



Identifikasi Tingkat Kerentanan Bencana Kota Sukabumi

Adinata Wirasena¹, Jauharah Nur Khalishah², Qori Nabilla³, Shabina Nurul Zakiyyah⁴, Muzani Jalaluddin⁵

^{1,2,3,4,5}Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur, Indonesia
Email: ¹adinatawirasena123@gmail.com, ²jkhalishahnoer@gmail.com, ³qori.nabilla2019@gmail.com, ⁴nurulsnz@gmail.com, ⁵muzani@unj.ac.id

Abstract

The city of Sukabumi is an urban area that has a high level of vulnerability to various disasters, especially hydrometeorological disasters such as floods and landslides, which are influenced by high rainfall, topography, and land use. This study analyzes the level of disaster vulnerability in the city of Sukabumi through the integration of social, economic, physical, and environmental aspects using a quantitative SIG-based spatial approach. This region has a high risk of hydrometeorological disasters due to intense rainfall, hilly topography, and changes in land use. Official data from BPS and BIG were processed through normalization, weighting, and mapping to produce a composite index per subdistrict. The results of the study show that 86% of subdistricts are in the moderate vulnerability category, namely Gunung Puyuh (0.41), Cikole (0.49), Citamiang (0.36), Warudoyong (0.503), Baros (0.356), and Cibeureum (0.449). Only 14% of subdistricts are in the low category, namely Lembursitu (0.321). The subdistrict with the highest vulnerability level is Warudoyong (0.503), while the lowest is Lembursitu (0.321). These findings emphasize the need for integrated mitigation strategies, especially in areas with moderate vulnerability indices that dominate the entire city.

Keywords: Disaster Vulnerability, GIS, Sukabumi City, Social Vulnerability, Risk Reduction.

Abstrak

Kota Sukabumi merupakan wilayah perkotaan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap berbagai bencana khususnya bencana hidrometeorologi seperti banjir dan longsor yang dipengaruhi oleh kondisi curah hujan tinggi, topografi, dan penggunaan lahan. Penelitian ini menganalisis tingkat kerentanan bencana di Kota Sukabumi melalui integrasi aspek sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan menggunakan pendekatan kuantitatif spasial berbasis SIG. Wilayah ini memiliki risiko tinggi terhadap bencana hidrometeorologi akibat curah hujan intensif, topografi berbukit, dan perubahan penggunaan lahan. Data resmi dari BPS dan BIG diolah melalui normalisasi, pembobotan, serta pemetaan untuk menghasilkan indeks komposit per kecamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 86% kecamatan berada pada kategori kerentanan sedang, yaitu Gunung Puyuh (0,41), Cikole (0,49), Citamiang (0,36), Warudoyong (0,503), Baros (0,356), dan Cibeureum (0,449). Hanya 14% kecamatan yang berada pada kategori rendah, yaitu Lembursitu (0,321). Kecamatan dengan tingkat kerentanan tertinggi adalah Warudoyong (0,503), sedangkan yang terendah adalah Lembursitu (0,321). Temuan ini menegaskan perlunya strategi mitigasi terpadu, terutama pada wilayah dengan indeks kerentanan sedang yang mendominasi seluruh kota.

Kata Kunci: Kerentanan Bencana, SIG, Kota Sukabumi, Kerentanan Sosial, Pengurangan Risiko.

1. PENDAHULUAN

Frekuensi dan intensitas bencana alam di Indonesia terus meningkat, termasuk di Kota Sukabumi, sehingga diperlukan pendekatan mitigasi yang lebih menyeluruh dan berbasis data (Hadiana et al., 2021). Posisi geografis Indonesia yang kompleks, dengan pertemuan tiga lempeng besar serta iklim tropis lembap, menjadikan wilayah ini sangat rentan terhadap berbagai bencana seperti banjir, longsor, dan gempa bumi (Megawati,

2024; Ulza et al., 2023; Virtrianaa et al., 2023). Indonesia bahkan menempati urutan ke-12 dari 35 negara dengan tingkat risiko kematian tinggi akibat bencana, serta peringkat ketiga dalam tingkat risiko secara keseluruhan (Ulza et al., 2023).

Kondisi ini diperparah oleh perubahan iklim global dan kerusakan lingkungan yang mempercepat peningkatan bencana hidrometeorologi (Taufan Maulana & Andriansyah, 2024). Faktor-faktor tersebut menegaskan pentingnya analisis kerentanan sebagai langkah awal dalam mitigasi dan adaptasi bencana (Hindersah et al., 2018). Analisis ini menjadi dasar untuk memahami keterpaparan masyarakat serta kemampuan adaptif suatu wilayah dalam menghadapi risiko (Wardhana et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan bencana di Kota Sukabumi secara komprehensif dan kontekstual (Desderius et al., 2024; Taufan Maulana & Andriansyah, 2024).

Kota Sukabumi merupakan wilayah dengan kerentanan tinggi terhadap bencana hidrometeorologi, khususnya banjir dan longsor (Fata et al., 2022). Kerentanan ini dipengaruhi oleh curah hujan tahunan yang tinggi, topografi berbukit, serta pertumbuhan permukiman yang melebihi daya dukung lingkungan (Wahyuni et al., 2015). Peningkatan intensitas curah hujan dan perubahan penggunaan lahan memperparah potensi banjir dan longsor di daerah-daerah rawan (Putri et al., 2025). Kondisi ini diperkuat oleh hasil kajian Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) yang menunjukkan adanya peningkatan jumlah kejadian banjir dan longsor selama lima tahun terakhir (Ardiansyah et al., 2021). Kondisi tersebut menunjukkan urgensi penyusunan peta kerentanan berbasis spasial untuk menentukan wilayah prioritas mitigasi, di mana pendekatan spasial dan indikator multidimensi menjadi kunci efektivitas kebijakan penanggulangan (Nasution et al., 2022).

