

DETERMINANTS OF DISASTER MITIGATION FACILITIES IN INDONESIAN REGENCIES/CITIES: AN ANALYSIS BASED ON PODES 2024

Izzuddin Ar Rifqiy*

Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku

*izzuddin.arryifqiy@bps.go.id

Diterima: 24 November 2025

Direvisi: 15 Desember 2025

Dipublikasikan: April 2026

ABSTRACT

Indonesia is widely recognized as one of the most disaster-prone nations globally; however, mitigation capacities at the regional level remain uneven. This study aims to analyze the determinants influencing the availability of disaster mitigation facilities across 514 regencies/cities in Indonesia. Utilizing secondary data from the 2024 Village Potential Statistics (PODES), the Indonesian Disaster Risk Index (IRBI), and other socio-economic indicators, this research employs multiple linear regression models to examine four mitigation indicators: Early Warning Systems (EWS), water area maintenance, safety equipment, and evacuation signage. The results reveal a critical gap between risk and readiness; regions with high disaster risk indices tend to have fewer structural mitigation facilities, suggesting significant resource constraints. On a positive note, social capital (gotong royong) and the Human Development Index (HDI) consistently prove to be significant drivers enhancing preparedness across all models. Conversely, poor telecommunication infrastructure serves as a major barrier to effective EWS and mitigation coordination. This research recommends strengthening community-based policies, improving digital infrastructure equity, and providing specific fiscal interventions for high-risk areas with low economic capacity.

Kata Kunci: Community Capacity; Disaster Risk; Disaster Mitigation; PODES 2024

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara paling rawan bencana di dunia, namun kapasitas mitigasi di tingkat daerah masih menunjukkan ketimpangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor determinan yang mempengaruhi keberadaan fasilitas mitigasi bencana di 514 kabupaten/kota di Indonesia. Menggunakan data sekunder dari Potensi Desa (PODES) 2024, Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI), dan indikator sosio-ekonomi lainnya, studi ini menerapkan model regresi linier berganda untuk menguji empat indikator mitigasi: Sistem Peringatan Dini (EWS), perawatan wilayah perairan, perlengkapan keselamatan, dan rambu evakuasi. Hasil penelitian mengungkap temuan penting mengenai adanya kesenjangan antara risiko dan kesiapan; daerah dengan indeks risiko bencana tinggi justru cenderung memiliki fasilitas mitigasi struktural yang lebih rendah, mengindikasikan kendala kapasitas sumber daya. Secara positif, kapasitas masyarakat seperti gotong royong dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terbukti konsisten menjadi faktor signifikan yang meningkatkan kesiapsiagaan di seluruh model. Sebaliknya, infrastruktur telekomunikasi yang buruk menjadi penghambat utama bagi efektivitas EWS dan koordinasi mitigasi. Penelitian ini merekomendasikan penguatan kebijakan berbasis komunitas, pemerataan infrastruktur digital, dan intervensi anggaran khusus bagi daerah berisiko tinggi dengan kapasitas fiskal rendah.

Keywords: Kapasitas Masyarakat; Mitigasi Bencana; PODES 2024; Risiko Bencana,

A. PENDAHULUAN

Indonesia menghadapi tantangan kerentanan yang ekstrem, menempati peringkat kedua negara paling berisiko di antara 193 negara menurut World Risk Report (2024). Tingginya eksposur risiko ini dipicu oleh kombinasi posisi geologis di "cincin api" yang rawan bencana tektonik serta karakteristik iklim tropis yang memicu bencana hidrometeorologis. Amien

Widodo bahkan mencatat bahwa 90-95 persen bencana di Indonesia didominasi oleh jenis hidrometeorologi, sementara sisanya adalah vulkanik dan tektonik (Mongabay Indonesia, 2025). Situasi ini menjadi semakin krusial mengingat tingginya konsentrasi penduduk di zona bahaya; Kementerian Kelautan dan Perikanan (2024) melaporkan bahwa 60 persen penduduk bermukim dalam radius 50 km dari garis pantai, dengan 16,4 juta jiwa di antaranya berada di zona sangat dekat (10 km) yang rentan terhadap tsunami dan abrasi. Kompleksitas ancaman multi-dimensi inilah yang mendorong Kepala BNPB, Suharyanto, menjuluki Indonesia sebagai "Supermarket Bencana" (CNN Indonesia, 2022), sebuah kondisi yang menuntut adanya analisis mendalam mengenai determinan ketersediaan fasilitas mitigasi di tingkat daerah.

Meskipun urgensi penanggulangan bencana sangat tinggi, upaya mitigasi struktural dan berbasis wilayah memerlukan peninjauan mendalam karena adanya variasi risiko yang ekstrem. Sebagaimana dilaporkan oleh BNPB (2024), karakteristik kepulauan yang tersebar luas menyebabkan penanganan mitigasi tidak bisa diseragamkan, melainkan harus terdesentralisasi menyesuaikan kondisi lokal. Sayangnya, penelitian kuantitatif sistematis mengenai mitigasi di tingkat kabupaten/kota di Indonesia masih terbatas. Literatur yang ada cenderung parsial, hanya menyoroti satu aspek, atau didominasi oleh pendekatan kualitatif dan studi kasus lokal (Kaushik, R. et al., 2024; Han et al., 2021; Du et al., 2020).

Evaluasi terhadap literatur terdahulu menunjukkan adanya dikotomi antara aspek teknis dan aspek sosial-kelembagaan. Du et al. (2020) melalui analisis regresi panel parsial mengkritisi bahwa diskursus mitigasi banjir di Indonesia selama ini terlalu berat pada aspek teknis infrastruktur, sehingga kurang mengintegrasikan dimensi kelembagaan. Padahal, aspek non-teknis terbukti krusial. Hal ini dikonfirmasi oleh Han et al. (2021) yang menggunakan analisis faktor pada data survei inventarisasi, di mana ditemukan bahwa adopsi teknologi Early Warning System (EWS) hanya akan efektif jika didukung oleh faktor kelembagaan dan modal sosial masyarakat. Peran krusial modal sosial ini diperkuat oleh temuan Dokhi et al. (2014); melalui regresi multivariat data SUSENAS, studi ini menegaskan bahwa modal sosial secara signifikan meningkatkan partisipasi dan koordinasi warga di tingkat desa, yang merupakan fondasi kesiapsiagaan bencana.

