

Skema Pendanaan: BASIS LUARAN INTERNASIONAL

LAPORAN PENELITIAN



JUDUL PENELITIAN

Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal dalam mengoptimalkan Early Warning System
Mitigasi Bencana Tsunami di Kabupaten Serang

TIM PENELITIAN

Ketua : Dr. Bambang Pujiyono, M.M., M.Si (0026087101)

Anggota : Dr. Rusdiyanta, S.IP., M.Si (0317076801)

Drs. Dwi Prijono Soesanto, M.Ikom (0309016401)

**PUSAT STUDI
UNIVERSITAS BUDI LUHUR
Nopember 2025**

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**

Judul Penelitian : Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal dalam mengoptimalkan EWS Mitigasi Bencana Tsunami di Kabupaten Serang

Bidang Penelitian : Sosial Humaniora

Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Dr. Bambang Pujiyono, MM, M.Si
- b. NIP/NIDN/ID-SINTA : 950013 / 0026087101
- c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- d. Program Studi : Hubungan Internasional
- e. Nomor HP : 081287719826
- f. Alamat e-mail : bambang.pujiono@budiluhur.ac.id

Anggota Peneliti (1)

- a. Nama Lengkap : Dr. Rusdiyanta, S.I.P., M.Si
- b. NIP/NIDN/ID-SINTA : 0317076804

Anggota Peneliti (2)

- a. Nama Lengkap : Drs. Dwi Prijono Soesanto, M.Ikom
- b. NIP/NIDN/ID-SINTA : 0309016401

Mahasiswa (1)

- a. Nama Lengkap : Shafa Azzahra Putri
- b. NIM : 2443501479

Lama Penelitian : 6 bulan

Biaya Penelitian

- a. Sumber Universitas Budi Luhur : Rp. 12.000.000
- b. Sumber lain (sebutkan jika ada) : Rp.

Jakarta, 15-11-2025

Mengetahui,
Kepala Pusat Studi



(Dr. Rusdiyanta, S.I.P., M.Si)
NIP. 990014

Ketua Pelaksana



(Dr. Bambang Pujiyono, MM, M.Si)
NIP.950013

Menyetujui,
Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat



(Prof. Dr. Ir. Prudensius Maring, M.A.)
NIP 190043

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peran kelembagaan dan kearifan lokal dalam mengefektifkan mitigasi bencana berbasis masyarakat. Masyarakat di Kabupaten Serang memiliki kearifan lokal dan kelembagaan yang dapat berkontribusi pada mitigasi bencana, namun kapasitasnya masih terbatas. Fokus penelitian terletak pada analisis peran kelembagaan, pelestarian kearifan lokal, serta integrasi teknologi dengan kearifan lokal melalui kelembagaan untuk meningkatkan diseminasi peringatan dini tsunami. Menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus di enam desa di Kecamatan Kabupaten Serang, data primer dikumpulkan melalui observasi dan wawancara dari BPBD Kabupaten Serang, aparat desa, tenaga siaga bencana, tokoh masyarakat, dan karang taruna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi peringatan dini tsunami menghadapi kendala teknis, lokasi, dan kapasitas. Kearifan lokal yang dimiliki masyarakat bermanfaat untuk mitigasi bencana, tetapi mulai terlupakan. Kelembagaan di tingkat kabupaten hingga desa memiliki kapasitas rendah dalam mendukung mitigasi bencana. Sebagai solusi, integrasi teknologi dan kearifan lokal direkomendasikan untuk meningkatkan kapasitas kelembagaan dalam mengefektifkan peringatan dini tsunami. Penelitian ini menyarankan kebijakan kolaboratif yang memadukan teknologi dan kearifan lokal untuk mendukung mitigasi bencana yang lebih efisien di Kabupaten Serang.

Kata Kunci: kearifan lokal, kelembagaan, mitigasi bencana, peringatan dini, tsunami, integrasi teknologi.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penelitian berjudul “Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal dalam Mengoptimalkan Early Warning System (EWS) Mitigasi Bencana Tsunami di Kabupaten Serang” dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya efektivitas mitigasi bencana berbasis masyarakat di kawasan rawan tsunami, di mana Kabupaten Serang menjadi salah satu wilayah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap ancaman tersebut. Meskipun masyarakat telah memiliki kearifan lokal dan struktur kelembagaan yang berpotensi mendukung mitigasi bencana, kapasitasnya masih terbatas sehingga memerlukan penguatan secara sistematis.

Melalui penelitian ini, penulis berupaya mendeskripsikan dan menganalisis peran kelembagaan dan pelestarian kearifan lokal dalam mitigasi bencana, khususnya terkait penyebaran informasi peringatan dini tsunami. Penelitian ini juga mengeksplorasi bagaimana integrasi teknologi modern dengan kearifan lokal melalui penguatan kelembagaan dapat mengoptimalkan diseminasi peringatan dini bagi masyarakat. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem peringatan dini berbasis teknologi menghadapi sejumlah kendala teknis, keterbatasan lokasi, dan kapasitas sumber daya manusia. Sementara itu, kearifan lokal yang bermanfaat untuk mitigasi mulai tergerus oleh perubahan zaman. Selain itu, kapasitas kelembagaan dari tingkat kabupaten hingga desa belum sepenuhnya mampu mendukung mitigasi bencana secara efektif. Oleh karena itu, integrasi kearifan lokal dengan teknologi modern direkomendasikan sebagai strategi kebijakan yang kolaboratif untuk meningkatkan ketangguhan masyarakat dalam menghadapi bencana tsunami.

Penelitian ini tidak akan terwujud tanpa kontribusi dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan penghargaan kepada seluruh pihak yang telah memberikan arahan, saran, dan dukungan selama proses penelitian ini berlangsung.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Budi Luhur Jakarta yang telah mendanai penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan kebijakan mitigasi bencana di Kabupaten Serang dan wilayah rawan tsunami lainnya.