Dalam konteks pengurangan risiko bencana, kerentanan dipahami sebagai kondisi fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang meningkatkan kemungkinan dampak bahaya (UNDRR, 2015). Definisi ini menekankan bahwa risiko tidak hanya bergantung pada intensitas bahaya (*hazard*), tetapi juga pada sensitivitas dan kapasitas adaptif masyarakat (Cutter, 1996). Kerentanan sosial mencakup faktor sosial-ekonomi seperti kemiskinan, pendidikan, dan akses layanan publik yang memengaruhi kemampuan pemulihan pascabencana (Rojas & Oropeza, 2020). Banyak penelitian kini menggunakan *composite vulnerability index* atau *social vulnerability index* yang memadukan berbagai indikator melalui pembobotan, seperti AHP atau metode statistik multivariat (Bucherie et al., 2022). Pemanfaatan GIS juga menjadi elemen penting untuk memetakan dan menganalisis distribusi spasial kerentanan pada skala lokal hingga kota (Dewi et al., 2023).

Penelitian terkait pemetaan kerentanan bencana di tingkat kota memiliki relevansi yang tinggi dalam konteks pembangunan berkelanjutan dan tata kelola risiko (Peiris, 2024). Hasil analisis kerentanan dapat menjadi dasar perencanaan wilayah berbasis mitigasi, penentuan zonasi rawan bencana, serta prioritas intervensi pemerintah daerah (Hadiana et al., 2021). Secara praktis, identifikasi tingkat kerentanan bencana dapat mendukung kebijakan pengendalian tata ruang dan pembangunan infrastruktur yang adaptif terhadap risiko (Ni'mah et al., 2021). Oleh karena itu, kajian ini tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah, tetapi juga mendukung perumusan kebijakan pembangunan yang lebih tangguh terhadap bencana di Kota Sukabumi.

Dalam lima tahun terakhir, penggunaan teknologi GIS dan penginderaan jauh untuk pemetaan kerentanan semakin meningkat, terutama melalui integrasi indikator fisik dan sosial-ekonomi (Dewi et al., 2023; Nasution et al., 2022). Meskipun pemetaan kerentanan bencana berbasis GIS telah berkembang, banyak studi yang hanya memetakan tingkat kerentanan secara spasial tanpa mengevaluasi hubungan struktural antar indikator sosial,

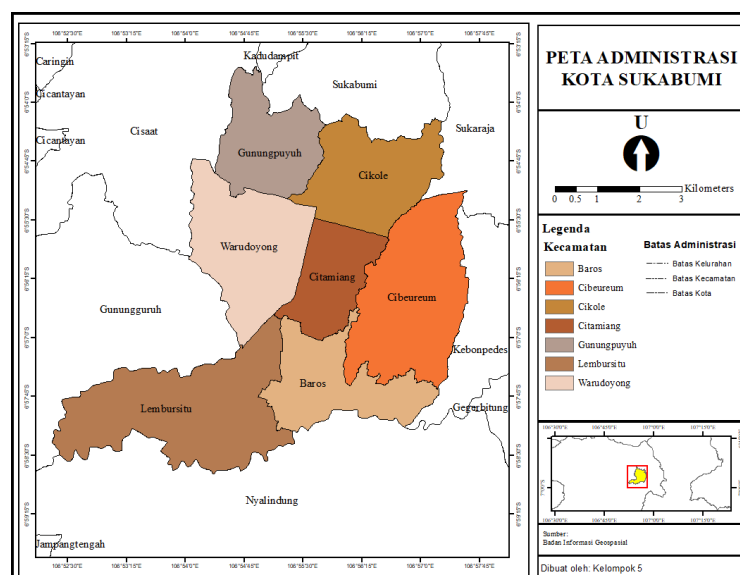
ekonomi, fisik, dan lingkungan secara statistik atau analitis, sehingga kurang memberikan pemahaman mendalam mengenai faktor dominan yang membentuk kerentanan (Hussain et al., 2021; Lapietra et al., 2024). Selain itu, penelitian yang fokus pada indeks kerentanan multidimensi di area perkotaan menunjukkan bahwa mengintegrasikan berbagai dimensi secara bersamaan dapat memberikan wawasan yang lebih holistik terhadap tingkat kerentanan, tetapi studi semacam ini masih sedikit dan cenderung dilakukan di kota-kota besar atau daerah dengan data lengkap sehingga kurang mencerminkan konteks kota menengah yang mengalami keterbatasan data dan kapasitas analisis (Ramli et al., 2023; Woods et al., 2025). Sementara itu, kajian kerentanan di level operasional kelembagaan seperti BPBD lebih berorientasi pada pemetaan risiko hazard dan kejadian historis tanpa integrasi indikator multidimensi yang dibobot dan dievaluasi keterkaitannya untuk mengidentifikasi faktor dominan penyusun kerentanan. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan metodologis dan empiris yang memerlukan pendekatan pemetaan kerentanan berbasis GIS yang mengintegrasikan berbagai dimensi secara komprehensif sekaligus menganalisis keterkaitan antar parameter, sehingga mampu menghasilkan peta kerentanan yang tidak hanya deskriptif tetapi juga *analitis* dan kontekstual untuk kebijakan mitigasi risiko di kota menengah seperti Sukabumi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan bencana di Kota Sukabumi berdasarkan empat aspek utama, yaitu sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan membandingkan tingkat kerentanan antar kecamatan secara objektif.