Di sisi lain, literatur mengenai infrastruktur fisik kini mulai bergeser dari sekadar ketersediaan menuju efektivitas perilaku (*behavioral*). World Bank (2017) dalam analisis panel kebijakannya memang menegaskan bahwa infrastruktur komunikasi dan jalur evakuasi adalah unsur fundamental untuk ketahanan kawasan Asia Pasifik. Namun, keberadaan infrastruktur fisik saja tidak cukup tanpa mempertimbangkan interaksi manusia. Hal ini dibuktikan oleh Kubota et al. (2024) melalui analisis statistik perilaku, yang menekankan bahwa efektivitas evakuasi sangat bergantung pada desain dan penempatan rambu yang sesuai dengan psikologi dan perilaku pencarian jalan (*way-finding behavior*) masyarakat saat darurat.

Untuk mengisi kesenjangan literatur tersebut, kebaruan (*novelty*) utama penelitian ini terletak pada pendekatan kuantitatif komprehensif berskala nasional yang mengintegrasikan dimensi risiko, infrastruktur ekonomi, dan kapasitas sosial secara simultan dalam memprediksi ketersediaan fasilitas mitigasi. Berbeda dengan studi-studi terdahulu yang umumnya terbatas pada analisis deskriptif atau studi kasus lokal yang parsial, penelitian ini

menawarkan analisis inferensia berbasis data mikro kewilayahan terbaru (PODES 2024) yang mencakup seluruh 514 kabupaten/kota. Kontribusi ini memberikan bukti empiris pertama yang secara sistematis memetakan determinan fasilitas mitigasi struktural dan kultural (gotong royong) dalam satu kerangka analitis yang holistik di Indonesia.

Landasan Teori

Mitigasi bencana merupakan upaya mengurangi risiko bencana melalui pendekatan fisik maupun penyadaran, sesuai amanat UU No. 24 Tahun 2007 dan sejalan dengan Sendai Framework (BNPB, 2024; UNDRR, 2015). Dalam penelitian ini, mitigasi difokuskan pada fasilitas yang tercatat dalam Pendataan Potensi Desa (PODES) 2024, yang meliputi:

Sistem Peringatan Dini (EWS): Pemberian peringatan segera kepada warga akan potensi bencana, baik melalui alat manual maupun digital (BPS, 2024).

Perlengkapan Keselamatan: Ketersediaan alat untukantisipasi dan evakuasi, seperti perahu karet, tenda, dan masker (BPS, 2024).

Rambu dan Jalur Evakuasi: Ketersediaan petunjuk rute menuju lokasi aman (*muster point*) saat terjadi bencana (BPS, 2024).

Perawatan/Normalisasi Lingkungan: Upaya pencegahan fisik (pada sungai, kanal, tanggul, dsb.) untuk mengurangi ancaman bencana sesuai PP No. 21 Tahun 2008 (BPS, 2024).

Keberadaan fasilitas mitigasi dipengaruhi oleh interaksi dinamis antara risiko, kapasitas ekonomi, dan modal sosial. Secara teoritis, wilayah dengan risiko tinggi dan riwayat bencana historis cenderung memiliki kesiapsiagaan yang lebih baik akibat desakan urgensi politik (Su et al., 2022). IRBI sendiri berfungsi sebagai indikator komposit kesiapsiagaan yang mengintegrasikan bahaya, kerentanan, dan kapasitas (BNPB, 2024). Namun, hubungan linear ini sering terdistorsi oleh keterbatasan kapasitas ekonomi dan kelembagaan yang menghambat implementasi mitigasi (Kaushik, R. et al., 2024).

Dalam aspek infrastruktur, PDRB dan kualitas telekomunikasi menjadi prasyarat fundamental bagi efektivitas sistem peringatan dini, di mana status administrasi daerah (kota/kabupaten) turut mencerminkan kematangan kelembagaan pendukungnya (Romer, 1990; ITU, 2025; North, 1990). Kendati demikian, infrastruktur fisik semata tidak akan efektif tanpa didukung koordinasi kelembagaan yang solid dan kesadaran masyarakat (Du et al., 2020; Han et al., 2021).

Oleh karena itu, dimensi kapasitas masyarakat melalui modal sosial (gotong royong) dan IPM memegang peran vital dalam memobilisasi partisipasi warga dan pemahaman risiko (Putnam, 1993; Sen, 1999). Meskipun begitu, potensi erosi nilai sosial menuntut adanya dukungan kebijakan formal agar mitigasi berbasis komunitas tetap berkelanjutan di tengah dinamika masyarakat (Dokhi et al., 2014; Du et al., 2020).

B. METODE PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis statistik deskriptif dan analisis inferensia. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik variabel melalui peta tematik sederhana, sedangkan analisis inferensia menggunakan metode analisis regresi linier berganda untuk menguji pengaruh simultan variabel independen terhadap variabel dependen (Kaushik, R. et al., 2024; Gujarati & Porter, 2009).

Desain penelitian ini adalah *cross-sectional* di mana semua data dikumpulkan pada periode waktu yang sama (tahun 2024), memungkinkan identifikasi pola hubungan antar variabel pada tingkat spatial-regional lintas kabupaten/kota di Indonesia (Hair et al., 2014).

2. Sumber Data dan Unit Analisis

2.1 Sumber Data Sekunder

Data penelitian ini bersumber dari data sekunder resmi yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia melalui hasil pendataan mikro Potensi Desa (PODES) Tahun 2024. PODES merupakan survei sensus desa terlengkap di Indonesia yang mencakup informasi komprehensif tentang ketersediaan infrastruktur, fasilitas publik, kelembagaan, dan karakteristik desa/kelurahan secara terperinci (BPS, 2024).