Jakarta, Nopember 2025

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
LAPORAN PENELITIAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang dan Rumusan Masalah.....	1
1.2. Pendekatan Pemecahan Masalah.....	3
1.3. State of The art dan Kebaruan.....	4
1.4. Peta Jalan Penelitian.....	4
1.5 Literature Review	5
BAB II. METHODE	7
BAB III. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN.....	8
3.1. Gambaran Risiko Bencana Tsunami Kabupaten Serang.....	8
3.2. Deskripsi Sistem Peringatan Dini Kabupaten Serang.....	12
3.3. Deskripsi Kelembagaan.....	15
3.4. Integrasi dengan Teknologi dan Kearifan Lokal.....	17
3.5. Integrasi Teknologi dan Kelembagaan.....	18
3.6. Pembahasan.....	18
BAB IV. KESIMPULAN	21
4.1. Simpulan.....	21
4.2. Rekomendasi	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN.....	24
Lampiran 1. Realisasi Penggunaan Anggaran.....	24
Lampiran 2. Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti	25
Lampiran 3 : Naskah Artikel.....	37

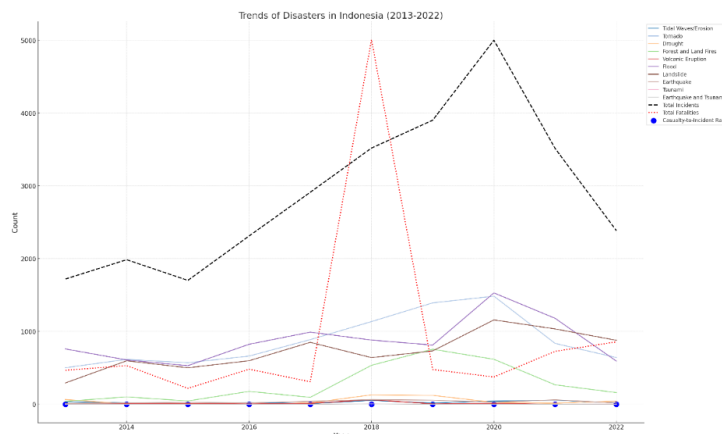
BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Rumusan Masalah

Semenjak ditetapkannya Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, Indonesia telah mengalami banyak kemajuan dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana. Kemajuan tersebut terlihat pada terbangunnya komitmen nasional, perkembangan peran kelembagaan, meningkatnya kesiapsiagaan seiring dengan terbangunnya ketangguhan komunitas dan kemitraan antar pihak untuk menghadapi risiko bencana. Seluruh capaian ini juga diakui oleh dunia internasional hingga memperkuat posisi Indonesia dalam kancah penanggulangan bencana internasional.

Keberhasilan tersebut bukan berarti Indonesia sudah terbebas dari bencana. Ancaman bencana di Indonesia semakin meningkat. Data berikut menunjukkan perbandingan jumlah kejadian dengan jumlah korban akibat bencana di Indonesia, sebagaimana yang terlihat pada tabel 1. Kondisi tersebut menjadi trigger bagi negara Indonesia untuk meningkatkan pelayanan penanggulangan bencana.

Tabel 1. Rasio Jumlah Kejadian dan Korban Bencana 2013-2022



Sumber: diolah dari DIBI BNPB dan infografis publikasi resmi BNPB, 2023

Data menunjukkan tren bencana di Indonesia sepanjang 2013 hingga 2022 mengalami peningkatan yang signifikan, dengan puncak kejadian mencapai 5.003 insiden pada tahun 2020 sebelum kembali menurun. Jenis bencana yang paling sering terjadi adalah angin puting beliung dan banjir, sementara kejadian bencana besar seperti gempa bumi dan tsunami Sulawesi pada 2018

menyebabkan lonjakan jumlah korban jiwa, yang tercermin dari rasio korban terhadap kejadian tertinggi sebesar 1,42 pada tahun tersebut. Tanah longsor dan kebakaran hutan juga menunjukkan peningkatan yang mencolok, sejalan dengan degradasi lingkungan dan cuaca ekstrem. Meskipun jumlah kejadian bencana masih tinggi, angka fatalitas cenderung menurun setelah tahun 2018, menunjukkan adanya peningkatan dalam sistem penanggulangan bencana.

Upaya pendidikan dan pengelolaan risiko bencana, seperti pencegahan dan mitigasi, secara bertahap mulai menunjukkan hasil positif. Namun, tingginya jumlah korban jiwa menunjukkan perlunya peningkatan akses masyarakat terhadap informasi serta kapasitas untuk menyelamatkan diri. Peningkatan ini dapat dicapai melalui penguatan sub-sistem kesiapsiagaan dan peringatan dini yang efektif.

Indonesia memerlukan sistem peringatan dini yang tidak hanya memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat untuk menghindari ancaman bencana utama, tetapi juga mampu memperingatkan tentang potensi bahaya susulan yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, pengembangan Sistem Peringatan Dini Multi Ancaman Bencana (Multi-Hazard Early Warning System – MHEWS) menjadi kebutuhan mendesak.

Penguatan sistem diseminasi informasi dan peringatan dini tsunami bertujuan untuk memastikan bahwa informasi terkait bencana dapat disampaikan kepada masyarakat secara tepat waktu, akurat, inklusif, mudah dipahami, dan dapat digunakan sebagai dasar tindakan. Sistem ini mendukung penyelamatan nyawa, perlindungan aset ekonomi, pelestarian lingkungan, dan keberlanjutan usaha di sektor terkait. Informasi yang dihasilkan juga membantu berbagai pihak, termasuk pengelola infrastruktur vital (telekomunikasi, listrik, transportasi) dan pelaku sektor bisnis, untuk mengurangi dampak bencana alam.

Keberhasilan diseminasi sistem peringatan dini bergantung pada berbagai faktor, termasuk ketersediaan teknologi yang andal dan kemampuan untuk menjangkau masyarakat rentan. Teknologi komunikasi modern seperti radio komunikasi (HT), ponsel, menara pancar, dan sirene sering menjadi andalan dalam penyebaran informasi cepat. Namun, efektivitas teknologi ini sering kali terganggu dalam situasi darurat, seperti gempa bumi, akibat kerusakan pada sistem kelistrikan dan jaringan komunikasi [1]. Sebaliknya, masyarakat di daerah rawan bencana sering memiliki kearifan lokal berupa metode dan alat tradisional untuk menyampaikan informasi gempa. Meskipun efektivitasnya sering diabaikan, metode berbasis kearifan lokal ini lebih dapat

diandalkan saat teknologi modern tidak berfungsi [2]. Sayangnya, praktik berbasis kearifan lokal tersebut semakin tergerus oleh perkembangan zaman.

Konteks ini mencerminkan kompleksitas tinggi dalam pengembangan dan implementasi sistem peringatan dini yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan multidisiplin dan kolaboratif yang melibatkan ilmuwan, pembuat kebijakan, dan komunitas lokal untuk menciptakan sistem yang tidak hanya fungsional tetapi juga dapat diterima oleh masyarakat. Tantangan utama dalam penerapan sistem ini meliputi keterbatasan teknologi, kurangnya koordinasi antar lembaga, serta hambatan budaya dalam penerimaan informasi peringatan [3]. Dengan mengintegrasikan teknologi modern dan kearifan lokal, pengembangan sistem peringatan dini yang adaptif dan inklusif menjadi semakin mendesak untuk memastikan keselamatan masyarakat di wilayah rawan bencana.

