonesia

E-mail: nourchaidir@gmail.com

Diterima 12 Januari 2024/Disetujui 30 Juni 2024

**Abstrak.** Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Palabuhanratu yang tersusun akibat tumbukan lempeng Indo-Australia dan lempeng Benua Eurasia memiliki kerawanan gempa, pergerakan tanah, dan tsunami. Karena adanya beberapa ancaman bahaya dalam satu Kawasan tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang mempertimbangkan lebih dari satu bahaya di tempat tertentu dan keterkaitan di antara bahayanya, termasuk kejadian simultan atau kumulatif dan interaksi potensialnya. Dengan demikian, diperlukan pemetaan dan penentuan skala prioritas bagi perencanaan penyediaan infrastruktur mitigasi melalui pendekatan multi risiko bencana. Studi ini menerapkan pendekatan kuantitatif menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk analisis spasial dan analisis hubungan untuk memetakan tingkat bahaya, kerentanan, tingkat risiko, dan risiko multi ancaman yang ada di lokasi penelitian, serta analisa skenario tingkat risiko yang di mitigasi dalam penyediaan infrastruktur mitigasi. Hasil analisis mengindikasikan: 1) dari 9 ancaman bencana terdapat 6 ancaman bencana yang memiliki tingkat Risiko Multi Ancaman yang tinggi, 2) tingkat risiko yang dimitigasi (skala prioritas) dalam penyediaan infrastruktur mitigasi, adalah: bencana gempa bumi, tsunami, banjir, cuaca ekstrem, banjir bandang, tanah longsor, gelombang ekstrem dan abrasi, kekeringan, dan kebakaran hutan dan lahan, 3) Sistem proteksi (mitigasi struktural) prasarana mitigasi bencana berupa: a) meningkatkan infrastruktur hijau, b) penyediaan infrastruktur mitigasi hadapi dan mitigasi hindari.

**Kata Kunci:** Multi Risiko Bencana; Pemetaan; Penyediaan Infrastruktur; Mitigasi

**Abstract.** The Ciletuh-Palabuhanratu Geopark Amphitheater area which is composed by the collision of the Indo-Australian plate and the Eurasian plate is prone to earthquakes, ground movements, and tsunamis. Due to the presence of multiple hazard threats in a single Area, an approach is needed that takes into account more than one hazard in a given location and the interrelationships between the hazards, including their simultaneous or cumulative occurrences and their potential interactions. Thus, it is necessary to map and determine the priority scale for planning the provision of mitigation infrastructure through a multi-disaster risk approach. This study applies a quantitative approach using Geographic Information Systems (GIS) for spatial analysis and connection analysis to map the level of hazard, vulnerability, risk level, and multi-threat risk in the research location, as well as scenario analysis of the level of risk that is mitigated in providing mitigation infrastructure. The results of the analysis indicate: 1) Of 9 disaster threats, there are 6 disaster threats that have a high level of Multi Threat Risk, 2) Mitigation risk level (priority scale) in the provision of mitigation infrastructure, namely: earthquakes, tsunamis, floods, weather extreme floods, landslides, extreme waves and abrasion, drought, and forest and land fires. 3) Protection system (structural mitigation) for disaster mitigation infrastructure in the form of: a) increasing green infrastructure, b) providing mitigation infrastructure, namely mitigating to face and mitigate to avoid.

**Keywords:** Multi Disaster Risk; Mapping; Infrastructure Provision; Mitigation



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

## Pendahuluan

Manusia sebagai khalifah di muka bumi yang dibekali akal pikir, juga dibekali kemampuan untuk mengetahui tanda-tanda alam dari berbagai sudut pandang ilmu dan pengetahuan. Tanda-tanda alam merupakan suatu

peringatan agar selalu mengambil pelajaran, waspada dan tetap berserah diri kepada Allah SWT, seperti dijelaskan dalam Al-Qur'an Surah Shad (38:29) dan Al Hadid (57:22) berikut:

كِتَابٌ أَنْزَلْنَاهُ إِلَيْكَ مُبَارَكٌ لِيَدَّبَّرُوا آيَاتِهِ وَلِيَتَذَكَّرَ أُولُو الْأَلْبَابِ

Artinya: Ini adalah sebuah kitab yang Kami turunkan kepadamu penuh dengan berkah supaya mereka memperhatikan ayat-ayatnya dan supaya mendapat pelajaran orang-orang yang mempunyai fikiran. (Al-Qur'an, Surah Shad (38): Ayat 29)

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي أَنْفُسِكُمْ إِلَّا فِي كِتَابٍ مِنْ قَبْلِ أَنْ نَبْرَأَهَا إِنَّ ذَلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ

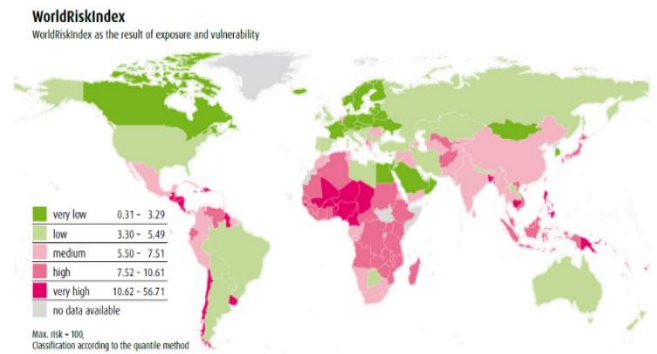
Artinya: Setiap bencana yang menimpa di bumi dan yang menimpa dirimu sendiri, semuanya telah tertulis dalam Kitab (Lauh Mahfuzh) sebelum Kami mewujudkannya. Sungguh, yang demikian itu mudah bagi Allah. (Al-Qur'an, Surah Al Hadid (57); Ayat 22)

Ayat diatas menjelaskan, manusia dibekali akal agar mampu menjaga dan melestarikan bumi dan memperhatikan proses gerak alam yang terjadi. Bencana itu sendiri sudah menjadi bagian dokumen ciptaan Tuhan Alam Semesta. Menurut UU RI Nomor 24 tahun 2007, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Untuk ini manusia dapat melakukan upaya mitigasi terhadap kawasan yang memiliki potensi dan/atau rentan terhadap risiko terjadinya bencana.

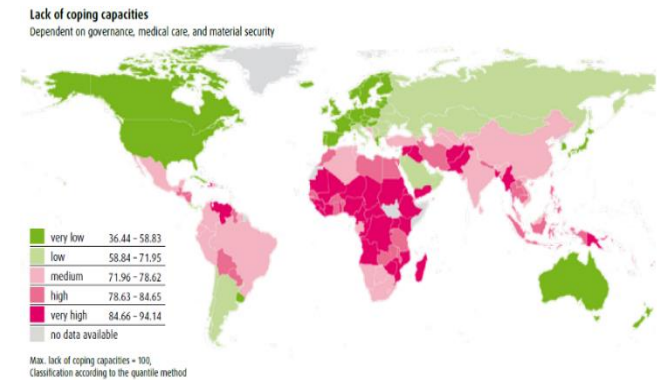
Menurut BNPB, wilayah Indonesia merupakan zona pertemuan dan tumbukan tiga lempeng utama bumi, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik (Risiko Bencana Indonesia (RBI) BNPB, 2016). Hal ini yang menggambarkan Indonesia sebagai kawasan tektonik yang aktif dan kompleks yang memiliki potensi terhadap bencana hidrometeorologis yang dipicu oleh perubahan iklim global, diantaranya: gempa bumi dan longsor, banjir, kebakaran hutan dan lahan, cuaca dan iklim ekstrim, kekeringan, gelombang ekstrim/gelombang laut dan abrasi, tsunami, serta letusan gunung api.