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Sukabumi, Jawa Barat, yang mencakup tujuh kecamatan: Gunung Puyuh, Cikole, Citamiang, Warudoyong, Baros, Lembursitu, dan Cibeureum. Secara geografis, kota ini berada pada 106°45'10"–106°45'50" BT dan 6°49'29"–6°50'44" LS. Kota Sukabumi merupakan dataran rendah di kaki Gunung Gede–Pangrango dengan ketinggian sekitar 584 mdpl dan luas wilayah 48,31 km².



Gambar 1. Peta Administrasi Kota Sukabumi
Sumber: Badan Informasi Geospasial

2.2 Data dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, data dan sumber data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Sumber Data

Data	Sumber Data
Kerentanan sosial: kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio penduduk cacat, dan kelompok umur rentan	BPS Kecamatan Gunung Puyuh, BPS Kecamatan Cikole, BPS Kecamatan Citamiang, BPS Kecamatan Warudoyong, BPS Kecamatan Baros, BPS Kecamatan Lembursitu, BPS Kecamatan Cibeureum.
Kerentanan ekonomi: luas lahan produktif dan Produk Domestik Regional Bruto (PPDRB)	BPS Kota Sukabumi 2024
Kerentanan fisik: jumlah rumah, fasilitas umum, dan fasilitas kritis	Disdukcapil Kota Sukabumi 2022, SIPANDA Kota Sukabumi, RTRW Kota Sukabumi 2022-2042, Perencanaan Pengembangan Pipa Induk Distribusi Air Bersih di PDAM Tirta Bumi Wibawa, Kota Sukabumi, Kota Sukabumi dalam Angka
Kerentanan lingkungan: hutan lindung, hutan alam, hutan bakau, semak belukar, rawa, hutan kota	BIG, Dinas Lingkungan Hidup Kota Sukabumi

2.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, dimulai dari pengumpulan data dari setiap parameter, normalisasi, perhitungan indeks berbobot, hingga kategorisasi kerentanan. Setiap parameter kemudian dinormalisasi pada skala 0–1 untuk memastikan keseragaman dan kemudahan perbandingan antar kecamatan. Seluruh analisis dilakukan dengan dukungan perangkat lunak Microsoft Excel untuk perhitungan dan ArcGIS Pro untuk pemetaan spasial. Normalisasi dilakukan menggunakan rumus:

$$X_{\text{norm}} = \frac{X - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} \dots (i)$$

Keterangan:

X_{norm} = nilai normalisasi,

X = nilai parameter aktual,

X_{min} = nilai minimum parameter,

X_{max} = nilai maksimum parameter.

Rumus ini memastikan setiap parameter memiliki bobot setara dalam perbandingan antar wilayah. Kemudian, setiap aspek kerentanan dihitung menggunakan persamaan berbobot sesuai kontribusi relatif tiap parameter terhadap total kerentanan. Pembobotan ditentukan berdasarkan studi terdahulu dan hasil sintesis dari (Bucherie et al., 2022) dan (Dewi et al., 2023).

a. Kerentanan sosial

$$(0,6 \times (\frac{\text{Log}(\frac{\text{Kepadatan Penduduk}}{0,01}}{\text{Log}(\frac{100}{0,01})}) + (0,1 \times \text{Rasio Jenis Kelamin}) + (0,1 \times \text{Rasio Kemiskinan}) + (0,1 \times \text{Rasio Orang Cacat}) + (0,1 \times \text{Rasio Kelompok Umur}) \dots (ii)$$

b. Kerentanan ekonomi

$$(0,6 \times \text{Skor Lahan Produktif}) + (0,4 \times \text{Skor PDRB}) \dots (iii)$$

c. Kerentanan fisik

$$(0,4 \times \text{Skor Rumah}) + (0,3 \times \text{Fasilitas Umum}) + (0,3 \times \text{Fasilitas Kritis}) \dots (\text{iv})$$

d. Kerentanan Lingkungan

$$(0,2 \times \text{Skor Hutan Lindung}) + (0,2 \times \text{Skor Hutan Alam}) + (0,1 \times \text{Skor Hutan Bakau}) + (0,1 \times \text{Skor Semak Belukar}) + (0,2 \times \text{Skor Rawa}) + (0,2 \times \text{Skor Hutan Kota}) \dots (\text{iv})$$

e. Perhitungan Indeks Kerentanan Total

$$\text{Kerentanan Total} = \frac{KS+KE+KF+KL}{4} \dots (\text{v})$$

Nilai kerentanan total diklasifikasikan ke dalam kategori:

Tabel 2. Nilai Kerentanan Total

Kelas Indeks	Nilai
Rendah	0,00 – 0,33
Sedang	0,34 – 0,66
Tinggi	0,67 – 1,00

Penilaian tingkat kerentanan:

Tabel 3. Indeks Kerentanan

Tingkat Kerentanan		Indeks Penduduk Terpapar		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Indeks Kerentanan	Rendah			
	Sedang			
	Tinggi			

(Sumber: (Wahyuni et al., 2015))

2.4 Analisis Data

Pendekatan analisis kuantitatif dan spasial dalam penelitian ini, termasuk perhitungan statistik deskriptif, normalisasi, dan pembobotan parameter kerentanan (sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan), serta penggabungannya menjadi Indeks Kerentanan Total (KT), sepenuhnya mengacu pada pedoman standar pengkajian risiko bencana sebagaimana diatur dalam Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012, tanpa dilakukan modifikasi bobot berdasarkan kondisi lokal serta didukung oleh metodologi pemetaan kerentanan berbasis Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*) yang banyak digunakan dalam studi akademik (Nasution et al., 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Indeks Kerentanan

3.1.1 Kerentanan Sosial

Kerentanan sosial merupakan salah satu komponen utama dalam penilaian kerentanan bencana, di mana kondisi sosial masyarakat dapat memengaruhi kemampuan mereka dalam menghadapi bahaya. Kerentanan sosial dapat dilihat dari berbagai indikator, seperti kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, proporsi penduduk miskin, rasio penyandang disabilitas, dan kelompok umur rentan. Kerentanan sosial menunjukkan kondisi masyarakat yang memiliki kelemahan dalam merencanakan, merespon, dan pulih dari dampak bahaya (Contreras et al., 2020).