Rumusan masalah dalam penelitian ini berfokus pada analisis kelembagaan dalam memanfaatkan teknologi dan kearifan lokal untuk meningkatkan efektivitas sistem diseminasi peringatan dini tsunami di wilayah Kabupaten Serang Provinsi Banten.

1.2. Pendekatan Pemecahan Masalah

Pendekatan pemecahan masalah dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk memahami secara komprehensif hubungan antara kapasitas kelembagaan, keberlanjutan kearifan lokal, serta efektivitas teknologi peringatan dini tsunami dalam konteks masyarakat pesisir Kabupaten Serang. Mengingat kompleksitas persoalan mitigasi bencana yang melibatkan berbagai aktor, nilai budaya, serta kendala teknis sistem peringatan dini, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan orientasi problem-solving berbasis sistem sosial. Pendekatan ini memungkinkan peneliti mengidentifikasi akar permasalahan secara mendalam melalui interaksi langsung dengan kelembagaan pemerintah desa, BPBD, tokoh masyarakat, dan kelompok pemuda, serta melalui pengamatan atas praktik kearifan lokal yang mulai tergerus. Pendekatan pemecahan masalah dilakukan dengan cara memetakan ketidaksesuaian antara kapasitas kelembagaan dan kebutuhan diseminasi peringatan dini, mengungkap peluang revitalisasi kearifan lokal, serta merumuskan integrasi yang memungkinkan antara teknologi modern dan praktik tradisional. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya bersifat diagnostik—menggambarkan kondisi objektif lapangan—

tetapi juga bersifat konstruktif dengan menghasilkan alternatif solusi kolaboratif yang dapat memperkuat efektivitas sistem peringatan dini tsunami secara berkelanjutan di Kabupaten Serang.

1.3. State of The art dan Kebaruan

State of the art penelitian ini terletak pada upaya memahami keterkaitan antara kelembagaan formal, praktik kearifan lokal, dan teknologi peringatan dini dalam konteks mitigasi bencana di wilayah pesisir. Selama ini, studi mitigasi bencana umumnya berfokus pada efektivitas sistem peringatan dini berbasis teknologi atau pada pelestarian kearifan lokal secara terpisah. Kebaruan penelitian ini hadir melalui integrasi keduanya—mengkaji bagaimana teknologi dan kearifan lokal dapat dipadukan secara strategis melalui penguatan kapasitas kelembagaan dari tingkat desa hingga kabupaten. Temuan penelitian menunjukkan bahwa revitalisasi kearifan lokal dan penataan ulang peran kelembagaan merupakan kunci untuk mengatasi keterbatasan teknis dan organisasi dalam diseminasi peringatan dini tsunami.

1.4. Peta Jalan Penelitian

Tahun	Fokus Penelitian	Sasaran Utama	Output Ilmiah	Dampak / Keluaran Praktis
Tahun 1	Analisis Kebijakan Penanggulangan & Mitigasi Bencana	• Menganalisis kesesuaian kebijakan nasional–daerah terkait mitigasi bencana (BNPB, BPBD, RTRW/RTDR, SOP EWS) • Mengidentifikasi gap regulasi & kelembagaan	• Artikel jurnal	• Rekomendasi penyempurnaan kebijakan & kelembagaan
Tahun 2	Kajian Teknis & Sosial Mitigasi Bencana di Masyarakat	• Mengukur efektivitas mitigasi struktural & non-struktural (pra-bencana – saat – pasca) • Analisis kesiapsiagaan masyarakat & kapasitas kelembagaan lokal	• Artikel jurnal empiris	Paket intervensi mitigasi berbasis masyarakat
Tahun 3	Integrasi Kearifan Lokal untuk Pembangunan EWS (Early Warning System)	• Mengungkap mekanisme lokal wisdom (pengetahuan lokal, ritual, tanda alam) yang relevan dengan EWS • Merancang model hybrid	• Artikel jurnal internasional Scopus • Buku monograf integrasi local	• Prototype model <i>Community-based Hybrid EWS</i> • Draft peraturan desa / SOP penggunaan EWS

Tahun	Fokus Penelitian	Sasaran Utama	Output Ilmiah	Dampak / Keluaran Praktis
		EWS (kombinasi teknologi + kearifan lokal)	wisdom dalam EWS	

1.5 Literature Review

Teori kelembagaan yang efektif dalam mitigasi bencana menekankan pentingnya kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Kolaborasi ini harus mempertimbangkan faktor politik dan koordinasi antar lembaga untuk mencapai penanggulangan bencana yang optimal [4]. Selain itu, penguatan kelembagaan di tingkat desa melalui peningkatan kesiapsiagaan dan respons terhadap bencana menjadi modal sosial yang signifikan dalam manajemen mitigasi bencana [5].

Kapasitas adalah kemampuan untuk menjalankan fungsi, memecahkan masalah, dan menetapkan serta mencapai tujuan [6]; kemampuan individu, organisasi, atau sistem untuk mengimplementasikan kebijakan secara efektif sehingga tujuan tercapai [7],[9] kemampuan untuk menghimpun dan mengalokasikan sumber daya langka yang dibutuhkan untuk membuat pilihan kolektif yang cerdas tentang dan menetapkan arah strategis untuk tujuan publik [8], fungsi “menenun” Pemerintah modern, kemampuan untuk menyatukan berbagai organisasi dan kepentingan bersama untuk membentuk struktur kebijakan yang koheren [20]. Dengan demikian, kapasitas kebijakan adalah kumpulan keterampilan dan sumber daya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi kebijakan. Kapasitas mencakup berbagai dimensi yang bersifat interaktif dan dinamis. Menurut Grindle dan Hilderbrand, terdapat 5 (lima) dimensi kapasitas lingkungan: lembaga sektor publik, jaringan, organisasi internal, dan sumber daya manusia organisasi [10].

Teori hubungan antar lembaga menekankan bahwa efektivitas kerjasama lebih banyak ditentukan oleh kesamaan kepentingan dari masing-masing lembaga yang berupaya memberikan pelayanan pada komunitas terdampak bencana [11]. Sementara itu, teori kolaborasi atau collaborative governance dalam penanggulangan bencana menekankan pentingnya struktur jaringan, komitmen terhadap tujuan bersama, kepercayaan antar peserta, akses terhadap otoritas, akuntabilitas distributif, berbagi informasi, dan akses terhadap sumber daya [12]. Implementasi collaborative

governance ini telah terbukti efektif dalam mengurangi risiko bencana, seperti yang ditunjukkan dalam studi kasus di Kota Pekalongan [13].