Indonesia dikategorikan sebagai negara dengan tingkat risiko bencana yang tinggi dan semakin penting melakukan langkah-langkah mitigasi dan adaptasi terhadap risiko bencana untuk mengurangi tingkat keterpaparan (*exposure*), kerentanan (*vulnerability*), dan kerawanan (*susceptibility*). World Risk Index 2019 Overview mengkategorikan Indonesia masih kurangnya kemampuan mengatasi (*lack of coping capacities*) dan kurangnya kemampuan adaptasi (*lack of adaptive capacities*) terhadap risiko bencana, sebagaimana yang diperlihatkan dalam Gambar 1., Gambar 2. dan Gambar 3. berikut ini.

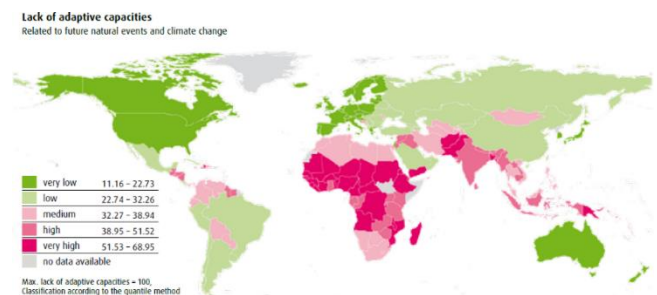
Dalam mengupayakan perencanaan berbasis Pengurangan Risiko Bencana (PRB), kasus yang diangkat dalam penelitian ini adalah Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Palabuhanratu yang telah ditetapkan menjadi Kawasan Unesco Global Geopark Ciletuh-Palabuhanratu (UGGCP). Kawasan ini memiliki bentuk lansekap berbentuk setengah lingkaran seperti tapal kuda yang mengarah ke Teluk Ciletuh, dengan diameter ± 15 Km. Bentuk tersebut disebut sebagai “Amfiteater (teater alam terbuka)” (Rosana, 2018).



**Gambar 1.** Indeks Risiko Dunia Akibat Eksposur dan Kerentanan (World Risk Report, 2019)

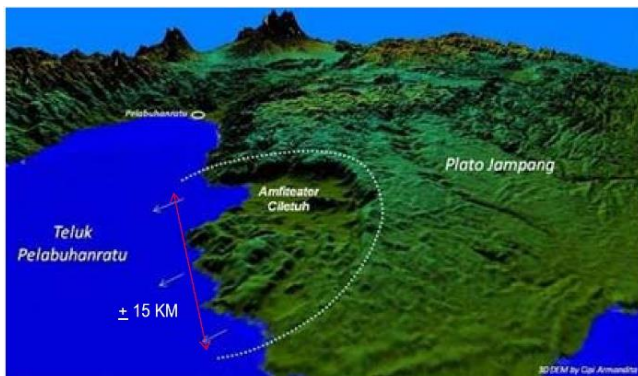


**Gambar 2.** Kurangnya Kapasitas Mengatasi karena Ketergantungan pada Tata Kelola, Perawatan Medis dan Keamanan Material (World Risk Report, 2019)



**Gambar 3.** Kurangnya Kapasitas Adaptif Terhadap Peristiwa Alam di Masa Depan dan Perubahan Iklim (World Risk Report, 2019)

Data diatas, menunjukkan Indonesia masih memiliki GAP yang sangat tinggi antara risiko bencana dengan kemampuan mengatasi dan kemampuan adaptasi dalam mengurangi tingkat keterpaparan bencana. Dalam *Journal of risk Research*, Carpignano, et al (2009) menjelaskan bahwa “The elaboration of multi-risk maps is at the heart of this risk-management process. We consider the definition of vulnerability maps that can express the consequences of hazards, as well as their appreciation by stakeholders and their relevance for the decision-making process—one of the most important issues in improving and developing the interpretation of multiple risks at different scales” (Carpignano et al, 2009).



**Gambar 4.** Lokasi Wilayah Penelitian (Rosana, 2018)

Bentang alam Geopark Ciletuh-Palabuhanratu bermula dari proses kejadian tektonik selama puluhan juta tahun. Ujung barat daya Plateu ini mengalami struktur keruntuhan gravitasi dan diyakini merupakan morfologi Amfiteater terbesar di Indonesia yang tersusun akibat tumbukan dari lempeng Indo-Australia dengan lempeng Benua Eurasia. Kawasan amfiteater ini dikenal memiliki rawan gerakan tanah dan bencana tsunami (Hindersah et al, 2017). Potensi kejadian tsunami sangat membahayakan karena lokasi penelitian berada di wilayah pesisir pantai disertai Kawasan Amfiteater sangat dekat dengan kawasan rawan gempa bumi (tektonik). Dampak yang dapat ditimbulkan akibat bencana tsunami sangatlah besar, yaitu dapat berupa kematian, kehilangan harta benda, kehancuran sarana dan prasarana khususnya di daerah pesisir pantai, menimbulkan gangguan ekonomi dan bisnis, bahkan dapat

mengganggu keadaan psikologis (*traumatic*) masyarakat (Pratomo & Rudiarto, 2013).

Dengan demikian diperlukan suatu upaya pembangunan dengan menerapkan pengurangan risiko bencana. Upaya pengembangan Amfiteater yang memiliki potensi multi risiko bencana harus melalui konsep adaptasi transformasi keberlanjutan dan resiliensi (Ery Supriyadi R. dkk, 2020), salah satunya dengan menjadikan kawasan ini memiliki konsep sistem proteksi pengurangan risiko bencana melalui peningkatan ruang-ruang infrastruktur hijau dan sistem proteksi melalui pembangunan infrastruktur mitigasi dasar. Pendekatan penelitian ini dilakukan melalui identifikasi konteks multi risiko bencana pada suatu wilayah/kawasan untuk bisa melakukan tindakan preventif yang lebih baik. Adapun tujuan penelitian adalah memetakan multi risiko bencana di Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Palabuhanratu dan menetapkan skala prioritas bagi rencana penyediaan infrastruktur mitigasi pada kawasan.

Melalui pemetaan multi risiko bencana bagi perencanaan penyediaan infrastruktur mitigasi pada Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Palabuhanratu, diharapkan mampu menghadapi permasalahan dan tantangan di masa depan terkait kawasan yang memiliki ancaman multi risiko bencana melalui perwujudan ruang yang berbasis Pengurangan Risiko Bencana (PRB). Selain itu, upaya pemetaan multi risiko bencana dan penyediaan infrastruktur mitigasi dilakukan dalam rangka menjaga kelestarian situs Geopark yang ada pada Kawasan Amfiteater.