Data tambahan Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) 2024 berasal dari Publikasi BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) 2024 dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) 2024 berasal dari web bps.go.id.

2.2. Unit Analisis

Unit analisis penelitian ini adalah 514 kabupaten dan kota di Indonesia. Data desa hasil podes diagregasi pada level kabupaten/kota (N=514 observasi seluruh kabupaten/kota dengan data lengkap dari PODES 2024). Pemilihan kabupaten/kota sebagai unit analisis didasarkan pada pertimbangan institusional dan kebijakan yang mendasar, melampaui sekadar ketersediaan data. Dalam kerangka desentralisasi di Indonesia, kabupaten/kota merupakan entitas otonom strategis yang memegang kewenangan operasional utama penanggulangan bencana melalui Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), sebagaimana dimandatkan dalam UU No. 24 Tahun 2007.

Variabel Dependen (Y)

No	Variabel	Definisi Operasional	Sumber Data	Skala
1.	LnEWS (Logaritmik Natural <i>Early Warning System</i>)	Logaritmik natural dari persentase desa di kabupaten/kota yang memiliki <i>Early Warning System</i> terkait bencana	PODES 2024	Numerik (Ln)
2.	RAWAT_AIR	Persentase desa di kabupaten/kota yang melakukan pembuatan, perawatan/normalisasi sungai, kanal, tanggul, dan infrastruktur sejenis selama tahun 2024	PODES 2024	Numerik (%)
3.	LnPERKAP (Logaritmik Natural Perlengkapan Keselamatan)	Logaritmik natural dari persentase desa di kabupaten/kota yang memiliki perlengkapan keselamatan di tahun 2024	PODES 2024	Numerik (Ln)
4.	LnRAMBU (Logaritmik	Logaritmik natural dari persentase desa di kabupaten/kota	PODES 2024	Numerik (Ln)

Natural Rambu Evakuasi) kota yang memiliki rambu-rambu peringatan dan jalur evakuasi yang jelas di tahun 2024

Justifikasi Transformasi Logaritmik:

Variabel LnEWS, LnPERKAP, dan LnRAMBU ditransformasi ke bentuk logaritmik natural karena: (1) distribusi data persentase seringkali right-skewed, logaritmik transformation menormalisasi distribusi; (2) hubungan antara X dan Y kemungkinan nonlinear dengan *diminishing returns*, Ln transformation lebih sesuai (Gujarati & Porter, 2009); (3) *interpretasi elasticity-based* memudahkan policy implications (% change dalam $X \rightarrow$ % change dalam Y) (Hair et al., 2014).

Variabel Independen (Y)

No	Variabel	Definisi Operasional	Sumber Data	Skala
Dimensi Risiko				
1.	IRBI_2024	Indeks Risiko Bencana Indonesia kabupaten/kota tahun 2024	BNPB, 2024	Numerik
2.	ADA_BENCANA	Persentase desa di kabupaten/kota yang mengalami bencana selama tahun 2023-April 2024	PODES 2024	Numerik (%)
Dimensi Infrastruktur dan Ekonomi				
3.	SINYAL_BURUK	Persentase desa di kabupaten/kota yang memiliki sinyal lemah atau tidak ada sinyal	PODES 2024	Numerik (%)
4.	LnPDRB_ADHB	Logaritmik natural dari PDRB ADHB (Harga Berlaku) setiap kabupaten/kota tahun 2024	BPS, 2024	Numerik (Ln)
5.	KAB_KOTA	Status daerah: 1=Kota, 0=Kabupaten (kontrol variabel untuk kematangan kelembagaan)	PODES 2024	Kategori k (Dummy)
Dimensi Kapasitas Masyarakat				
6.	IPM	Indeks Pembangunan Manusia kabupaten/kota tahun 2024	BPS, 2024	Numerik

7.	GOTONG ROYONG	Persentase desa di kabupaten/kota yang memiliki gotong royong dan sebagian besar warga terlibat di tahun 2024	PODES 2024	Numerik (%)
----	----------------------	---	------------	-------------

3. Model Analisis Regresi Linier Berganda

3.1 Spesifikasi Model Umum

Penelitian ini menggunakan model regresi linier berganda untuk mengestimasi pengaruh variabel independen terhadap masing-masing variabel dependen. Model umum adalah sebagai berikut (Gujarati & Porter, 2009):

Model 1: Y1 (LnEWS)

$$\text{LnEWS} = \beta_0 + \beta_1(\text{IRBI}_{\{2024\}}) + \beta_2(\text{ADA_BENCANA}) + \beta_3(\text{SINYAL_BURUK}) + \beta_4(\text{LnPDRB_ADHB}) + \beta_5(\text{KAB_KOTA}) + \beta_6(\text{IPM}) + \beta_7(\text{GOTONG_ROYONG}) + \varepsilon$$

Model 2: Y2 (RAWAT_AIR)

$$\text{RAWAT_AIR} = \beta_0 + \beta_1(\text{IRBI}_{\{2024\}}) + \beta_2(\text{ADA_BENCANA}) + \beta_3(\text{SINYAL_BURUK}) + \beta_4(\text{LnPDRB_ADHB}) + \beta_5(\text{KAB_KOTA}) + \beta_6(\text{IPM}) + \beta_7(\text{GOTONG_ROYONG}) + \varepsilon$$

Model 3: Y3 (LnPERKAP)

$$\text{LnPERKAP} = \beta_0 + \beta_1(\text{IRBI}_{\{2024\}}) + \beta_2(\text{ADA_BENCANA}) + \beta_3(\text{SINYAL_BURUK}) + \beta_4(\text{LnPDRB_ADHB}) + \beta_5(\text{KAB_KOTA}) + \beta_6(\text{IPM}) + \beta_7(\text{GOTONG_ROYONG}) + \varepsilon$$