Dengan demikian, teori kelembagaan yang efektif untuk mitigasi bencana menekankan pentingnya kolaborasi multi-pihak, penguatan kapasitas di tingkat lokal, dan pengembangan sumber daya manusia yang kompeten dalam penanggulangan bencana.

Literatur terkait mitigasi bencana menunjukkan bahwa kearifan lokal dan modal sosial memainkan peran penting dalam membangun kapasitas masyarakat untuk menghadapi bencana. Kearifan lokal mencakup pengetahuan, tradisi, dan praktik yang diwariskan secara turun-temurun, yang membantu masyarakat dalam memahami dan merespons potensi ancaman bencana. Sebagai contoh, masyarakat Simeulue di Aceh memiliki tradisi "Nandong Smong" yang digunakan sebagai peringatan dini terhadap tsunami, sehingga berhasil mengurangi korban jiwa saat bencana terjadi. Demikian pula, masyarakat Dusun Brau, Jawa Timur, mempraktikkan ritual "Cok Bakal" untuk mengantisipasi risiko tanah longsor [14].

Di sisi lain, teori modal sosial menekankan pentingnya jaringan sosial, norma, dan kepercayaan dalam memfasilitasi koordinasi dan kerja sama untuk mencapai tujuan bersama. Modal sosial, seperti gotong royong, kepercayaan antar anggota masyarakat, dan dukungan terhadap pemimpin lokal, terbukti meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana. Sebagai contoh, di Desa Pagerharjo, Kulonprogo, modal sosial memainkan peran signifikan dalam merespons ancaman tanah longsor [15].

Integrasi antara kearifan lokal dan modal sosial menjadi strategi yang sangat efektif dalam mitigasi bencana. Kearifan lokal memberikan panduan berbasis pengalaman masyarakat, sementara modal sosial memperkuat solidaritas dan koordinasi dalam implementasi langkah mitigasi. Dengan menggabungkan kedua pendekatan ini, strategi mitigasi bencana dapat meningkatkan ketahanan masyarakat secara lebih holistik dan berkelanjutan.

BAB II. METHODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode observasi untuk memahami kondisi teknologi peringatan dini dan kearifan lokal yang ada di wilayah rawan bencana tsunami. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pendataan teknologi yang terdapat pada Pusat Pengendali Operasi (Pusdalops) BPBD Kabupaten Serang, wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan, serta survei lapangan untuk eksplorasi lebih lanjut. Studi ini dilakukan di tiga kecamatan di Kabupaten Serang yang memiliki potensi bencana tsunami, yaitu Kecamatan Anyar, Kecamatan Cinangka, dan Kecamatan Pulo Ampel. Desa-desa yang menjadi lokasi penelitian meliputi Desa Anyar (Kecamatan Anyar), Desa Bulakan dan Karang Suraga (Kecamatan Cinangka), serta Desa Argawana, Salira, dan Sumuranja (Kecamatan Pulo Ampel). Narasumber penelitian mencakup petugas Pusdalops, aparat desa, tenaga sukarela siaga bencana, serta tokoh masyarakat setempat.

Data yang dikumpulkan melalui observasi dan wawancara dianalisis melalui beberapa tahapan. Tahap awal melibatkan proses filtrasi dan validasi akurasi data, khususnya terkait teknologi diseminasi yang tersedia. Data yang telah divalidasi kemudian disajikan secara deskriptif, dilengkapi dengan dokumentasi visual dan lokasi spesifik menggunakan sistem pemetaan. Data hasil wawancara ditranskrip dan dianalisis menggunakan pendekatan logika induktif untuk mengidentifikasi tema-tema utama terkait hubungan kelembagaan dan kearifan lokal dalam sistem peringatan dini. Seluruh hasil analisis dinarasikan menjadi bagian dari hasil dan diskusi penelitian ini. Pendekatan ini sejalan dengan metodologi yang digunakan dalam penelitian berbasis kualitatif, yang menekankan eksplorasi mendalam terhadap konteks sosial dan teknologi [16][17].

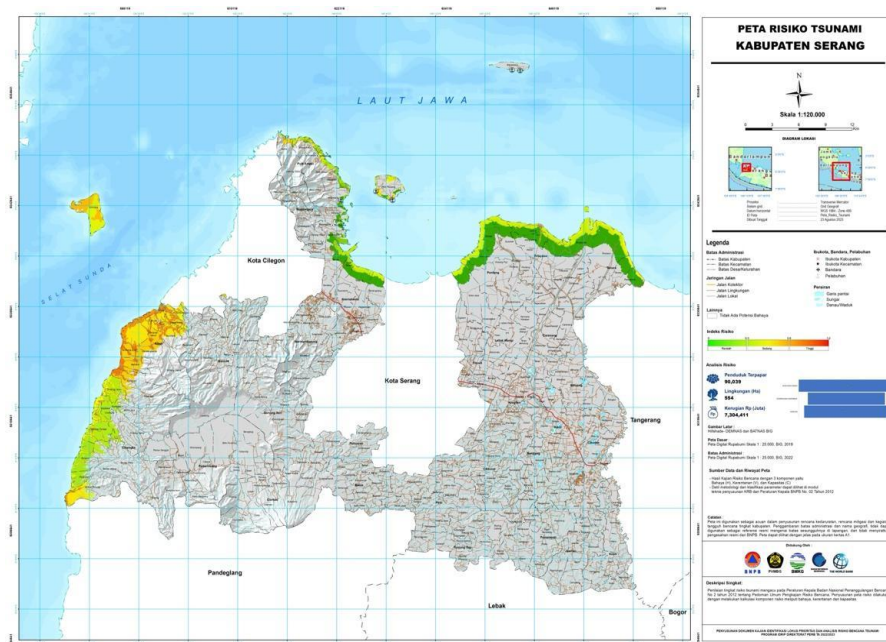
BAB III. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Gambaran Risiko Bencana Tsunami Kabupaten Serang

Kabupaten Serang, yang terletak di bagian utara dan barat Provinsi Banten, mencakup 29 kecamatan, 326 desa, dan 19 pulau, dengan 37 desa berada di tepi laut. Wilayah ini memiliki luas 1.467,35 km², sekitar 15,72% dari luas Provinsi Banten, menjadikannya kabupaten terluas ketiga setelah Lebak dan Pandeglang. Secara geografis, Kabupaten Serang berbatasan dengan Laut Jawa, Kota Cilegon, dan Kota Serang di utara; Kabupaten Lebak dan Pandeglang di selatan; Kabupaten Tangerang di timur; serta Kota Cilegon dan Selat Sunda di barat.