Adapun beberapa hasil penelitian yang setema dapat dilihat dalam Tabel 1. berikut ini:

**Tabel 1.** Kajian Penelitian Setema

No.	Judul, Tahun, Wilayah, Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian dan Pendekatan	Metode Analisis	Variabel Penelitian
1.	Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi (Oktariadi, 2009)	Pemetaan Peringkat Bahaya Tsunami	Kuantitatif	Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP), Pembobotan dan Overlay (Arc.GIS)	Indikator Bahaya Tsunami: 1. Landaan (Run Up) 2. Kelerengan Pantai, 3. Kekasaran Pantai, 4. Intensitas Gempa Bumi
2.	<i>Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries</i> (Alcántara-Ayala, 2002)	Mengetahui tingkat kejadian Geomorfologi pencegahan alam di berkembang	Deskriptif	<i>Historical study</i> untuk bencana di negara berkembang.	1. Data Kejadian Jenis Bencana, 2. Data Korban akibat bencana, 3. Data tingkat kerusakan,
3.	<i>Geomorphological mapping for the valorization of the alpine environment. Methodological proposal tested in the Loana Valley (Sesia Val Grande Geopark, Western Italian Alps)</i> (Bollati et al., 2017)	Menyusun metodologi pembuatan peta morfologi yang sederhana di Kawasan Geopark untuk tujuan geokonservasi dan pendukung di bidang pendidikan.	Kuantitatif, Field survey,	Quantitative Evaluation (numeric assessment, ranking, comparison wit GR), Overlay (Arc.Gis)	1. Peta Topografi 2. Peta Geomorfologi, 3. Peta bahaya erosi, 4. Peta potensi wisata Geopark (Geomorphosites, Geotrails, hiking path).



<p>4. Indeks Ancaman Gerakan Tanah dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata-an di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli (Sinarta, 2016)</p>	<p>Menyusun peta ancaman bencana gerakan tanah, yang sangat diperlukan sebagai upaya pengurangan risiko bencana longsor.</p>	<p>Kuantitatif - Deskriptif</p>	<p>Analytic Hierarchy Process (AHP), Overlay (Arc.GIS)</p>	<p>1. Kemiringan lereng, 2. Tata air lereng, dan 3. Litologi batuan</p>
<p>5. Aplikasi Pemetaan Multi Risiko Bencana Di Kabupaten Banyumas Menggunakan Open Source Software GIS (Gunadi et al., 2015)</p>	<p>Melakukan pemetaan multi risiko bencana banjir dan tanah longsor sebagai upaya mitigasi bencana di Kabupaten Banyumas. Mengetahui kapasitas / ketahanan yang ada di wilayah Kabupaten Banyumas terhadap ancaman banjir dan tanah longsor</p>	<p>Kuantitatif Deskriptif</p>	<p>Overlay menggunakan aplikasi Quantum GIS (QGIS)</p>	<p>Banjir 1. Zona Banjir Umum, 2. Curah Hujan, 3. Ketinggian, 4. Penggunaan Lahan  Longsor 1. Kelerengan, 2. Curah Hujan, 3. Geologi, 4. Penggunaan Lahan</p>

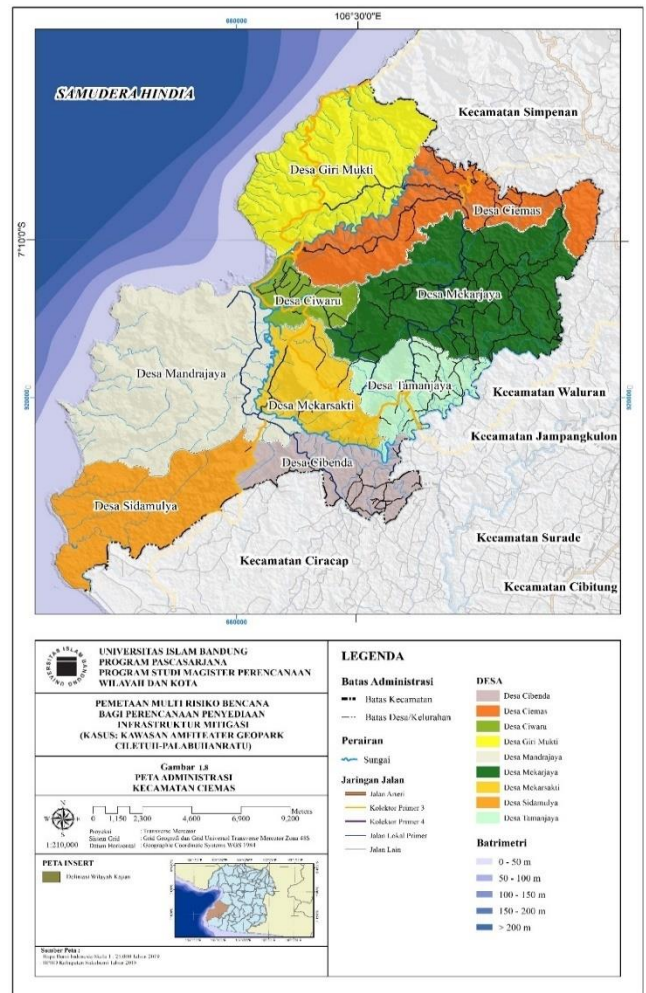
Adapun aspek keterbaharuan dari penelitian ini, lihat pada Tabel 2. berikut ini.

**Tabel 2.** Keterbaharuan Penelitian

No.	Kebaharuan Penulis
1.	Mengkaji multi risiko bencana pada kawasan secara komprehensif (terdapat 9 jenis ancaman bencana yang terdapat di wilayah studi).
2.	Analisis Kerentanan ( <i>vulnerability</i> ) dilakukan menggunakan data citra satelite skala 1 : 5.000 yang di olah menjadi peta tutupan lahan.
3.	Analisis kapasitas ( <i>capacity</i> ) dilakukan secara langsung (survai lapangan) untuk mengetahui tingkat kapasitas desa dalam menghadapi multi risiko bencana.
4.	Indikator yang diteliti adalah: ancaman bahaya, kerentanan penduduk, kerentanan sosial, kerentanan ekonomi, kerentanan lingkungan, kapasitas dan risiko pada 9 jenis bencana.
5.	Pemetaan Multi Risiko Bencana dilakukan untuk memperoleh hasil analisa bagi perencanaan penyediaan infrastruktur mitigasi.
6.	Hasil akhir penelitian berupa strategi penyediaan infrastruktur mitigasi kawasan yang memiliki potensi ancaman multi risiko dalam upaya Pengurangan Risiko Bencana (PRB).

## Metode Penelitian

Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Pelabuhanratu terletak di Kecamatan Ciemas, Kabupaten Sukabumi. Kawasan Amfiteater ini dikenal dengan “Zona Subduksi” area singkapan batuan pra-tercier. Secara administratif Kecamatan Ciemas berbatasan dengan Kecamatan Simpenan, Kecamatan Waluran, Kecamatan Ciracap. Di sisi Barat berhadapan dengan Samudera Hindia.