Tabel 4. Indeks Kerentanan Sosial

Parameter	Bobot (%)	Kelas Indeks		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kepadatan Penduduk	60%	<500 jiwa/km ²	500 - 1000 jiwa/km ²	>1000 jiwa/km ²
Jenis Kelamin (10%)	40%	<20%	20-40%	>40%
Kemiskinan (10%)				
Orang Cacat (10%)				
Kelompok Umur (10%)				

Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2012

Berdasarkan tabel 5, hasil analisis di tujuh kecamatan di Kota Sukabumi, diperoleh nilai indeks kerentanan sosial yang telah dinormalisasi ke dalam skala 0–1, sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Indeks Kerentanan Sosial

No.	Kecamatan	Kepadatan Penduduk	Jenis Kelamin	Kemiskinan	Orang Cacat	Kelompok Umur	Jumlah
1	Gunung Puyuh	0,59	0,80	0,19	1	0,12	0,54
2	Cikole	0,68	0	0,25	0,44	1	0,47
3	Citamiang	1	0,60	0	0,60	0,66	0,57
4	Warudoyong	0,42	1	1	0	0,51	0,59
5	Baros	0,32	0,80	0,45	0,48	0,82	0,57
6	Lembursitu	0	0,40	0,88	0,36	0,82	0,49
7	Cibeureum	0,11	0,80	0,34	0,64	0	0,38
Rata-Rata							0,51

Sumber: Hasil Olahan, 2025

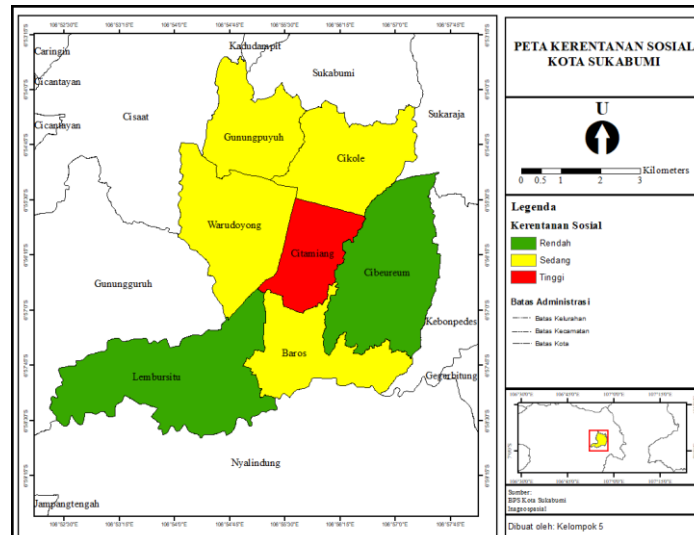
Selain normalisasi, kerentanan sosial juga dihitung menggunakan persamaan berbobot, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Persamaan Kerentanan Sosial

No.	Kecamatan	Persamaan Kerentanan Sosial	Kategori
1	Gunung Puyuh	0,56	Sedang
2	Cikole	0,57	Sedang
3	Citamiang	0,78	Tinggi
4	Warudoyong	0,50	Sedang
5	Baros	0,45	Sedang
6	Lembursitu	0,24	Rendah
7	Cibeureum	0,24	Rendah

Sumber: Hasil Olahan, 2025

Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar kecamatan di Kota Sukabumi termasuk pada tingkat kerentanan sosial sedang, yang meliputi kecamatan Gunungpuyuh sebesar 0,56, Cikole sebesar 0,57, Warudoyong sebesar 0,50, dan Baros sebesar 0,44. Kecamatan Citamiang masuk kategori tinggi, sementara kecamatan Lembursitu dan Cibeureum termasuk kategori rendah. Hasil klasifikasi ini dapat menunjukkan bahwa masyarakat di wilayah ini memiliki tingkat kemampuan sosial yang cukup adaptif terhadap risiko bencana.



Gambar 2. Peta Kerentanan Sosial Kota Sukabumi
 Sumber: Hasil Olahan, 2025

3.1.2 Kerentanan Ekonomi

Indeks kerentanan ekonomi dihitung berdasarkan dua parameter utama, yaitu luas lahan produktif (60%) dan Produk Domestik Regional Bruto/PDRB (40%). Pemberian bobot ini menekankan bahwa ketersediaan lahan produktif menjadi faktor dominan dalam menentukan kapasitas ekonomi masyarakat untuk bertahan dan pulih dari risiko bencana, sedangkan PDRB mencerminkan kemampuan ekonomi secara regional untuk mendukung adaptasi dan mitigasi.