Wilayah pantai Kabupaten Serang, khususnya dari Pantai Anyar hingga Cinangka, serta kawasan pesisir utara yang meliputi Laut Jawa dan Teluk Banten, rentan terhadap bencana tsunami. Potensi ancaman ini terutama disebabkan oleh aktivitas vulkanik Gunung Anak Krakatau di Selat Sunda. Berdasarkan data DIBI-BNPB 2023, Kabupaten Serang pernah mengalami tsunami pada 22 Desember 2018, yang dipicu oleh aktivitas Gunung Anak Krakatau. Bencana ini menyebabkan 21 korban jiwa, 2.395 orang terluka, 4.820 orang mengungsi, serta kerusakan 41 rumah dan 19 kios. Menyadari kondisi di atas, Pemerintah Kabupaten Serang berkomitmen melakukan penanganan bencana tsunami yang dituangkan dalam RTRW Kabupaten Serang 2011-2031. Komitmen tersebut tercermin dengan ditetapkannya upaya perlindungan kawasan rawan tsunami melalui 7 (tujuh) program utama yaitu penetapan batas kawasan rawan tsunami, pembangunan *Tsunami Early Warning System* (TEWS), pembangunan tembok penahan tsunami pada garis pantai yang berisiko, penanaman mangrove sepanjang garis pantai meredam gaya air tsunami, pengendalian pembangunan pada kawasan bencana tsunami, pembangunan jalur ruang evakuasi dan titik kumpul sebagai ruang evakuasi, dan melakukan program pembinaan, penyuluhan kepada masyarakat di kawasan rawan tsunami.

Kabupaten Serang dinilai memiliki kelas risiko Tinggi untuk bencana tsunami. Peta Risiko Bencana Tsunami di Kabupaten Serang dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Sumber: *Kajian Risiko Bencana Tsunami Kabupaten Serang Tahun 2023, BNPB*

Gambar 1.

Peta Risiko Bencana Tsunami Kabupaten Serang

Kondisi risiko bencana tsunami, termasuk sistem peringatan dini tsunami yang ada pada tiap-tiap desa/ kelurahan perlu diperhatikan untuk memastikan optimalitas pemanfaatan dan keberlanjutan sirene diseminasi informasi peringatan dini tsunami di masa depan. Disamping itu kondisi sosiologis dan kapasitas kesiapsiagaan masyarakat juga perlu dipertimbangkan untuk memastikan pengelolaan sirene diseminasi informasi peringatan dini tsunami berjalan dengan baik di tingkat desa/ kelurahan.

DESA ANYAR

Menurut Statistik Dukcapil–Kemendagri semester I 2023, Desa Anyar memiliki 7.714 jiwa dengan kepadatan penduduk tertinggi di antara desa lokus IDRIP lainnya, yaitu 2.858 jiwa/km². Kelompok rentan, seperti balita, lansia (1.205 orang atau 15,62%), dan penyandang disabilitas (5 orang), memerlukan perhatian khusus dalam kesiapsiagaan bencana. Desa ini berisiko tinggi terhadap tsunami, dengan 96,92% wilayahnya (261,68 hektare) terpapar, terdiri dari risiko sedang (63,26 hektare) dan tinggi (198,42 hektare).

Desa Anyar belum memiliki sirene tsunami permanen, namun Palang Merah Indonesia (PMI) menyediakan sirene portable dengan jangkauan 1 kilometer. Komitmen masyarakat dan relawan

untuk merawat sirene ini didorong oleh pengalaman tsunami 22 Desember 2018 yang, meskipun tidak menimbulkan korban jiwa, mengakibatkan kerusakan rumah dan perahu nelayan.

Dalam hal kesiapsiagaan, PMI, pemerintah desa, dan BNPB telah memberikan pelatihan siaga bencana, evakuasi, dan penggunaan peringatan dini. Desa Anyar memiliki tim relawan kebencanaan yang diresmikan melalui SK Kepala Desa, meski belum memiliki SOP peringatan dini. Tempat evakuasi meliputi SMK Negeri 1 Anyar, Kantor Kecamatan Anyar, dan Kampung Kadu Dago, Kelurahan Sindang Karya.

DESA BULAKAN

Desa Bulakan memiliki jumlah penduduk terkecil di antara lokus IDRIP, yaitu 4.417 jiwa dengan kepadatan 653 jiwa/km² di wilayah seluas 6,77 km². Sebanyak 659 penduduk (14,92%) tergolong usia rentan, dan 14 orang merupakan penyandang disabilitas. Desa ini memiliki risiko tsunami kelas sedang, dengan area risiko rendah seluas 6,18 hektare dan risiko sedang seluas 505,53 hektare.

Meskipun belum pernah mengalami tsunami dalam 20 tahun terakhir, Desa Bulakan belum memiliki sirene peringatan dini tsunami. Namun, masyarakat dan pemerintah desa menyatakan pentingnya keberadaan sirene dan berkomitmen untuk merawatnya jika dibangun.

Dalam kesiapsiagaan, BPBD telah memberikan sosialisasi terkait jalur dan rambu evakuasi yang kini terpasang di berbagai lokasi. Desa Bulakan belum memiliki tim relawan kebencanaan atau SOP peringatan dini. Jika terjadi tsunami, masyarakat merencanakan evakuasi ke arah perbukitan atau pegunungan di sekitar desa.

DESA KARANG SURAGA

Desa Karang Suraga memiliki 6.300 jiwa dengan kepadatan 694 jiwa/km² di wilayah seluas 9,08 km², menjadikannya desa terluas di antara lokus IDRIP. Sebanyak 968 penduduk (15,37%) tergolong usia rentan, dan 16 orang merupakan penyandang disabilitas. Hampir seluruh wilayah desa (97,40% atau 884,38 hektare) berpotensi terpapar tsunami, dengan risiko terbesar berada di kelas sedang (879,20 hektare), sehingga desa ini dikategorikan berisiko sedang.

Desa Karang Suraga belum memiliki sirene peringatan dini meskipun pernah terpapar tsunami. Informasi peringatan dini disebarkan melalui WhatsApp Group (WAG), namun masyarakat

menganggap sirene sangat penting mengingat lokasi desa yang menghadap Selat Sunda. Dalam kesiapsiagaan, BPBD telah memberikan sosialisasi terkait jalur dan rambu evakuasi. Rambu-rambu ini mengarahkan penduduk menjauh dari pantai ke area lebih tinggi, meskipun desa belum memiliki tim relawan kebencanaan atau SOP peringatan dini.