**Gambar 5.** Peta Administrasi Wilayah Studi

Di Kabupaten Sukabumi, terdapat 7 (tujuh) identifikasi jenis bencana dan penamaan bencana sesuai data DIBI, yaitu; banjir, tanah longsor, gelombang ekstrim dan abrasi, puting beliung, kekeringan, kebakaran hutan dalahan serta gempa bumi dalam rentang tahun 1830-2017. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3.** Sejarah Kejadian Bencana di Kabupaten Sukabumi Tahun 1830-2017 (DIBI) (Sukabumi, 2018)

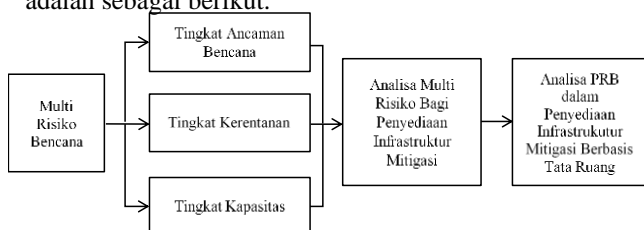
No.	Jenis Bencana	Jumlah Kejadian	Korban (Jiwa)			Rumah (Unit)				Kerusakan (Unit)		
			Meninggal & Hilang	Luka Luka	Menderita & Mengungsi	Rusak Berat	Rusak Sedang	Rusak Ringan	Terendam	Fasilitas Kesehatan	Fasilitas Peribadatan	Fasilitas Pendidikan
1	Banjir	34	17	12	9.119	1.261	588	3.091	2.099	1.000	11	7
2	Tanah Longsor	144	67	38	5.963	819	366	605	0	4	17	9
3	Gelombang Pasang/Abrasi	3	0	1	646	102	0	44	0	0	0	0
4	Puting Beliung	84	0	58	1.807	439	359	3.369	0	2	8	25
5	Kekeringan	20	0	0	16.842	0	0	0	0	0	0	0
6	Kebakaran Hutan dan Lahan	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Gempa Bumi	7	2	16	1.489	723	250	25.290	0	0	803	291
	Jumlah	315	86	125	35.866	3.344	1.563	32.399	2.099	1.006	839	332

Total kejadian bencana dari tahun 1830-2017 di Kabupaten Sukabumi yaitu sebanyak 315 kali dengan dampak kejadian bencana meliputi: korban jiwa, kerugian dan kerusakan fisik, dan kerugian ekonomi. Dari 14 jenis ancaman bencana, terdapat 9 potensi ancaman multi risiko bencana di Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh Palabuhanratu. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

**Tabel 4.** Jenis Ancaman Bencana di Lokasi Penelitian (inventaris data penulis, 2021)

No.	Jenis Ancaman Bencana	Keterangan	
		Ada	Tidak
1.	Banjir	√	
2.	Banjir Bandang *)	√	
3.	Cuaca Ekstrim	√	
4.	Gelombang Ekstrim dan Abrasi	√	
5.	Gempa Bumi	√	
6.	Kebakaran Hutan dan Lahan	√	
7.	Kekeringan	√	
8.	Letusan Gunung Api (Gn. Gede/Gn. Salak)		√
9.	Tanah Longsor	√	
10.	Tsunami	√	
11.	Kebakaran Gedung dan Permukiman		√
12.	Kegagalan Teknologi		√
13.	Konflik Sosial		√
14.	Epidemi dan Wabah Penyakit		√

Adapun kerangka metodologi pemetaan multi risiko bencana bagi perencanaan penyediaan infrastruktur mitigasi adalah sebagai berikut.



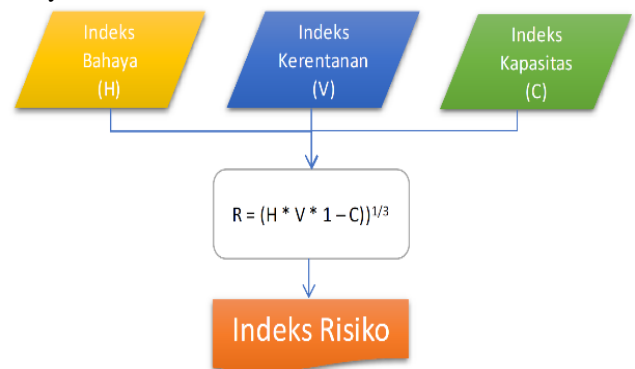
**Gambar 6.** Kerangka Konseptual Pemetaan Multi Risiko Bencana Bagi Perencanaan Penyediaan Infrastruktur Mitigasi

Pengkajian pemetaan multi risiko bencana disusun berdasarkan indeks ancaman yang diukur melalui metode kuantitatif untuk semua jenis terdampak (Perka BNPB No. 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, 2012). Analisis pemetaan multi risiko bencana menggunakan analisis semi-kuantitatif melalui Teknik pembobotan dan nilai-nilai indeks dan selanjutnya dilakukan proses *overlay* menggunakan aplikasi *Geographic Information System* (GIS).

Selain itu, metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif melalui teknik pengumpulan data (observasi lapangan) terhadap data kapasitas mitigasi bencana di masing-masing desa. Teknik pengumpulan sampel penelitian menggunakan metode *purposive sampling* di lapangan untuk menguatkan hasil pengolahan data dengan kondisi eksisting di lapangan.

1) Analisis Risiko Bencana

Peta Risiko Bencana dilakukan melalui teknik *overlay* terhadap Peta Ancaman, Peta Kerentanan dan Peta Kapasitas. Peta Risiko Bencana disusun terhadap masing-masing bencana yang memiliki potensi mengancam di suatu wilayah/daerah/kawasan.



**Gambar 7.** Metode Perhitungan Risiko Bencana

2) Rekapitulasi Tingkat Risiko Bencana

Hasil rekapitulasi tingkat risiko bencana sebagai alat pengambilan keputusan (komposit menjadi dekomposit)

dalam penentuan simpulan multi risiko bencana dari data tingkat Risiko tertinggi.

3) Analisis Peta Risiko Multi Ancaman

Peta risiko multi ancaman dihasilkan melalui penjumlahan indeks-indeks risiko yang dilakukan pembobotan terhadap faktor-faktor dari masing-masing ancaman.

4) Analisis Skenario Tingkat Risiko Yang Dimitigasi

Analisis skenario tingkat risiko yang di mitigasi didasarkan pada hasil simpulan analisis tingkat risiko bencana di lokasi penelitian yang menunjukkan informasi dalam satu desa terdapat beberapa multi risiko bencana yang mungkin terjadi.

5) Analisis PRB Dalam Penyediaan Infrastruktur Mitigasi Berbasis Tata Ruang

Analisis skenario tingkat risiko yang di mitigasi merupakan skenario Pengurangan Risiko Bencana (PRB) diperlukan perencanaan mitigasi bencana untuk meminimalisir risiko ancaman bencana, khususnya pada kawasan/daerah yang memiliki kelas risiko tinggi.

6) Analisis Sistem Proteksi (Mitigasi Struktural) Sistem Prasarana Mitigasi

Sistem proteksi guna meningkatkan peran struktur ruang di kawasan rawan bencana dengan menggunakan mitigasi struktural lainnya. Sistem prasarana mitigasi bencana diperlukan untuk meminimalisir pengurangan bahaya bencana, melingkupi semua jenis bahaya yang ada di dalam suatu kawasan.

7) Konsepsi Adaptasi Transformasi Keberlanjutan dan Resiliensi

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan terhadap risiko, analisis risiko multi ancaman, analisis Pengurangan Risiko Bencana (PRB) dalam penyediaan infrastruktur mitigasi, maka diperlukan suatu konsep adaptasi transformasi keberlanjutan dan resiliensi.

## Hasil dan Pembahasan

### a. Analisis Risiko Bencana

Berdasarkan hasil analisis risiko bencana, diperoleh masing-masing kondisi kebencanaan yang menunjukkan data multi risiko bencana secara komposit menjadi dekomposit seperti pada tabel berikut ini.