Tabel 7. Indeks Kerentanan Ekonomi

Parameter	Bobot (%)	Kelas Indeks		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Lahan Produktif	60%	<50 juta	50 - 200 juta	>200 juta
PDRB	40%	<100 juta	100 - 300 juta	>300 juta

Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2012

Berdasarkan tabel 8, hasil analisis di tujuh kecamatan di Kota Sukabumi, diperoleh nilai indeks kerentanan ekonomi yang telah dinormalisasi ke dalam skala 0–1, sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai Indeks Kerentanan Ekonomi

No	Kecamatan	Lahan Produktif	PDRB	Jumlah
1	Gunung Puyuh	0,10	0,16	0,26
2	Cikole	0	0,33	0,33
3	Citamiang	0,02	0	0,02
4	Warudoyong	0,37	0,53	0,9
5	Baros	0,41	0,25	0,66
6	Lembursitu	0,71	1	1,71
7	Cibeureum	1	0,76	1,76
Rata-Rata				0,80

Sumber: Hasil Olahan, 2025

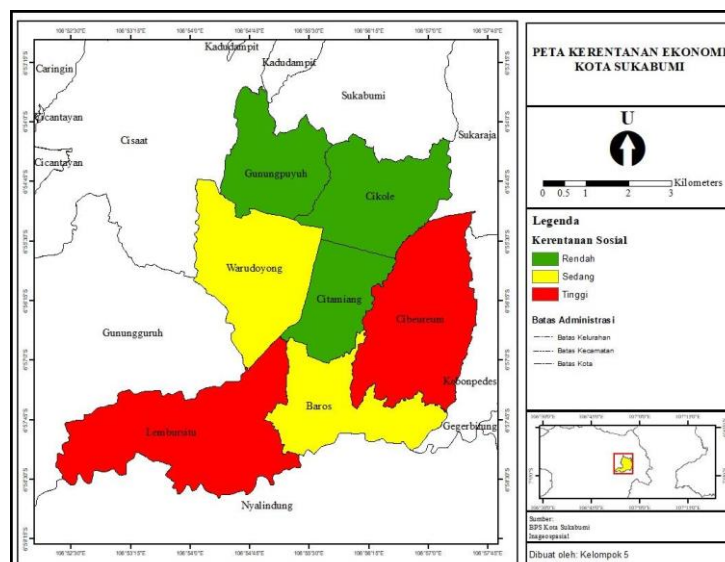
Selain normalisasi, kerentanan ekonomi juga dihitung menggunakan persamaan berbobot, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 9. Persamaan Kerentanan Ekonomi

No	Kecamatan	Persamaan Kerentanan Ekonomi	Kategori
1	Gunung Puyuh	0,13	Rendah
2	Cikole	0,13	Rendah
3	Citamiang	0,02	Rendah
4	Warudoyong	0,44	Sedang
5	Baros	0,35	Sedang
6	Lembursitu	0,83	Tinggi
7	Cibeureum	0,91	Tinggi

Sumber: Hasil Olahan, 2025

Hasil analisis menunjukkan adanya variasi kerentanan ekonomi antar-kecamatan. Gunungpuyuh (0,13), Cikole (0,13), dan Citamiang (0,02) berada pada kategori rendah, mencerminkan kapasitas ekonomi yang relatif stabil. Warudoyong (0,44) dan Baros (0,35) berada pada kategori sedang. Sementara itu, Lembursitu dan Cibeureum termasuk kategori tinggi, menandakan kerentanan ekonomi signifikan yang dipengaruhi keterbatasan lahan produktif dan rendahnya kapasitas PDRB dalam mendukung pemulihan pascabencana.



Gambar 3. Peta Kerentanan Ekonomi Kota Sukabumi

Sumber: Hasil Olahan, 2025

3.1.3 Kerentanan Fisik

Indeks kerentanan fisik dihitung berdasarkan tiga parameter utama, yaitu kondisi rumah (40%), fasilitas umum/infra kota (30%), dan fasilitas kritis (30%). Bobot terbesar diberikan pada kondisi rumah karena merupakan aset dasar yang langsung memengaruhi keselamatan dan kapasitas pemulihan masyarakat. Sementara fasilitas umum dan fasilitas kritis mendukung aksesibilitas layanan dasar dan kemampuan tanggap terhadap bencana, sehingga menjadi faktor penting dalam menentukan kerentanan fisik suatu wilayah.

Tabel 10. Indeks Kerentanan Fisik

Parameter	Bobot (%)	Kelas Indeks		
		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 – 1 M	>1 M

Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2012

Berdasarkan tabel 11, hasil analisis di tujuh kecamatan di Kota Sukabumi, diperoleh nilai indeks kerentanan fisik yang telah dinormalisasi ke dalam skala 0–1, sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai Indeks Kerentanan Fisik

No	Kecamatan	Rumah	Fasilitas Umum	Fasilitas Kritis	Jumlah
1	Gunung Puyuh	0,36	0,48	0	0,28
2	Cikole	1	1	0	2
3	Citamiang	0,59	0,42	1	2,01
4	Warudoyong	0,8	0,56	0,5	1,86
5	Baros	0	0,36	0,5	0,86
6	Lembursitu	0,17	0	0	0,17
7	Cibeureum	0,19	0,57	0,75	1,51