DESA ARGAWANA

Desa Argawana memiliki populasi terbesar di antara desa lokus IDRIP di Kabupaten Serang, yaitu 7.876 jiwa, dengan kepadatan 1.847 jiwa/km² di wilayah seluas 4,27 km². Sebanyak 16,19% penduduk (1.275 jiwa) tergolong usia rentan, dan 13 orang merupakan penyandang disabilitas. Wilayah yang berpotensi terpapar tsunami hanya 10,83% (46,21 hektare) dengan risiko rendah (40,11 hektare) dan sedang (6,10 hektare), sehingga risiko bencana tsunami di desa ini tergolong rendah.

Desa Argawana belum memiliki sirene peringatan dini tsunami, namun masyarakat mendukung keberadaannya untuk meningkatkan keselamatan. Kesiapsiagaan masyarakat cukup baik berkat sosialisasi kebencanaan oleh pemerintah, dunia usaha, dan relawan. Meskipun SOP peringatan dini belum tersedia, masyarakat menggunakan pengeras suara masjid dan rambu evakuasi yang terpasang melalui program IDRIP 2023 untuk mengarahkan warga ke tempat evakuasi di Desa Banyuwangi.

DESA SALIRA

Desa Salira memiliki 5.063 jiwa dengan kepadatan 1.469 jiwa/km² di wilayah seluas 3,45 km². Sebanyak 13,98% penduduk (708 jiwa) tergolong usia rentan, tanpa penduduk disabilitas. Wilayah yang berpotensi terpapar tsunami mencapai 15,30% (52,73 hektare), sebagian besar masuk kelas risiko sedang (46,45 hektare), sehingga tingkat risiko tsunami dikategorikan SEDANG. Desa ini belum memiliki sirene peringatan dini, dan informasi disampaikan melalui media sosial. Masyarakat menyambut baik rencana pembangunan sirene dan berkomitmen menjaga keberfungsian alat tersebut. Kesiapsiagaan masyarakat cukup baik, didukung sosialisasi kebencanaan dari BPBD dan fasilitator Destana, serta bantuan fasilitas kebencanaan dari PT. Indonesia Power. Tempat evakuasi diarahkan ke SMP Negeri 1 Pulo Ampel sebagai Tempat

Evakuasi Sementara (TES) dan Kampung Salira Waringin sebagai Tempat Evakuasi Akhir (TEA), meski belum ada SOP peringatan dini yang baku.

DESA SUMURANJA

Desa Sumuranja memiliki 4.972 jiwa dengan kepadatan 1.709 jiwa/km² di wilayah 2,91 km². Penduduk usia rentan sebanyak 15,51% (771 jiwa), dan terdapat 2 penyandang disabilitas. Wilayah terpapar tsunami seluas 10,73% (31,22 hektare) tergolong kecil dengan risiko sedang (18,37 hektare), sehingga risiko bencana tsunami dikategorikan SEDANG. Informasi peringatan dini disampaikan melalui WhatsApp Group dan aplikasi InaRISK. Masyarakat mendukung pembangunan sirene peringatan dini demi keselamatan warga. Kesiapsiagaan dinilai cukup baik dengan adanya tim relawan kebencanaan, sosialisasi dari BPBD dan BNPB, serta rambu-rambu evakuasi dari program IDRIP dan Universitas Serang Raya. Meskipun jalur evakuasi tersedia, Desa Sumuranja belum memiliki TES, TEA, maupun SOP peringatan dini.

3.2. Deskripsi Sistem Peringatan Dini Kabupaten Serang

Pengorganisasian, pemasangan, dan pengujian sistem peringatan dini merupakan bagian dari kesiapsiagaan sebagaimana diatur dalam UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Sistem ini bertujuan memberikan informasi kepada pemerintah dan masyarakat untuk mengantisipasi bencana serta bersiap menghadapi keadaan darurat. Peringatan dini yang efektif tidak hanya memberi informasi potensi bencana, tetapi juga mendukung penyelamatan, evakuasi, perlindungan kelompok rentan, serta pengelolaan pengungsi, baik dalam fase siaga maupun tanggap darurat. Informasi ini juga digunakan dalam perencanaan operasi berbasis rencana kontinjensi.

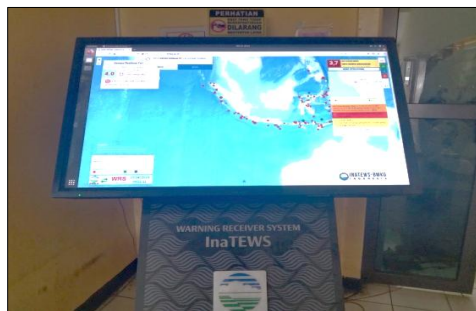
Menurut Peraturan BNPB No. 4 Tahun 2022, terdapat lima aktivitas utama dalam peringatan dini: pengamatan gejala bencana, analisis data, pengambilan keputusan, penyebarluasan informasi, dan tindakan masyarakat. Aktivitas pengamatan dan analisis lebih mengutamakan teknologi terapan, seperti yang dilaksanakan pemerintah pusat, namun BPBD melalui Pusdalops tetap berperan dalam mendukung pengamatan dan analisis untuk bencana lokal.

Untuk gempa bumi dan tsunami, BMKG bertanggung jawab atas pengamatan sesuai Perpres No. 93 Tahun 2019. Sistem peringatan dini ini berbasis deteksi gelombang primer (P) sebelum gelombang sekunder (S) yang merusak. Informasi gempa disampaikan dalam waktu kurang dari 3

menit melalui platform seperti INA-TEWS dan InaRISK, mencakup magnitudo gempa, potensi tsunami, dan peta guncangan (shake map), menggunakan alat seperti seismometer, accelerograph, dan GPS.

Kabupaten Serang telah memiliki sistem informasi dan peringatan dini bencana dengan memadukan teknologi dan kearifan lokal daerah, meskipun masih terfokus pada bencana gempabumi dan tsunami. Beberapa infrastruktur peringatan dini yang telah dibangun di Kabupaten Serang adalah:

1. WRS-NG21, yang merupakan bantuan dari BMKG pada tahun 2021. WRS-NG adalah alat komunikasi dari BMKG yang digunakan untuk menyebarkan peringatan tsunami kepada lembaga perantara, termasuk BPBD/Pusdalops. Perangkat ini mendukung dua fungsi utama Pusdalops, yakni menerima dan menyebarluaskan peringatan serta arahan kepada masyarakat berisiko. Penempatan WRS-NG di kantor BPBD Kabupaten Serang mempercepat penyampaian informasi potensi tsunami atau gempa bumi sesuai SOP peringatan dini dan evakuasi.