**Tabel 5.** Tabel Simpulan Akhir Tingkat Risiko Bencana di Kecamatan Ciemas (hasil analisis, 2021)

Desa	Banjir	Banjir Bandang	Cuaca Ekstrim	Gelombang & Abrasi	Gempa Bumi	Karla-Hut	Keke-Ringan	Tanah Longsor	Tsunami
<b>Cibenda</b>	Rendah	Tinggi	Sedang	-	Tinggi	-	Rendah	Rendah	Rendah
<b>Ciemas</b>	Tinggi	Tinggi	Sedang	-	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
<b>Ciwaru</b>	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi	-	Rendah	Rendah	Tinggi
<b>Girimukti</b>	Tinggi	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi	-	Rendah	Sedang	Tinggi
<b>Mandrajaya</b>	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Tinggi
<b>Mekarjaya</b>	Rendah	Tinggi	Sedang	-	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Tinggi
<b>Mekarsakti</b>	Rendah	Rendah	Sedang	-	Tinggi	-	Rendah	Rendah	Tinggi
<b>Sidamulya</b>	Rendah	-	Sedang	Sedang	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
<b>Tamanjaya</b>	Rendah	Tinggi	Sedang	-	Tinggi	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi

Hasil analisis menunjukkan masing-masing desa memiliki potensi multi risiko ancaman bencana, kecuali Desa Sidamulya.

### b. Rekapitulasi Tingkat Risiko Bencana

Lebih jelas mengenai rekapitulasi tingkat risiko multi ancaman bencana di lokasi penelitian lihat pada tabel berikut.

**Tabel 6.** Hasil Simpulan Akhir Multi Risiko Bencana di Kecamatan Ciemas (Hasil Analisis, 2021)

DESA	$\sum$ Ancama n	Risiko Bencana Tertinggi
Cibenda	2	Gempa Bumi, Banjir Bandang,
Ciemas	4	Gempa Bumi, Banjir, Banjir Bandang, Kebakaran Hutan
Ciwaru	4	Gempa Bumi, Banjir, Gelombang dan Abrasi, dan Tsunami
Girimukti	5	Gempa Bumi, Banjir, Banjir Bandang, Gelombang dan Abrasi, dan Tsunami
Mandrajaya	4	Gempa Bumi, Gelombang dan Abrasi, Kebakaran Hutan dan Lahan dan Tsunami
Mekarjaya	2	Gempa Bumi, Banjir Bandang dan Tsunami*)

Mekarsakti	2	Gempa Bumi dan Tsunami
Sidamulya	1	Gempa Bumi
Tamanjaya	3	Gempa Bumi, Banjir Bandang dan Tsunami

\*) Ketidaksesuaian, karena kesalahan batas administrasi

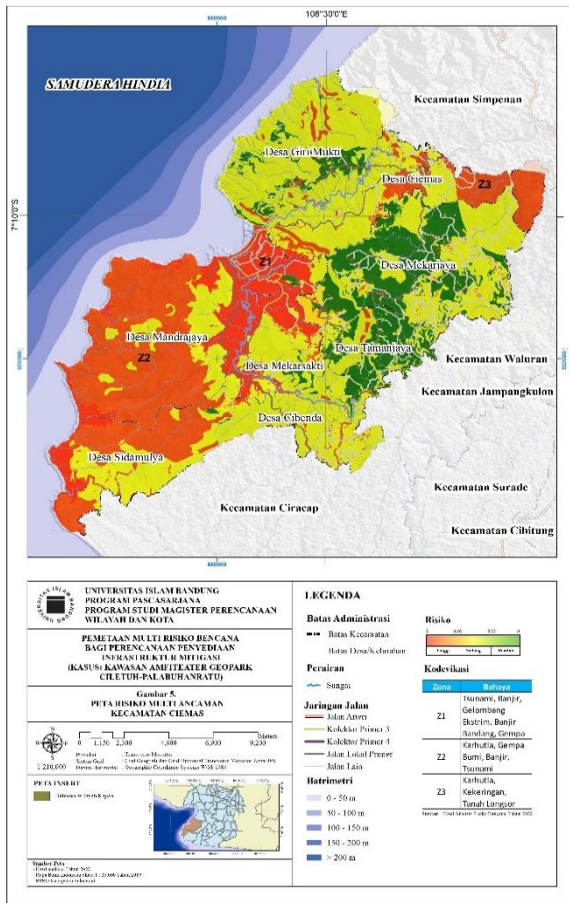
### c. Analisis Peta Risiko Multi Ancaman

Berdasarkan hasil overlay 9 (sembilan) peta risiko ancaman, maka diperoleh hasil analisis terhadap peta risiko multi ancaman di wilayah perencanaan. Data peta risiko multi ancaman menunjukkan tingkat risiko bencana di masing-masing wilayah, memiliki jenis ancaman yang berbeda dengan tingkat risiko mulai rentang rendah, sedang dan tinggi. Adapun hasil peta risiko multi ancaman yang telah diklasifikasi zona bencananya lihat pada peta berikut.

**Gambar 8.** Peta Risiko Multi Ancaman (hasil analisis, 2021)

### d. Analisis Skenario Tingkat Risiko Yang di Mitigasi

Skenario mitigasi pada lokasi penelitian diambil berdasarkan skenario nilai bobot tingkat risiko tertinggi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 7. dan Tabel 8. berikut ini.



**Tabel 7.** Skenario Tingkat Risiko Yang di Mitigasi Berdasarkan Nilai Bobot (hasil analisis, 2021)

Jenis Ancaman Bencana	Total Nilai	Skenario Tingkat Risiko Yang Di Mitigasi Berdasarkan Nilai Bobot
Banjir	100	3
Banjir Bandang	95	5
Cuaca Ekstrem	99	4
Gelombang Ekstrem dan Abrasi	64	7
Gempa Bumi	152	1
Kebakaran Hutan dan Lahan	42	9
Kekeringan	54	8
Tanah Longsor	82	6
Tsunami	125	2

**Tabel 8.** Skenario Tingkat Risiko Yang di Mitigasi Berdasarkan Jenis Ancaman (hasil analisis, 2021)

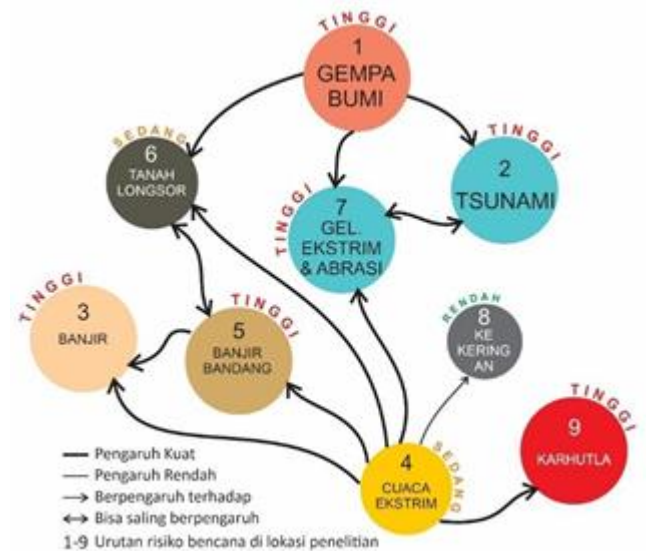
Desa	Risiko Bencana Tertinggi
Cibenda	Gempa Bumi, Banjir Bandang,
Ciemas	Gempa Bumi, Banjir, Banjir Bandang, Kebakaran Hutan
Ciwaru	Gempa Bumi, Banjir, Gelombang dan Abrasi, dan Tsunami
Girimukti	Gempa Bumi, Banjir, Banjir Bandang, Gelombang dan Abrasi, dan Tsunami

Mandrajaya	Gempa Bumi, Gelombang dan Abrasi, Kebakaran Hutan dan Lahan dan Tsunami
Mekarjaya	Gempa Bumi, Banjir Bandang dan Tsunami*)
Mekarsakti	Gempa Bumi dan Tsunami
Sidamulya	Gempa Bumi
Tamanjaya	Gempa Bumi, Banjir Bandang dan Tsunami

Catatan:

\*) Ketidaksihinggaan, karena kesalahan batas administrasi

Dari hasil analisis skenario tingkat risiko yang di mitigasi, maka diperlukan upaya Pengurangan Risiko Bencana (PRB) pada wilayah yang memiliki kelas risiko dan nilai bobot **TINGGI**. Secara analisis hubungan keterkaitan antar risiko bencana ini dapat diperoleh secara spasial yang secara sistemik saling berpengaruh atau bisa kemungkinan terjadi (multi risiko bencana dalam suatu kawasan menunjukkan saling berhubungan terhadap dampak yang mungkin akan terjadi).