Model 4: Y4 (LnRAMBU)

$$\text{LnRAMBU} = \beta_0 + \beta_1(\text{IRBI}_{\{2024\}}) + \beta_2(\text{ADA_BENCANA}) + \beta_3(\text{SINYAL_BURUK}) + \beta_4(\text{LnPDRB_ADHB}) + \beta_5(\text{KAB_KOTA}) + \beta_6(\text{IPM}) + \beta_7(\text{GOTONG_ROYONG}) + \varepsilon$$

Keterangan:

β_0 = Konstanta (*intercept*)

β_1 - β_7 = Koefisien regresi parsial untuk masing-masing variabel independen

ε = *Error term/residual*

3.2 Metode Estimasi Parameter

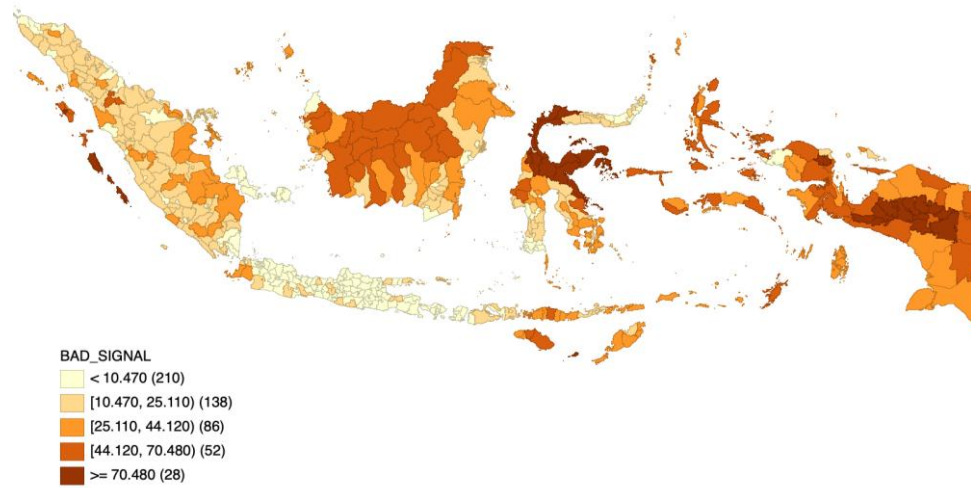
Estimasi parameter model regresi menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) dengan teknik Enter (simultan), di mana semua variabel independen dimasukkan bersamaan dalam satu blok untuk mengestimasi pengaruh gabungan (Hair et al., 2014). Metode Enter dipilih karena konsisten dengan kerangka teoritis yang telah mengidentifikasi semua variabel sebagai prediktor penting dalam keberadaan mitigasi bencana.

4. Uji Dependensi Spasial dan Penanganan Data

Untuk merespons potensi dependensi spasial yang melekat pada data lintas wilayah, penelitian ini melakukan pemeriksaan diagnostik menggunakan *Univariate Moran's I* pada variabel-variabel kunci. Temuan diagnostik ini digunakan untuk memperkaya analisis karakteristik kewilayahan, sementara model *Ordinary Least Squares* (OLS) tetap diterapkan sebagai baseline untuk mengestimasi determinan global secara nasional. Selanjutnya, terkait kualitas data, dataset yang digunakan bersifat lengkap (*complete cases*) mencakup seluruh populasi 514 kabupaten/kota yang bersumber dari sensus PODES 2024, sehingga tidak memerlukan prosedur imputasi atau penanganan *missing data*.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Karakteristik Kabupaten/Kota Menurut PODES 2024:



Gambar 1. Peta Sebaran Desa dengan Sinyal Lemah atau Tanpa Sinyal per Kabupaten/Kota (2024)

Gambar 1 memvisualisasikan ketimpangan infrastruktur telekomunikasi yang tajam di Indonesia, di mana Pulau Jawa dan Bali memiliki jangkauan sinyal yang sangat baik (warna terang). Sebaliknya, wilayah Indonesia Timur, khususnya Papua, Maluku, dan pedalaman Kalimantan, didominasi warna coklat pekat yang menunjukkan tingginya persentase desa dengan sinyal lemah atau tanpa sinyal (hingga di atas 70%).

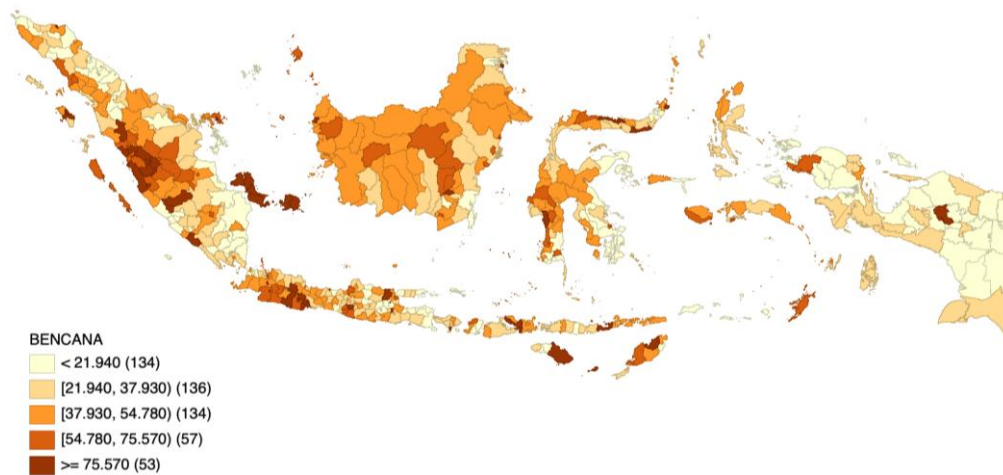
Pemeriksaan autokorelasi spasial menggunakan Univariate Moran's I pada variabel infrastruktur telekomunikasi (SINYAL_BURUK) menunjukkan nilai indeks yang sangat tinggi ($I = 0.7002$; $p < 0.001$). Angka ini mengindikasikan adanya polarisasi spasial yang ekstrem, yang secara statistik mengonfirmasi adanya kesenjangan digital yang tajam antar-kawasan di Indonesia. Temuan ini menegaskan bahwa hambatan infrastruktur telekomunikasi tidak terjadi secara acak, melainkan merupakan tantangan struktural yang terkonsentrasi di wilayah-wilayah tertentu.