Gambar 2. Alat WRS BMKG di Kabupaten Serang

2. Moda komunikasi peringatan dini, dimana Pusdalops BPBD Kabupaten Serang telah menggunakan berbagai moda komunikasi baik untuk komunikasi internal personil Pusdalops maupun untuk berkomunikasi dengan pihak eksternal. Moda komunikasi internal yang menggunakan radio 2 RIG dimana 1 milik BPBD dan 1 yang lain milik BNPB yang menggunakan kanal frekuensi VHF di frekuensi 150.430 MHz. Untuk berkomunikasi dengan BPBD Provinsi Banten, Pusdalops menggunakan radio RIG dengan frekuensi 150.430 MHz yang terhubung dengan repeater milik BPBD Provinsi Banten. Untuk mengoperasikan

berbagai perangkat komunikasi tersebut digunakan sumber daya listrik PLN serta genset sebagai sumber daya listrik cadangan.



Gambar 3. Perangkat Komunikasi Radio di Pusdalops BPBD Kabupaten Serang

3. Sistem transmitter peringatan dini, dimana saat ini terdapat menara transmitter berlokasi di kompleks kantor Pusdalops berupa menara berjenis monopole 4 inch dengan tinggi 15 meter, dan berfungsi untuk antena radio komunikasi internal BPBD. Menara ini merupakan hasil pengadaan tahun 2013 dan didirikan di atas tanah Pemerintah.



Gambar 4. Menara transmitter Pengendali Sirene dan Komunikasi Internal di Pusdalops BPBD Kabupaten Serang

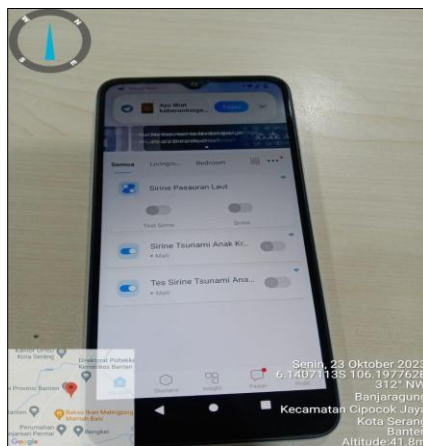
4. Sirene diseminasi informasi peringatan dini dan evakuasi tsunami, dimana hingga September 2023 telah ada 2 unit sirene peringatan dini tsunami. Sirene tersebut, tidak beririsan dengan lokasi pelaksanaan kegiatan Pembangunan Sirine Diseminasi Informasi Peringatan Dini Tsunami melalui program IDRIP. Berdasarkan kondisinya, 2 unit yang masih berfungsi selain sirene di BPBD memiliki pendeteksi gempa yang berlokasi di kantor Pusdalops. Sirene yang terdapat di Serang menggunakan sinyal GSM dimana HP sebagai tombol pengendali tersebut.

Daftar dan sebaran lokasi penempatan sirine eksisting dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 6 dibawah.



Gambar 5.

Alat Pendeteksi Gempa Peringatan Dini Tsunami



3.3. Deskripsi Kelembagaan

Kelembagaan yang terlibat dalam diseminasi peringatan dini tsunami di kabupaten serang dapat digambarkan sebagai berikut :

- a. Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) merupakan lembaga yang memiliki teknologi untuk mendapatkan data awal peristiwa gempa.
- b. Badan Nasional Pengelola Bencana (BNPB) merupakan lembaga pemerintah yang menjadi koordinator untuk menangani terjadinya peristiwa bencana

- c. BPBD melalui unit Pusdalops, merupakan penerima informasi peristiwa bencana langsung dari BMKG. Informasi tersebut diterima melalui perangkat teknologi yang dimiliki oleh BPBD kabupaten Serang
- d. Pusdalops selanjutnya menyampaikan informasi peringatan dini tsunami tersebut melalui teknologi yang tersedia seperti Sirene, Group WA, Call Centre, dan Group medsos. Anggota Group WA ini meliputi organisasi pemerintah daerah, swasta, dan komunitas yang berkepentingan dengan kebencanaan. Diseminasi informasi tersebut ditujukan kepada masyarakat di tingkat desa yang berpotensi bencana tsunami.
- e. Pemerintah Desa, Pengelola utama dalam menyampaikan informasi peringatan dini dan mengorganisasi respons di tingkat desa.
- f. Kelompok Siaga Bencana, Menyebarkan informasi peringatan dini melalui berbagai jalur komunikasi.
- g. Tokoh masyarakat / tokoh agama, Pihak yang dihormati dan dipercaya, memiliki pengaruh besar dalam menyampaikan pesan terkait bencana.
- h. Karang taruna, Membantu penyebaran informasi peringatan dini melalui media sosial dan alat komunikasi lainnya.

Berdasar kelembagaan tersebut, selanjutnya dapat digambarkan mengenai sentralisasi kelembagaan informasi serta kapasitas dalam penyebaran informasi. Pertama, kelembagaan informasi peringatan dini yang terpusat. Kelembagaan ini membentuk kelembagaan informasi peringatan dini dan pusat diseminasi yang beroperasi secara berkesinambungan dengan personel terlatih sesuai standar nasional dan tolok ukur internasional yang disepakati. Lembaga ini akan memanfaatkan pengetahuan risiko bencana dan informasi bahaya yang dikembangkan pada Platform MHEWS untuk menghasilkan produk sistem peringatan dini berbasis dampak dan *early action* yang dapat diakses oleh semua masyarakat dari segala usia, jenis kelamin, dan kemampuan, termasuk di daerah terpencil. Kedua, memperkuat kemampuan diseminasi. Kelembagaan ini memperkuat kemampuan yang ada untuk menyebarkan pesan informasi MHEWS dan mendukung peningkatan kapasitas kesiapsiagaan. Upaya ini akan mempertimbangkan kemampuan yang ada untuk memberikan peringatan mengenai bahaya, termasuk dan dimulai dari provinsi yang terkena dampak bencana tahun 2018. Hal ini mencakup penggantian dan peningkatan peralatan komunikasi, jaringan komputer, dan platform teknologi informasi komunikasi yang saat ini

digunakan. Dalam beberapa kasus, jangkauan geografis akan diperluas dan pada kasus lain teknologi yang sudah ketinggalan zaman akan digantikan. Penguatan ini akan dilakukan terutama untuk Pusdalops di tingkat kabupaten/kota. Peralatan akan dipilih berdasarkan spesifikasi setempat dan mencakup pertimbangan teknis dan lainnya untuk memungkinkan integrasi ke dalam sistem yang ada, serta kemudahan pemeliharaan dan pengoperasian.