**Gambar 9.** Hubungan Keterkaitan Antar Risiko Bencana di Kecamatan Ciemas (hasil analisis, 2021)

**e. Analisis PRB Dalam Penyediaan Infrastruktur Mitigasi Berbasis Tata Ruang**

Sistem prasarana mitigasi bencana yang diusulkan dalam pengurangan risiko bencana di lokasi penelitian adalah terdapat 2 sistem proteksi, yaitu:

- 1) Meningkatkan ruang-ruang infrastruktur hijau untuk menghindari risiko terhadap bencana gempa, banjir, tsunami, longsor, dan bencana lainnya. Beberapa potensi pengembangan infrastruktur hijau sebagai sistem proteksi di lokasi penelitian, adalah:
  - a) Hutan Lindung/Hutan Rimba,
  - b) Sempadan sesar aktif/*Fault* (100 meter),
  - c) Sempadan sesar anticline/syncline (20 meter)
  - d) Sempadan Pantai (100 meter),
  - e) Sempadan Sungai (50 meter), dan
  - f) Sempadan Jalan.
- 2) Rencana penyediaan infrastruktur dasar mitigasi hadapi dan mitigasi hindari, Pada sistem proteksi ini, rencana penyediaan infratruktur mitigasi dasar akan ditempatkan pada

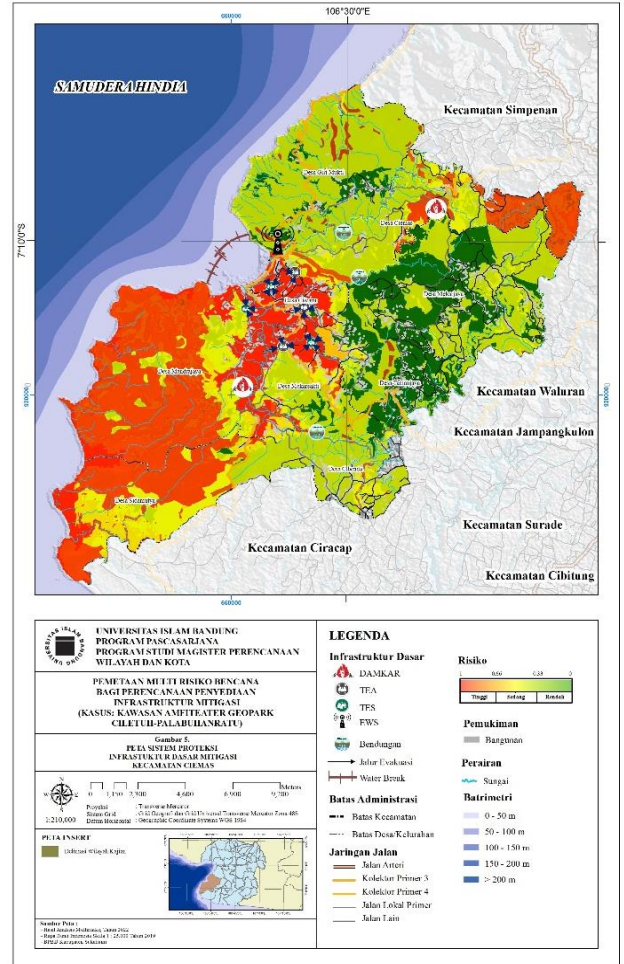
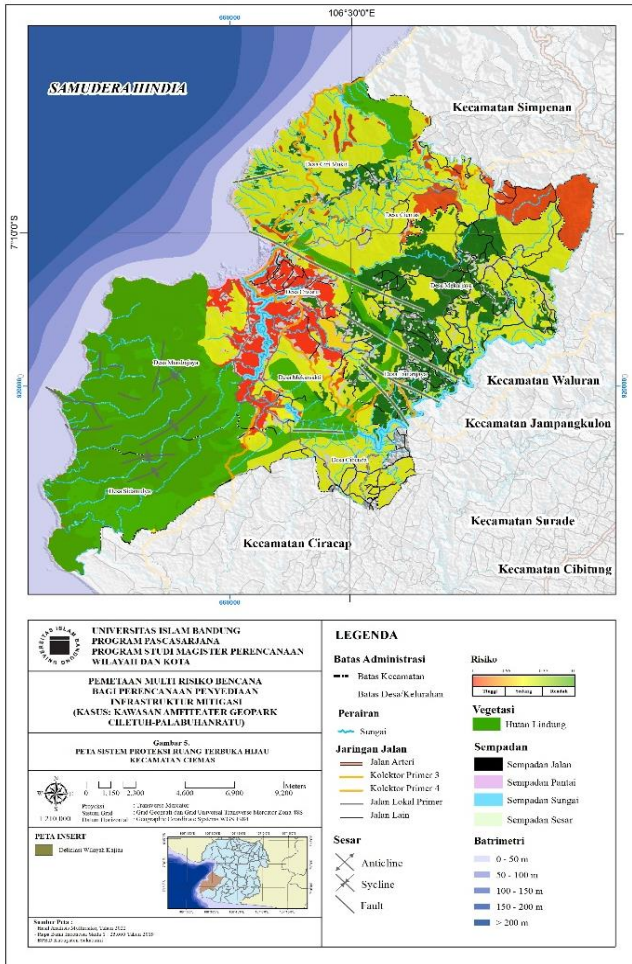


kawasan yang relatif aman untuk infrastruktur mitigasi hindari, dan menempatkan infrastruktur dasar hadapi pada daerah yang memiliki risiko yang tinggi. Pada sistem proteksi didukung dengan penyediaan Infrastruktur mitigasi dasar, diantaranya:

- a) Alat pendeteksi gempa dan tsunami (Seismograf),
- b) Tempat Evakuasi Sementara (TES)/ Bangunan tempat berlindung dari tsunami (Escape

Building/shelter) yang bisa dimanfaatkan sebagai evakuasi banjir.