Gambar 2. Tingkat Partisipasi Gotong Royong Masyarakat Desa per Kabupaten/Kota (2024)

Gambar 2 menunjukkan kekuatan modal sosial di Indonesia, yang ditunjukkan dengan warna coklat sangat pekat di hampir seluruh Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan Sulawesi. Dominasi warna gelap mengindikasikan bahwa partisipasi warga dalam kegiatan gotong royong masih sangat tinggi dan menjadi norma yang mengakar kuat di masyarakat desa. Modal sosial yang masif ini merupakan aset strategis non-fisik yang sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam manajemen bencana berbasis komunitas.

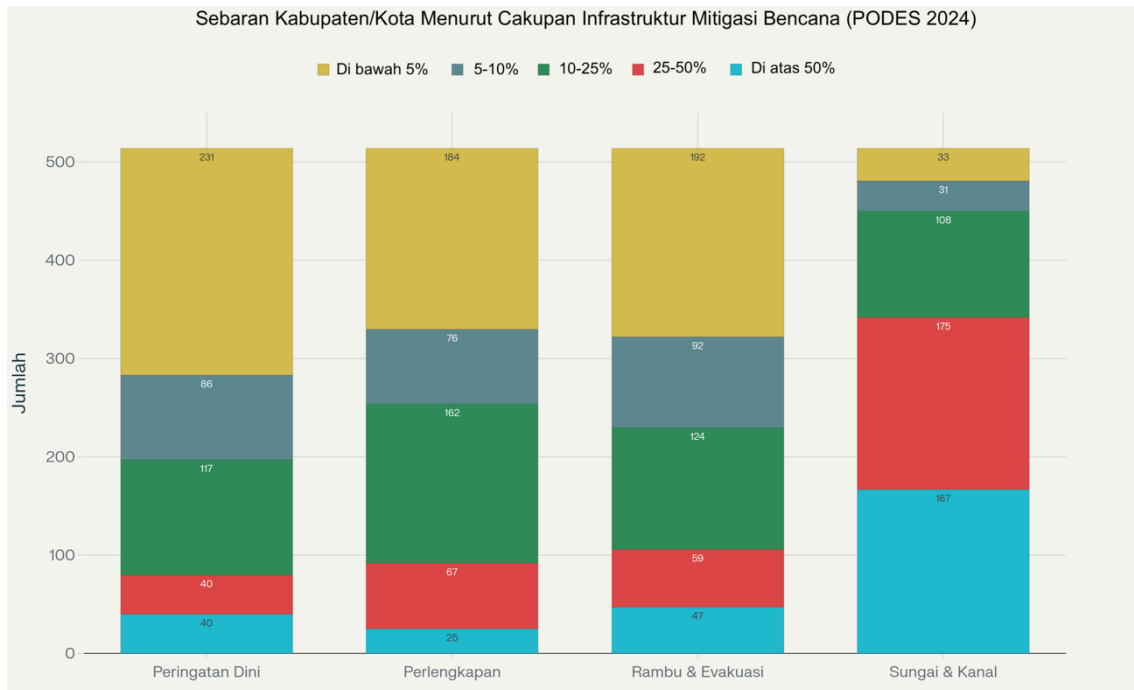
Untuk merespons potensi dependensi spasial antar-wilayah, studi ini melakukan uji diagnostik Univariate Moran's I pada variabel kunci (Kapasitas Masyarakat/Gotong Royong). Hasil menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif yang signifikan (Moran's I = 0.367; $p < 0.001$). Temuan ini mengonfirmasi bahwa karakteristik sosial antar-kabupaten memiliki pola kluster.



Gambar 3. Distribusi Kejadian Bencana: Persentase Desa Terdampak per Kabupaten/Kota (Jan 2023–Apr 2024)

Gambar 3 memvisualisasikan sebaran kejadian bencana, di mana konsentrasi tertinggi (warna coklat pekat) terlihat dominan di wilayah Sumatera, sebagian Kalimantan, dan Sulawesi. Pola ini menunjukkan bahwa wilayah-wilayah tersebut memiliki kerentanan fisik yang tinggi dengan persentase desa terdampak bencana yang signifikan dalam periode pengamatan. Tingginya frekuensi bencana di luar Jawa menegaskan perlunya desentralisasi kapasitas mitigasi dan infrastruktur penanggulangan bencana yang lebih merata. Uji autokorelasi spasial pada variabel kejadian bencana menunjukkan nilai Moran's I yang signifikan sebesar 0.3995 ($p < 0.001$). Temuan ini mengindikasikan adanya kluster risiko bencana yang kuat.

2. Analisis Deskriptif Distribusi Mitigasi Bencana di Kabupaten Kota:



Gambar 4. Sebaran Kabupaten/Kota Menurut Cakupan Desa dengan Infrastruktur Mitigasi Bencana (PODES 2024)

Gambar 4 menyajikan Distribusi fasilitas mitigasi risiko bencana di 514 kabupaten/kota di Indonesia sangat beragam. Sistem peringatan dini paling banyak ada di kabupaten/kota dengan desa yang punya fasilitas di bawah 5 persen, yaitu 231 kabupaten/kota. Hanya 40 kabupaten/kota yang desa dengan sistem peringatan dini di atas 50 persen. Perlengkapan keselamatan juga masih kurang merata. Ada 67 kabupaten/kota dengan perlengkapan 25-50 persen dan 184 kabupaten/kota di bawah 5 persen. Rambu-rambu dan jalur evakuasi paling banyak ada di bawah 5 persen, sebanyak 192 kabupaten/kota. Sebaliknya, pembuatan dan perawatan sungai, kanal, dan tanggul lebih baik. Sebanyak 167 kabupaten/kota memiliki fasilitas ini di atas 50 persen. Namun, masih ada beberapa daerah dengan persentase rendah. Secara keseluruhan, fasilitas mitigasi bencana masih belum merata di desa-desa di Indonesia.