Sumber: Hasil Analisis, 2025

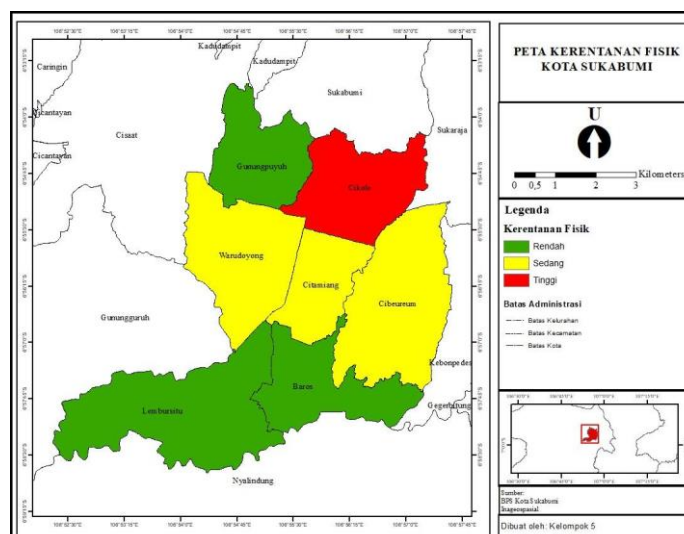
Selain normalisasi, kerentanan fisik juga dihitung menggunakan persamaan berbobot, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 12. Persamaan Kerentanan Fisik

No	Kecamatan	Persamaan Kerentanan Fisik	Kategori
1	Gunung Puyuh	0.26	Rendah
2	Cikole	0.7	Tinggi
3	Citamiang	0.65	Sedang
4	Warudoyong	0.64	Sedang
5	Baros	0.25	Rendah
6	Lembursitu	0.06	Rendah
7	Cibeureum	0.45	Sedang

Sumber: Hasil Olahan, 2025

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Gunungpuyuh (0,26), Baros (0,25), dan Lembursitu (0,06) memiliki kerentanan fisik rendah, mencerminkan kondisi hunian dan fasilitas pendukung yang relatif baik. Kerentanan menengah terlihat di Citamiang (0,65), Warudoyong (0,64), dan Cibeureum (0,45), yang mengindikasikan kualitas hunian dan fasilitas publik yang memerlukan perhatian mitigatif. Sementara itu, Cikole menunjukkan kerentanan fisik tinggi (0,70), menandakan kondisi bangunan dan fasilitas kritis yang lebih rentan terhadap dampak bencana.



Gambar 4. Peta Kerentanan Fisik Kota Sukabumi

Sumber: Hasil Olahan, 2025

3.1.4 Kerentanan Lingkungan

Kerentanan lingkungan menunjukkan seberapa luas lingkungan akan memperparah kerentanan. Kerentanan lingkungan dihitung dengan kelas indeks rendah, sedang, dan tinggi. Parameter diambil dari hutan, semak belukar, dan rawa. Parameter hutan alam memiliki bobot tertinggi karena memiliki fungsi ekologis paling besar dan langsung dalam mengendalikan bahaya.

Tabel 13. Indeks Kerentanan Lingkungan

Parameter	Bobot (%)	Kelas Indeks		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Hutan Lindung	20%	<20 ha	20 – 50 ha	>50 ha
Hutan Alam	20%	<25 ha	25 – 75 ha	>75 ha
Hutan Bakau	10%	<10 ha	10 – 30 ha	>30 ha
Semak Belukar	10%	<10 ha	10 – 30 ha	>30 ha
Rawa	20%	<5 ha	5 – 20 ha	>20 ha
Hutan Kota	20%	<5 ha	5 – 20 ha	>20 ha

Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2012

Berdasarkan tabel 14, hasil analisis di tujuh kecamatan di Kota Sukabumi, diperoleh nilai indeks kerentanan lingkungan yang telah dinormalisasi ke dalam skala 0–1, sebagai berikut:

Tabel 14. Nilai Indeks Kerentanan Lingkungan

No	Kecamatan	Hutan Lindung	Hutan Alam	Hutan Bakau	Semak Belukar	Rawa	Hutan Kota
1	Gunung Puyuh	0	0	0	0,542	0	1
2	Cikole	0	0,4764	0	0,172	0	0
3	Citamiang	0	0,1704	0	1	0	0,2093
4	Warudoyong	0	0,0096	0	0,228	0	0
5	Baros	0	0,4004	0	0,251	0	0
6	Lembursitu	0	1	0	0,324	0	0
7	Cibeureum	0	0,3508	0	0	0	0

Sumber: Hasil Analisis, 2025

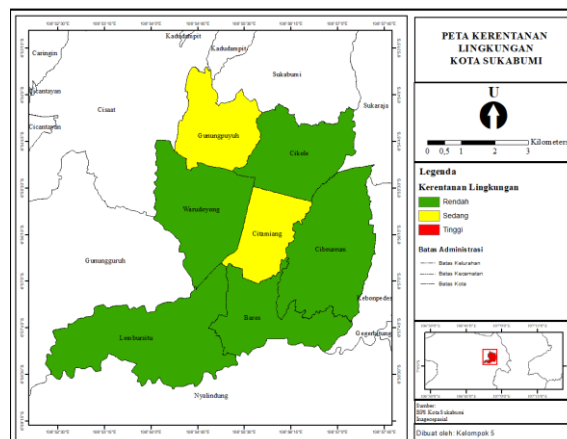
Selain normalisasi, kerentanan lingkungan juga dihitung menggunakan persamaan berbobot, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 15. Persamaan Kerentanan Lingkungan

No	Kecamatan	Persamaan Kerentanan Lingkungan	Kategori
1	Gunung Puyuh	0,6168	Sedang
2	Cikole	0,22496	Rendah
3	Citamiang	0,35176	Sedang
4	Warudoyong	0,04944	Rendah
5	Baros	0,21036	Rendah
6	Lembursitu	0,04	Rendah
7	Cibeureum	0,14032	Rendah

Sumber: Hasil Olahan, 2025

Berdasarkan perhitungan persamaan berbobot, sebagian besar kecamatan di Kota Sukabumi memiliki tingkat kerentanan lingkungan rendah, kecuali kecamatan Gunung Puyuh dan Citamiang. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di wilayah tersebut relatif stabil dan masih mampu menahan tekanan lingkungan yang ada.