- c) Tempat Evakuasi Akhir (TEA),
- d) Pos siaga pemantau,
- e) Rambu dan papan penanda bahaya tsunami,
- f) Rambu dan Jalur evakuasi, dan
- g) Pemadam Kebakaran



**Gambar 10.** Peta Sistem Proteksi Infrastruktur Hijau (hasil analisis, 2021)

**Gambar 11.** Peta Sistem Proteksi Penyediaan Infrastruktur Mitigasi Dasar (hasil analisis, 2021)

**f. Analisis Sistem Proteksi Melalui Prasarana Mitigasi (Mitigasi Struktural)**

Beberapa jenis infrastruktur yang diperlukan terhadap upaya pencegahan dan Pengurangan Risiko

**Tabel 9.** Kebutuhan Infrastruktur Dasar Mitigasi Hadapi dan Hindari Berdasarkan Skala Prioritas Tingkat Risiko Ancaman Bencana di Kecamatan Ciemas (hasil analisis, 2021)

Jenis Ancaman Bencana	Skala Prioritas	Infra-Struktur Hadapi	Infra-Struktur Hindari
Gempa Bumi	1	Sosialisasi standar kebutuhan rekayasa teknis bangunan tahan gempa, melalui: 1. Perkuatan Struktur Rumah dan Bangunan.	1. Alat pendeteksi gempa dan tsunami ( <i>Seismograf</i> ), 2. Tempat Evakuasi Sementara (TES), 3. Tempat Evakuasi Akhir (TEA), 4. Jalur evakuasi,
Tsunami	2	1. Pemecah gelombang ( <i>break water</i> ) 2. Penanaman Mangrove.	1. Bangunan tempat berlindung dari tsunami (Escape Building/shelter,



Jenis Ancaman Bencana	Skala Prioritas	Infra-Struktur Hadapi	Infra-Struktur Hindari
			2. <i>Alat pendeteksi tsunami (The Ocean-Based Tsunami Detection System) / Early Warning System (EWS)</i> 3. Pos siaga pemantau, 4. Rambu dan papan penanda bahaya tsunami,
Banjir/Banjir Bandang	3	1. Pembangunan Bangunan Pengendali Banjir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bendungan/Waduk (dam),</li> <li>• Kolam retensi</li> <li>• Pembuatan Check Dam (penangkap sedimen),</li> <li>• Kolam Retensi (<i>Retarding Basin</i>), pencegah air yang mengalir dari hulu sebelum masuk ke hilir</li> </ul> 2. Sistem Perbaikan dan Pengaturan Sungai <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>River Improvement</i> (perbaikan atau peningkatan sungai)</li> <li>• Tanggul,</li> <li>• Sudetan (<i>by pass/short cut</i>)</li> <li>• Floodway</li> <li>• Sistem Drainase Khusus</li> </ul>	1. Penanaman Vegetasi Tanaman Keras 2. Sistem Peringatan Dini ( <i>sensor telemetry</i> ), <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Automatic Rain Gauge (ARG)</i></li> <li>• <i>Automatic Weather Station (AWS)</i></li> <li>• <i>Automatic Water Level Recorder (AWLR)</i></li> </ul> 3. Tempat evakuasi (bisa multi fungsi dengan bangunan evakuasi tsunami) 4. Pos pantau banjir 5. Jalur Evakuasi,
Cuaca Ekstrem	4	Pembangunan Stasiun Pemantauan Cuaca (BMKG) <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Automatic Weather Station (AWS)</i></li> </ul>	
Banjir Bandang	5	Sudah terakomodir dalam pembangunan infrastruktur bencana banjir	Sudah terakomodir dalam pembangunan infrastruktur bencana banjir
Tanah Longsor	6	Pembangunan rambu peringatan dan perkuatan tebing yang rawan longsor: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rambu dan papan penanda bahaya longsor,</li> <li>2. Tembok / Dinding Penahan Tanah (DPT),</li> <li>3. Paku batuan (Rock Bolt),</li> <li>4. Jaring kawat penahan jatuhnya batuan,</li> </ol>	1. Drainase jalan 2. Rambu Jalur Evakuasi Bahaya Longsor
Gelombang Ekstrem dan Abrasi	7	1. Pengelolaan Ekosistem Pesisir (memelihara terumbu karang) 2. Vegetasi Pantai (Penanaman tanaman Bakau/Mangrove) 3. Revertment (Struktur Pelindung tepi Pantai) 4. Bulkhead dan Seawall (Pemisah area daratan & Perairan)	1. Sistem peringatan dini, (multi fungsi dengan peringatan tsunami)
Kekeringan	8	1. Lubang Penampungan Air (Catch Pitch) 2. Embung 3. Cek dam (Bendungan Pada Sungai Kecil) 4. Penampung air Hujan	1. Sumur resapan / biopori
Kebakaran Hutan dan Lahan	9	1. Posko Damkar	1. Pembuatan kolam-kolam memanjang/beje 2. Penyekatan parit/kanal

**Tabel 10.** Kebutuhan Infrastruktur Mitigasi Dasar Tiap Desa di Kecamatan Ciemas (hasil analisis, 2021)

Desa	Infrastruktur	Kemanfaatan	Total (unit/m)
Desa Cibenda	Embung/Bendungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mencegah banjir bandang,</li> <li>• Tersedia supply air saat di musim kemarau,</li> </ul>	1
Desa Ciemas	Pemadam Kebakaran (DAMKAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengantisipasi jika terjadi kebakaran hutan dan lahan,</li> <li>• Bermanfaat untuk pemadam kebakaran di lingkungan rumah penduduk, dll</li> </ul>	1
	Tempat Evakuasi Akhir (TEA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempat berkumpul anggota keluarga bila terjadi bencana banjir/banjir bandang dan tsunami,</li> <li>• Bisa dijadikan bangunan multi fungsi, (cth. Balai pertemuan, taman public, sentra usaha warga, dll)</li> </ul>	1

Desa	Infrastruktur	Kemanfaatan	Total (unit/m)
Desa Ciwaru	Tempat Evakuasi Akhir (TEA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat berkumpul anggota keluarga bila terjadi bencana banjir/banjir bandang dan tsunami,</li> <li>Bisa dijadikan bangunan multi fungsi, (cth. Balai pertemuan, taman public, sentra usaha warga, dll)</li> </ul>	1
	Tempat Evakuasi Sementara (TES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat berkumpul anggota keluarga sementara bila terjadi bencana,</li> <li>Bisa dijadikan area public multi fungsi, seperti taman bermain, RTH, dll</li> </ul>	1
	Jalur Evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akses untuk masyarakat saat terjadinya bencana,</li> <li>Bermanfaat sebagai jaringan jalan penghubung antar wilayah,</li> </ul>	4.351,01
Desa Girimukti	Embung/Bendungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mencegah banjir bandang,</li> <li>Tersedia supply air saat di musim kemarau,</li> </ul>	1
	Early Warning System (EWS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistem peringatan dini bila terjadi ancaman bencana tsunami,</li> <li>Sebagai alat simulasi dalam menghadapi bencana tsunami atau gelombang ekstrim dan abrasi,</li> </ul>	1
Desa Mandrajaya	Pemadam Kebakaran (DAMKAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengantisipasi jika terjadi kebakaran hutan dan lahan,</li> <li>Bermanfaat untuk pemadam kebakaran di lingkungan rumah penduduk, dll</li> </ul>	1
	Tempat Evakuasi Sementara (TES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat berkumpul anggota keluarga sementara bila terjadi bencana,</li> <li>Bisa dijadikan area public multi fungsi, seperti taman bermain, RTH, dll</li> </ul>	1
	Jalur Evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akses untuk masyarakat saat terjadinya bencana,</li> </ul>	1.924,44
Desa Mekarjaya	Embung/Bendungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mencegah banjir bandang,</li> <li>Tersedia supply air saat di musim kemarau,</li> </ul>	1
	Jalur Evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akses untuk masyarakat saat terjadinya bencana,</li> <li>Bermanfaat sebagai jaringan jalan penghubung antar wilayah,</li> </ul>	50,16
Desa Mekarsakti	Tempat Evakuasi Akhir (TEA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat berkumpul anggota keluarga bila terjadi bencana banjir/banjir bandang dan tsunami,</li> <li>Bisa dijadikan bangunan multi fungsi, (cth. Balai pertemuan, taman public, sentra usaha warga, dll)</li> </ul>	1
	Tempat Evakuasi Sementara (TES)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tempat berkumpul anggota keluarga sementara bila terjadi bencana,</li> <li>Bisa dijadikan area public multi fungsi, seperti taman bermain, RTH, dll</li> </ul>	1
Di Zona 1	Jalur Evakuasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akses untuk masyarakat saat terjadinya bencana,</li> <li>Bermanfaat sebagai jaringan jalan penghubung antar wilayah,</li> </ul>	4.190,10
Di Laut / Teluk	Waterbreak	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemecah gelombang tsunami,</li> <li>Pencegah terjadinya bencana tsunami,</li> <li>Berfungsi sebagai dermaga nelayan, dll</li> </ul>	900,00