Pemeriksaan diagnostik spasial pada keempat variabel dependen mengonfirmasi adanya autokorelasi spasial positif yang signifikan secara statistik ($p < 0.001$ pada seluruh indikator). Konsentrasi spasial tertinggi ditemukan pada ketersediaan perlengkapan keselamatan ($I = 0.65$) dan perawatan wilayah perairan ($I = 0.55$), yang mengindikasikan bahwa kapasitas logistik dan manajemen infrastruktur fisik antar-kabupaten cenderung membentuk klaster wilayah yang sangat kuat. Pola pengelompokan serupa, dengan intensitas moderat, juga teridentifikasi pada sistem peringatan dini ($I = 0.49$) dan ketersediaan rambu evakuasi ($I = 0.41$).

Temuan spasial ini digunakan untuk memperkuat konteks karakteristik wilayah, sementara model OLS tetap dipertahankan sebagai *baseline* untuk mengestimasi determinan kebijakan secara nasional.

3. Analisis Inferensia

Untuk menguji pengaruh dimensi risiko, infrastruktur, ekonomi, dan kapasitas masyarakat terhadap kesiapsiagaan bencana di tingkat kabupaten/kota, penelitian ini

mengestimasi empat model regresi linier berganda (*Ordinary Least Squares*). Tabel 1 menyajikan hasil koefisien regresi dan diagnostik model untuk variabel dependen: *ketersediaan Early Warning System* (Model 1), aktivitas perawatan wilayah perairan (Model 2), ketersediaan perlengkapan keselamatan (Model 3), dan keberadaan rambu evakuasi (Model 4).

Tabel 1. Ringkasan Hasil Estimasi Regresi Linier Berganda Determinan Mitigasi Bencana di Kabupaten/Kota (2024)

Parameter	Model 1 Y1: LnEWS B (Sig.) (Std. Error)	Model 2 Y2: RAWAT_AIR B (Sig.) (Std. Error)	Model 3 Y3: LnPERKAP B (Sig.) (Std. Error)	Model 4 Y4: LnRAMBU B (Sig.) (Std. Error)	VIF
Ringkasan Model					
R Square	0,321	0,462	0,445	0,254	-
Adjusted R Square	0,313	0,456	0,439	0,244	-
F-Statistik	39,244	72,408	68,048	28,585	-
Sig. F	0,001	0,001	0,001	<0,001	-
N	514	514	514	514	-
Koefisien Variabel					
(Constant)	-2.997 (0.001) (0.886)	-47.602 (0.003) (15.788)	-3.291 (0.000) (0.775)	-4.076 (0.000) (0.971)	-
Dimensi Risiko					
IRBI_2024	-0.005 (0.003) (0.002)	-0.068 (0.017) (0.028)	-0.005 (0.000) (0.001)	0.004 (0.034) (0.002)	1,22
ADA_BENCANA	0.009 (0.000) (0.002)	0.140 (0.000) (0.035)	0.011 (0.000) (0.002)	0.009 (0.000) (0.002)	1,058
Dimensi Infrastruktur dan Ekonomi					
SINYAL_BURUK	-0.009 (0.001) (0.003)	-0.338 (0.000) (0.049)	-0.011 (0.000) (0.002)	-0.004 (0.151) (0.003)	1,881
LnPDRB_ADHB	0.159 (0.001) (0.047)	4.401 (0.000) (0.838)	0.292 (0.000) (0.041)	0.092 (0.076) (0.052)	1,757
KAB_KOTA	-0.113 (0.483) (0.161)	4.600 (0.108) (2.860)	-0.265 (0.059) (0.140)	0.596 (0.001) (0.176)	1,969
Dimensi Kapasitas Masyarakat					
IPM	0.027 (0.034) (0.013)	0.499 (0.030) (0.229)	0.028 (0.013) (0.011)	0.036 (0.010) (0.014)	3,239
GOTONG_ROYONG	0.023 (0.000) (0.003)	0.207 (0.000) (0.059)	0.013 (0.000) (0.003)	0.022 (0.000) (0.004)	1,078

3.1 Ringkasan Model dan Kualitas Prediksi

Keempat model regresi menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) dengan tujuh variabel independen yang sama tetapi berbeda variabel dependen. Semua model signifikan secara statistik ($p < 0.001$), namun kemampuan prediksi bervariasi cukup luas.

3.2 Perbandingan R^2 dan *Adjusted R^2* untuk keempat model regresi

Model Y2 (RAWAT_AIR) menunjukkan performa terbaik dengan R^2 sebesar 0.462 dan Adjusted R^2 0.454, menjelaskan 45.4% variasi dalam aktivitas pembuatan dan perawatan sungai, kanal, serta tanggul. Model ini memiliki F-statistik tertinggi (61.950), mengindikasikan bahwa kombinasi variabel independen secara bersama-sama memberikan penjelasan yang sangat kuat terhadap upaya mitigasi infrastruktur fisik ini.

Model Y3 (LnPERKAP) memiliki performa hampir setara dengan R^2 0.445 dan Adjusted R^2 0.438, menjelaskan 43.8% variasi ketersediaan perlengkapan keselamatan. F-statistik sebesar 58.048 menunjukkan model ini juga sangat robust dalam menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kesiapan peralatan keselamatan.

Model Y1 (LnEWS) menunjukkan performa sedang dengan R^2 0.321 dan Adjusted R^2 0.312, menjelaskan 31.2% variasi keberadaan *Early Warning System*. Meskipun lebih rendah dari dua model sebelumnya, nilai ini masih cukup baik untuk penelitian sosial ekonomi dengan F-statistik 34.244 yang signifikan.

Model Y4 (LnRAMBU) memiliki daya prediksi paling lemah dengan R^2 0.254 dan Adjusted R^2 0.244, hanya menjelaskan 24.4% variasi keberadaan rambu-rambu dan jalur evakuasi. Perbedaan antara R^2 dan Adjusted R^2 yang minimal (0.01) pada semua model mengindikasikan bahwa tidak ada variabel independen yang berlebihan atau tidak berkontribusi secara substansial.