Gambar 5. Peta Kerentanan Lingkungan Kota Sukabumi
 Sumber: Hasil Olahan, 2025

3.1.5 Analisis Indeks Kerentanan Total

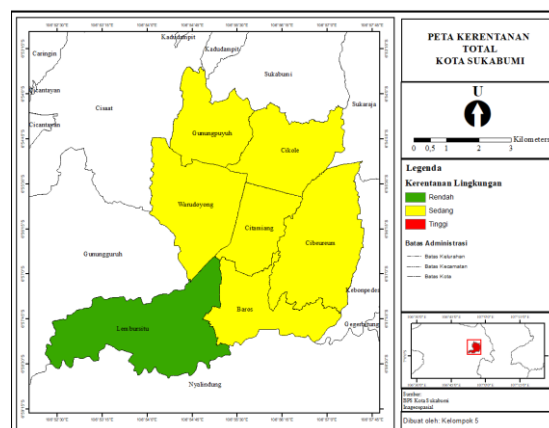
Berdasarkan empat aspek indeks kerentanan maka dihitung total dari keempat indeks tersebut. Perhitungan tersebut kemudian dikategorikan sehingga dapat dilihat bahwa indeks kerentanan total di Kota Sukabumi adalah sedang, kecuali pada kecamatan Lembursitu yang berada dalam kategori rendah. Indeks total tertinggi ada di wilayah Warudoyong dengan nilai 0,5 namun masih dalam kategori sedang.

Tabel 16. Persamaan Kerentanan Total

No	Kecamatan	IKS	IKE	IKF	IKL	Total	Kategori
1	Gunung Puyuh	0,56	0,13	0,26	0,61	0,41	Sedang
2	Cikole	0,57	0,13	0,7	0,22	0,49	Sedang
3	Citamiang	0,78	0,02	0,65	0,35	0,36	Sedang
4	Warudoyong	0,50	0,44	0,64	0,05	0,50	Sedang
5	Baros	0,45	0,35	0,25	0,21	0,35	Sedang
6	Lembursitu	0,24	0,83	0,06	0,04	0,32	Rendah
7	Cibeureum	0,23	0,91	0,45	0,14	0,44	Sedang

Sumber: Hasil Olahan

Kondisi tersebut menandakan bahwa Warudoyong memerlukan perhatian lebih dalam upaya pengurangan kerentanan sosial, ekonomi, fisik, maupun lingkungan. Penguatan kapasitas masyarakat dan peningkatan kualitas infrastruktur dapat menjadi strategi untuk menurunkan tingkat kerentanan total di wilayah tersebut.



Gambar 6. Peta Kerentanan Total Kota Sukabumi
 Sumber: Hasil Olahan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi tingkat kerentanan bencana di Kota Sukabumi, terlihat bahwa setiap kecamatan memiliki karakteristik kerentanan yang berbeda-beda pada aspek sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Analisis menunjukkan bahwa kerentanan bencana di Kota Sukabumi memiliki variasi spasial yang jelas pada dimensi sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Warudoyong menempati kategori kerentanan sosial tertinggi, sementara aspek ekonomi paling rentan ditemukan di Lembursitu dan Cibeureum, serta kerentanan fisik tertinggi di Cikole. Tingkat kerentanan total Kota Sukabumi berada pada kategori sedang, di mana enam kecamatan menunjukkan kerentanan sedang dan hanya Lembursitu yang berada pada kategori rendah. Kecamatan Warudoyong memiliki nilai kerentanan tertinggi sehingga menjadi wilayah yang paling membutuhkan perhatian dalam upaya mitigasi. Secara keseluruhan, Kota Sukabumi tetap memerlukan penguatan kapasitas masyarakat, infrastruktur, dan pengelolaan lingkungan untuk menurunkan tingkat kerentanan di masa mendatang.