**g. Konsep Adaptasi Transformasi Keberlanjutan dan Resiliensi**

Konsep adaptasi transformasi keberlanjutan dan resiliensi sangat diperlukan untuk Pengurangan Risiko Bencana (PRB) di wilayah perencanaan.

Transformasi merupakan suatu proses melakukan upaya pembaharuan objek, transformasi perilaku, rekonstruksi gagasan dan sistem adaptasi terhadap keadaan yang ada, serta menciptakan metode atau manifestasi untuk memahami kebutuhan adaptasi baru dari seluruh bentuk, fungsi, tahapan, dan rangkaian kegiatan.

Sedangkan resiliensi (ketahanan) adalah kemampuan dari suatu sistem, komunitas atau masyarakat yang terpapar bahaya untuk melawan, menyerap, mengakomodasi serta mampu pulih dari efek bahaya secara tepat waktu dan efisien, termasuk melalui pelestarian dan pemulihan struktur dan fungsi dasar yang esensial (UNISDR & WMO, 2012). Dengan demikian, adaptasi transformasi keberlanjutan dan resiliensi terhadap lokasi penelitian, dapat mencakup beberapa proses kegiatan, yaitu:



**Gambar 12.** Konsep Adaptasi Transformasi Keberlanjutan dan Resiliensi Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh Palabuhanratu (hasil analisis, 2021)  
 Dalam menerapkan konsep transformasi keberlanjutan dan resiliensi kawasan amfiteater, maka peran

pemimpin wilayah (dari tingkat desa, lokal, kabupaten, provinsi) sangat penting dalam mengimplementasikan program mitigasi bencana secara simultan.

Pada dasarnya wilayah kajian terfragmentasi dari sisi multi risiko ancaman bencana, sementara kepemimpinan wilayah menentukan keberhasilan transformasi terhadap wilayah ini, sehingga peran pemimpin wilayah menjadi salah satu kunci strategis dalam menangani Kawasan Amfiteater guna mengantisipasi multi risiko dengan perencanaan pembangunan infrastrukturnya. Hal ini sejalan dengan pendapat Argo dan Rustidja (2019) bahwa kepemimpinan situasional berperan penting dalam perencanaan pada wilayah lokal yang terfragmentasi.

## Simpulan

Berdasarkan hasil pemetaan multi risiko bencana di Kawasan Amfiteater Geopark Ciletuh-Palabuhanratu, terdapat beberapa multi risiko ancaman bencana dengan tingkat risiko ancaman TINGGI, kecuali hanya Desa Sidamulya yang hanya memiliki 1 jenis risiko bencana.

Penentuan skala prioritas bagi perencanaan penyediaan infrastruktur mitigasi kawasan berdasarkan hasil pembobotan tingkat risiko ancaman bencana, diperoleh skala prioritas yang dapat dilihat pada Tabel 10. sebagai berikut:

Dalam penyediaan infrastruktur mitigasi, terdapat 2 konsep, yaitu: 1) Konsep Infrastruktur hijau memiliki kapasitas untuk mengatasi masalah lingkungan seperti kekurangan air dan banjir, penurunan kualitas udara, atau kerusakan akibat perubahan iklim dan pembangunan, gempa dan tsunami. Infrastruktur hijau sebenarnya merupakan aplikasi teknologi ekologi, sehingga memberikan peluang ekosistem untuk pulih kembali jika terjadi kerusakan (Hindersah et al, 2020). 2) Konsep infrastruktur dasar mitigasi hadapi dan hindari sangat diperlukan pada kawasan yang memiliki multi risiko ancaman agar bisa terjadi Pengurangan Risiko Bencana (PRB) pada saat terjadinya bencana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alcántara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47(2-4), 107-124. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00083-1)
- Bollati, I., Crosa Lenz, B., Zanoletti, E., & Pelfini, M. (2017). Geomorphological mapping for the valorization of the alpine environment. A methodological proposal tested in the Loana Valley (Sesia Val Grande Geopark, Western Italian Alps). *Journal of Mountain Science*, 14(6), 1023-1038. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4427-7>
- Carpignano, A., Golia, E., Di Mauro, C., Bouchon, S., & Nordvik, J. P. (2009). A methodological approach for the definition of multi-risk maps at regional level: First application. *Journal of Risk Research*, 12(3-4), 513-534. <https://doi.org/10.1080/13669870903050269>
- Ery Supriyadi R. dkk. (2020). *Resiliensi dan Sustainability Koperasi dalam Menghadapi Pandemi Covid -19*. 117-126. [www.ikopin.ac.id](http://www.ikopin.ac.id)
- Gunadi, B., Nugraha, A., & Suprayogi, A. (2015). Aplikasi Pemetaan Multi Risiko Bencana Di Kabupaten Banyumas Menggunakan Open Source Software Gis. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 287-296.
- Hilwati Hindersah, Asyiwati, Y. A. A. (2020). Green infrastructure concept in supporting rural development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(3). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/3/032074>
- Hilwati Hindersah, dkk. (2017). Tantangan Pembangunan Pariwisata Inklusif Geopark Ciletuh, Desa Ciwaru Kabupaten Sukabumi – Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional: Perencanaan Pembangunan Inklusif Desa - Kota*, 125-134.
- Oktariadi, O. (2009). Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi). *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(2), 103-116. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol4no2.20093>
- Perka BNPB No. 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, (2012).
- Pratomo, R. A., & Rudiarto, I. (2013). Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 9(2), 174. <https://doi.org/10.14710/pwk.v9i2.6534>
- Rosana, M. F. (2018). *Geopark Ciletuh-Palabuhanratu Menuju Unesco Global Geopark bagaimana UNPAD berkontribusi?*
- Sinarta, I. N. (2016). Indeks Ancaman Gerakan Tanah dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli. *Seminar Nasional KonsepSi#2 (Konsep Dan Implementasi 2)*, 1(1), 110-120.
- Sukabumi, B. (2018). *Kajian Risiko Bencana Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat Tahun 2019 - 2023*.
- UNISDR, & WMO. (2012). *Disaster Risk and Resilience. UN System Task Team on the Post-2015 UN Development Agenda. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. World Meteorological Organization, May.*
- World Risk Report 2019*. (2019).