3.3 Temuan Lintas Model dan Implikasi Kebijakan

Dimensi Risiko

IRBI_2024 menunjukkan pola yang tidak intuitif: negatif signifikan pada Y1, Y2, dan Y3, namun positif signifikan pada Y4. Daerah dengan risiko bencana tinggi justru memiliki lebih sedikit EWS, perawatan sungai, dan perlengkapan keselamatan, menunjukkan kesenjangan kritis antara kebutuhan dan kesiapan. Hanya untuk rambu evakuasi (biaya rendah) terjadi alignment positif. Ini menunjukkan bahwa daerah berisiko tinggi mungkin menghadapi kendala sumber daya yang mencegah investasi substansial dalam mitigasi bencana.

ADA_BENCANA signifikan positif di semua model ($p < 0.001$) dengan koefisien standar 0.135-0.211. Pengalaman bencana secara konsisten mendorong investasi dalam berbagai jenis fasilitas mitigasi, menunjukkan pembelajaran reaktif namun juga mengkhawatirkan bahwa diperlukan bencana terlebih dahulu untuk memicu tindakan. Pendekatan proaktif berbasis risiko perlu diperkuat.

Dimensi Kapasitas Masyarakat

IPM konsisten berpengaruh positif signifikan di semua model (koefisien standar 0.128-0.178). Pembangunan manusia yang lebih tinggi secara konsisten berkorelasi dengan kesiapsiagaan bencana yang lebih baik, mencerminkan bahwa kapasitas kelembagaan, pendidikan, dan kesadaran publik adalah fondasi penting untuk berbagai aspek mitigasi bencana.

GOTONG_ROYONG adalah variabel yang paling konsisten berpengaruh positif signifikan di semua empat model dengan koefisien standar berkisar 0.119-0.264. Ini menggarisbawahi pentingnya kapasitas masyarakat dalam segala aspek kesiapsiagaan bencana, dari teknologi (EWS) hingga infrastruktur fisik (perawatan sungai) hingga perlengkapan dan rambu evakuasi. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menekankan pentingnya *community-based disaster risk reduction*.

Dimensi Infrastruktur dan Ekonomi

SINYAL_BURUK negatif kuat dan signifikan untuk Y1, Y2, dan Y3, namun tidak signifikan untuk Y4. Infrastruktur telekomunikasi adalah hambatan kritis untuk EWS, perawatan sungai (koordinasi), dan perlengkapan keselamatan, tetapi tidak untuk rambu evakuasi pasif. Ini menunjukkan bahwa pembangunan infrastruktur komunikasi harus menjadi prioritas untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana

LnPDRB_ADHB signifikan positif untuk Y1, Y2, dan Y3, namun tidak signifikan untuk Y4. Kapasitas ekonomi sangat penting untuk fasilitas yang memerlukan investasi besar (EWS, perawatan infrastruktur, perlengkapan), namun kurang relevan untuk rambu evakuasi yang relatif murah. Ini menunjukkan bahwa dukungan finansial pemerintah pusat sangat diperlukan untuk daerah dengan kapasitas ekonomi rendah namun risiko tinggi.

KAB_KOTA tidak signifikan di Y1, Y2, dan Y3, namun signifikan positif di Y4. Status administratif hanya relevan untuk rambu evakuasi, dimana kota lebih baik, kemungkinan karena kepadatan dan kompleksitas perkotaan. Untuk aspek lain, perbedaan kota-kabupaten tidak substansial setelah mengontrol variabel lain.

4. Uji Asumsi Klasik *Best Linear Unbiased Estimator* (BLUE)

Berdasarkan evaluasi terhadap asumsi klasik atau BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*) telah dilakukan pada empat model regresi dengan variabel dependen LnEWS, RAWAT_SUNGAI, LnPERKAP, dan LnRAMBU. Pertama, uji normalitas menunjukkan hasil yang terpenuhi dengan baik pada seluruh model; hal ini dibuktikan secara visual melalui grafik Histogram yang menampilkan pola kurva lonceng simetris sempurna serta grafik Normal P-P Plot di mana titik-titik data menyebar mengikuti garis diagonal secara konsisten, yang mengindikasikan bahwa residual terdistribusi secara normal.

Selanjutnya, uji multikolinearitas menunjukkan bahwa model regresi bebas dari korelasi yang kuat antar variabel independen. Kesimpulan ini didasarkan pada nilai statistik *Collinearity* dalam tabel *Coefficients*, di mana nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk variabel-variabel prediktor (seperti IPM, Sinyal Buruk, Gotong Royong, dll.) secara konsisten berada jauh di bawah ambang batas 10 (umumnya berkisar antara angka 1 hingga 2), dan nilai Tolerance berada di atas 0,10. Selain itu, uji linearitas melalui tabel ANOVA menunjukkan nilai signifikansi yang valid ($\text{Sig} < 0,05$), menegaskan bahwa model linear yang dibangun layak untuk menjelaskan hubungan antar variabel. Dengan terpenuhinya asumsi-asumsi tersebut, model regresi ini dinyatakan memenuhi kriteria BLUE sehingga menghasilkan estimator yang tidak bias dan dapat diandalkan untuk analisis inferensial.

Terkait isu bias agregasi, penelitian ini menyadari sepenuhnya potensi *ecological fallacy* yang muncul akibat transformasi data mikro desa ke level kabupaten/kota. Namun, agregasi ini dilakukan dengan pertimbangan strategis bahwa kewenangan otonomi daerah, keputusan anggaran penanggulangan bencana, dan kebijakan pembangunan di Indonesia terpusat pada pemerintah tingkat II (Kabupaten/Kota). Oleh karena itu, meskipun generalisasi ini mungkin menyamakan heterogenitas antar-desa, analisis pada level kabupaten justru memberikan gambaran makro yang lebih relevan untuk evaluasi kebijakan publik. Guna memitigasi risiko bias interpretasi, temuan studi ini dibatasi secara ketat sebagai karakteristik kolektif wilayah dan tidak digunakan untuk menarik inferensi perilaku pada level individu desa.

D. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa ketersediaan fasilitas mitigasi bencana di tingkat kabupaten/kota di Indonesia masih cenderung bersifat reaktif, di mana investasi fasilitas lebih didorong oleh pengalaman kejadian bencana masa lalu dibandingkan antisipasi risiko yang terencana. Temuan empiris mengonfirmasi adanya "paradoks risiko-kesiapan" yang kritis: wilayah dengan indeks risiko tinggi (IRBI) justru mengalami defisit infrastruktur mitigasi fisik akibat keterbatasan kapasitas fiskal. Kondisi ini diperparah oleh kesenjangan

infrastruktur telekomunikasi yang terpolarisasi secara ekstrem, yang secara signifikan menghambat efektivitas sistem peringatan dini di daerah rawan. Di tengah keterbatasan struktural tersebut, modal sosial (gotong royong) dan kualitas manusia (IPM) terbukti menjadi determinan penyangga yang paling konsisten dalam meningkatkan kesiapsiagaan di seluruh model estimasi.

Berdasarkan temuan tersebut, implikasi kebijakan prioritas meliputi: (1) Perlunya intervensi fiskal bagi daerah berisiko tinggi dengan kapasitas ekonomi rendah untuk memutus siklus ketidaksiapan; (2) Percepatan pemerataan infrastruktur digital sebagai prasyarat operasional EWS; dan (3) Pengarusutamaan kebijakan berbasis komunitas yang memanfaatkan tingginya modal sosial warga sebagai aset mitigasi berbiaya rendah namun berdampak tinggi.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan metodologis yang perlu diperhatikan. Penggunaan desain *cross-sectional* membatasi penarikan kesimpulan kausal (sebab-akibat) dan hanya mampu menunjukkan asosiasi antarvariabel. Agregasi data dari tingkat desa ke kabupaten juga berpotensi menimbulkan *ecological fallacy* jika diinterpretasikan secara langsung pada level individu/desa, di samping adanya risiko bias simultan antara infrastruktur dan risiko bencana. Selain itu, validitas hasil dapat terpengaruh oleh *omitted variable bias* akibat ketiadaan data spesifik seperti anggaran daerah dan tata kelola, serta potensi bias pengukuran (*recall bias* dan *social desirability bias*) yang melekat pada metode pelaporan mandiri dalam data PODES.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian masa depan disarankan untuk menerapkan metode Regresi Spasial (*Spatial Autoregressive Model*) guna memodelkan efek tumpahan risiko dan klaster yang terindikasi kuat dalam studi ini. Selain itu, penggunaan data panel dinamis di masa depan sangat diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan mitigasi dari waktu ke waktu secara lebih presisi.

E. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Pusat Pendidikan dan Latihan Badan Pusat Statistik (Pusdiklat BPS) yang telah menyelenggarakan pelatihan penulisan Karya Tulis Ilmiah (KTI) sehingga dapat mendorong kemunculan tulisan ini. Juga diucapkan terima kasih pada pembimbing karya tulis ini, Ibu Ana Uluwiyah yang terus memberikan semangat sehingga tulisan ini dapat terselesaikan dengan segala keterbatasannya.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- UNDRR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Su, Q., Chang, H. S., & Pai, S. E. (2022). *A Comparative Study of the Resilience of Urban and Rural Communities*. *Applied Geography*, 143, 102742. doi:10.1016/j.apgeog.2022.102742
- Kaushik, R., Parida, Y., & Naik, R. (2024). *Human development and disaster mortality: Evidence from panel data*. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 47. doi:10.1057/s41599-024-03353-2
- Du, M., Ott, E., Rodela, R., et al. (2020). *Disaster risk reduction in Indonesia: Progress and challenges*. *Environmental Research Letters*, 15(7), 075005. doi:10.1088/1748-9326/ab8e15.
- Han, Z., Li, Q., & Wang, J. (2021). *Early warning systems for disaster risk reduction*. *Nature Communications*, 12, Article 5360. doi:10.1038/s41467-021-25640-w
- Dokhi, M., Hadumaon Siagian, T., Utomo, A. P., & Rumanitha, E. (2014). *Social capital and disaster preparedness in Indonesia*. STIS Working Paper, 2014, 1-18
- Kubota, T., Nakamura, Y., & Lee, S. (2024). *Impact of people-signage interaction on way-finding behavior: A study of public and urban area visitors in Asia*. *Journal of Environmental Psychology*, 89, 101988. doi:10.1016/j.jenvp.2024.101988.
- Romer, P. M. (1990). *Endogenous technological change*. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (5th ed.). New York: McGraw-Hill
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited.
- Bündnis Entwicklung Hilft & IFHV. (2024). *World Risk Report 2024*. Berlin: Bündnis Entwicklung Hilft.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2023). *GAR Special Report 2023: Mapping Resilience for the Sustainable Development Goals*. Geneva: UNDRR.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge, TAS, Australia: Cambridge University Press
- Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi Republik Indonesia. (2023). *Menuju Puncak Pengintegrasian Rencana Tata Ruang Darat dan Laut*. Jakarta: Kemenko Kemaritiman dan Investasi.

CNN Indonesia. (2022, 25 April). Kepala BNPB: Indonesia Supermarket Bencana. Diakses dari <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220425141006-20-789353/kepala-bnpb-indonesia-supermarket-bencana>

Mongabay Indonesia. (2025, 11 Januari). Hidrometeorologi, Bencana yang Sering Melanda Indonesia. Diakses dari <https://mongabay.co.id/2025/01/11/hidrometeorologi-bencana-yang-sering-melanda-indonesia/>

International Telecommunication Union. (2025). Disaster Connectivity Map. Geneva: ITU.

Putnam, R. D. (1993). Making democracy work: Civic traditions in modern Italy. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Sen, A. (1999). Development as freedom. New York, NY: Alfred A. Knopf.