REFERENCES

- Ardiansyah, M., Nugraha, R. A., Iman, L. O. S., & Djatmiko, S. D. (2021). Impact of Land Use and Climate Changes on Flood Inundation Areas in the Lower Cimanuk Watershed, West Java Province. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 23(2), 53–60. <https://doi.org/10.29244/jitl.23.2.53-60>
- Bucherie, A., Hultquist, C., Adamo, S., Neely, C., Ayala, F., Bazo, J., & Kruczkiewicz, A. (2022). A comparison of social vulnerability indices specific to flooding in Ecuador: principal component analysis (PCA) and expert knowledge. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102897>
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529–539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>
- Desderius, K., Arrinjani, M. S. B., Sa'adia, Z. F., & Lie, F. R. (2024). Analisis tingkat risiko bencana tanah longsor di wilayah Kabupaten Blitar, Jawa Timur. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 19(1), 200. <https://doi.org/10.20961/region.v19i1.58889>
- Dewi, R. S., Handayani, W., Pratama, I. P., De Vies, W. T., Rudiarto, I., & Artiningsih. (2023). Assessing Flood Vulnerability from Rapid Urban Growth: A Case of Central Java — Indonesia. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 11(04). <https://doi.org/10.1142/S2345748123500203>
- Fata, Y. A., Hendrayanto, H., Kuncahyo, B., Erizal, E., & Tarigan, S. D. (2022). Characteristics and factors affecting surface and shallow landslides in West Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 10(1), 3849. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.101.3849>
- Hadiana, A. I., Komarudin, A., Putra, E. K., Melina, Yuniarti, R., Ilyas, R., & Kasyidi, F. (2021). Analisis Spasial Temporal Kerentanan Bencana Alam Dalam Mendukung Ketahanan Terhadap Bencana di Indonesia. *Jurnal ICT Information Communication & Technology*, 20(2), 232–238. <https://doi.org/https://doi.org/10.36054/jict-ikmi.v20i2.379>
- Hindersah, R., Handyman, Z., Indriani, F. N., Suryatmana, P., & Nurlaeny, N. (2018). JOURNAL OF DEGRADED AND MINING LANDS MANAGEMENT Azotobacter population, soil nitrogen and groundnut growth in mercury-contaminated tailing inoculated with Azotobacter. *J. Degrade. Min. Land Manage*, 5(53), 2502–2458. <https://doi.org/10.15243/jdmlm>
- Hussain, M., Tayyab, M., Zhang, J., Shah, A. A., Ullah, K., Mehmood, U., & Al-Shaibah, B. (2021). GIS-Based Multi-Criteria Approach for Flood Vulnerability Assessment and Mapping in District Shangla: Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Sustainability*, 13(6), 3126. <https://doi.org/10.3390/su13063126>
- Lapietra, I., Colacicco, R., Rizzo, A., & Capolongo, D. (2024). Mapping Social Vulnerability to Multi-Hazard Scenarios: A GIS-Based Approach at the Census Tract Level. *Applied Sciences*, 14(11), 4503. <https://doi.org/10.3390/app14114503>

- Megawati, L. (2024). KEBIJAKAN PEMERINTAH DAERAH DALAM MITIGASI BENCANA BERKAITAN DENGAN PENATAAN RUANG PASCA GEMPA BUMI. *JOURNAL JUSTICIABELEN (JJ)*, 4(2), 100. <https://doi.org/https://doi.org/10.35194/jj.v4i02.4118>
- Nasution, B. I., Saputra, F. M., Kurniawan, R., Ridwan, A. N., Fudholi, A., & Sumargo, B. (2022). Urban vulnerability to floods investigation in jakarta, Indonesia: A hybrid optimized fuzzy spatial clustering and news media analysis approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 83, 103407. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103407>
- Ni'mah, N. M., Wibisono, B. H., & Roychansyah, M. S. (2021). Urban Sustainability and Resilience Governance: Review from The Perspective of Climate Change Adaptation And Disaster Risk Reduction. *Journal of Regional and City Planning*, 32(1), 83–98. <https://doi.org/10.5614/jpww.2021.32.1.6>
- Peiris, M. T. O. V. (2024). Assessment of Urban Resilience to Floods: A Spatial Planning Framework for Cities. *Sustainability*, 16(20), 9117. <https://doi.org/10.3390/su16209117>
- Putri, T. P., Retnowati, A., Nugroho, B. D. A., & Maulana, E. (2025). Rainfall patterns and land use changes on temporal flood vulnerability in Purworejo Regency, Central Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(3), 7739–7751. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.123.7739>
- Ramli, M. W. A., Alias, N. E., Yusof, H. M., Yusop, Z., Taib, S. M., Wahab, Y. F. A., & Hassan, S. A. (2023). Spatial multidimensional vulnerability assessment index in urban area- A case study Selangor, Malaysia. *Progress in Disaster Science*, 20, 100296. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2023.100296>
- Rojas, M. Y. C., & Oropeza, O. A. C. (2020). Critical commentary: urban growth and access to opportunities: A challenge for Latin America from the ADC-Development Bank of Latin America. In *Revista de Direito da Cidade* (Vol. 12, Number 2). <https://doi.org/10.12957/rdc.2020.50557>
- Taufan Maulana, A., & Andriansyah, A. (2024). Mitigasi Bencana di Indonesia. *COMSERVA : Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 3(10), 3996–4012. <https://doi.org/10.59141/comserva.v3i10.1213>
- Ulza, A., Idris, Y., Asyifa, C. N., & Irvansyah, R. (2023). Closing the Resilience Gap: A Preliminary Study on Establishing the National Fragility Curve Catalog for Multi-Hazard Assessment in Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 447. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344701002>
- UNDRR. (2015). Analyzing the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 105–106. <https://doi.org/10.1007/s13753-015-0056-3>
- Virtrianaa, R., Retnowati, D. A., Rohayani, P., Anggraini, T. S., Ihsan, K. T. N., Harto, A. B., & Riqqi, A. (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MCDA AND GFI METHODS IN DETERMINING FLOOD-PRONE AREAS IN JATINANGOR DISTRICT, SUMEDANG. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 261–266. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-3-2023-261-2023>
- Wahyuni, Fatimah, E., & Azmeri. (2015). Analisis Tingkat Kerentanan dan Kapasitas Masyarakat terhadap Bencana Banjir Bandang Kecamatan Celala Kabupaten Aceh Tengah. *Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 8(3), 33–40.
- Wardhana, I. K. W., Martha, S., Arief, S., Prihanto, Y., Gultom, R. A. G., & Yunita, R. (2023). Kajian Rencana Pola Ruang Dalam Mitigasi Ancaman Bahaya Tanah Longsor di Kecamatan Sukamakmur Kabupaten Bogor. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 4(1), 19–26. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2023.v4i1.129>
- Woods, A. C., Gupta, V., & Campos, L. C. (2025). A state-of-the-art approach to assessing relative multi-dimensional vulnerabilities for urban flood resilience in the UK. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 130, 105827. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105827>