Dengan memadukan kearifan lokal dan upaya modern, masyarakat Kabupaten Serang dapat meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi terhadap bencana tsunami atau gempa bumi lainnya.

Ketiga, kelembagaan kolaborasi antar lembaga di level desa. kelembagaan di tingkat desa perlu bekerja sama secara sinergis untuk meningkatkan efektivitas diseminasi peringatan dini. Kolaborasi ini dapat melibatkan:

- 1) Koordinasi terstruktur melalui musyawarah desa (musdes) yang melibatkan semua lembaga untuk membahas strategi mitigasi dan respons bencana.
- 2) Pemetaan risiko lokal, masyarakat bekerja sama dalam membuat peta wilayah rawan bencana dan jalur evakuasi.
- 3) Simulasi terpadu dengan melibatkan semua lembaga dalam simulasi evakuasi agar setiap pihak memahami peran mereka saat bencana terjadi.

Dengan peran kelembagaan desa yang kuat, masyarakat dapat lebih siap menghadapi gempa bumi dan tsunami, sehingga risiko korban jiwa dan kerugian dapat diminimalkan.

3.4. Integrasi dengan Teknologi dan Kearifan Lokal

Integrasi teknologi modern dengan kearifan lokal menjadi solusi untuk meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini. Misalnya, perangkat WRS-NG21 yang digunakan oleh BPBD dapat diintegrasikan dengan alat komunikasi tradisional seperti kentongan untuk memastikan pesan peringatan tersebar luas.

CBDRM dapat menjadi model yang efektif untuk memberdayakan masyarakat dalam menghadapi risiko tsunami. Pendekatan ini menempatkan komunitas sebagai aktor utama dalam pengelolaan risiko bencana. Dengan melibatkan masyarakat secara aktif dalam identifikasi risiko, penyusunan rencana mitigasi, dan pelaksanaan simulasi bencana, CBDRM menciptakan rasa kepemilikan terhadap langkah-langkah mitigasi. Di Kabupaten Serang, program pelatihan berbasis komunitas telah menunjukkan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap tanda-tanda tsunami dan jalur evakuasi.

3.5. Integrasi Teknologi dan Kelembagaan

Pemerintah dan masyarakat Kabupaten Serang telah memahami bahwa wilayahnya memiliki potensi tinggi terkait ancaman bahaya tsunami. Untuk itu, berbagai upaya telah dilakukan untuk meminimalkan risiko ancaman tsunami, diantaranya ditandai dengan telah tersedianya berbagai infrastruktur diseminasi informasi dan peringatan dini tsunami baik yang merupakan bantuan pusat, bantuan Pemerintah Provinsi Sumatera Barat, maupun yang dilakukan secara mandiri oleh Pemerintah Kabupaten Serang.

Infrastruktur diseminasi peringatan dini tsunami yang telah dimiliki oleh Kabupaten Serang ini diantaranya adalah perangkat WRS-NG21, sirene peringatan dini di 16 lokasi, sistem menara transmiter dan *repeater* pendukung aktivasi sirene dan komunikasi peringatan dini tsunami, pemasangan rambu peringatan kawasan rawan tsunami serta petunjuk arah jalur evakuasi, pembangunan jalur evakuasi, hingga layanan *Call Center* kebencanaan yang beroperasi 24/7. Grup komunikasi melalui WAG antara BPBD dengan pengurus KSB dan Kepala Desa juga telah berfungsi. Infrastruktur juga didukung oleh dokumen kebijakan dan perencanaan terkait peringatan dini dan kebencanaan, seperti dokumen KRB, dokumen PRB, dan rencana kontingensi penanggulangan bencana.

3.6. Pembahasan

Kabupaten Serang telah memiliki beberapa sirene peringatan dini tsunami ekisting yang diaktivasi melalui Unit Pengendali di Pusdalops BPBD Kabupaten Serang. Analisis lokasi telah memperjelas karakteristik usulan lokasi pembangunan sirene baru untuk diseminasi peringatan dini tsunami, baik dalam hal demografis penerima layanan sirene, maupun kondisi lingkungan yang akan mempengaruhi desain unit sirene yang akan dibangun. Estimasi jangkauan penempatan sirene baru diharapkan saling berintegrasi dan saling melengkapi dengan estimasi jangkauan sirene eksisting di Kabupaten Serang.

Menurut Ansell dan Gash [12], hubungan kolaboratif yang dibangun berdasarkan kepercayaan dan komunikasi yang baik dapat meningkatkan efektivitas kelembagaan. Di Kabupaten Serang, kolaborasi antara BPBD, BMKG, dan komunitas lokal menunjukkan potensi untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

Integrasi antara teknologi modern dan kearifan lokal memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini bencana. Dokumentasi dan digitalisasi kearifan lokal, seperti tanda-tanda alam dan praktik mitigasi tradisional, dapat dilakukan melalui platform digital seperti aplikasi, situs web, atau media sosial. Sebagai contoh, aplikasi berbasis komunitas dapat memungkinkan masyarakat melaporkan perubahan perilaku hewan atau fenomena alam lain, yang kemudian diolah sebagai data tambahan untuk sistem peringatan dini[18]. Selain itu, alat komunikasi tradisional seperti kentongan dapat ditingkatkan dengan teknologi Internet of Things (IoT), di mana sensor gempa memicu kentongan otomatis untuk membunyikan peringatan serentak di desa-desa yang terhubung.

Pemanfaatan vegetasi lokal untuk stabilisasi tanah, seperti penanaman bambu, juga dapat diintegrasikan dengan teknologi pemodelan berbasis GIS untuk mengidentifikasi lokasi prioritas. Data geografis ini tidak hanya mendukung mitigasi tetapi juga merancang jalur evakuasi yang aman [1]. Edukasi berbasis teknologi, seperti game interaktif dan simulasi virtual reality (VR), dapat memperkenalkan masyarakat, terutama anak-anak, pada kearifan lokal dan tindakan mitigasi bencana, misalnya menghadapi fenomena air surut mendadak sebagai tanda tsunami.

Sistem deteksi berbasis lokal juga penting, di mana sensor modern seperti seismograf dan **buoy** (pelampung) tsunami dapat dikombinasikan dengan tanda-tanda tradisional, seperti air laut surut. Data ini dapat diverifikasi oleh sensor modern dan disebarkan melalui aplikasi, sirene, atau SMS [3]. Platform informasi berbasis komunitas, seperti aplikasi atau grup WhatsApp, juga memungkinkan masyarakat melaporkan tanda-tanda awal bencana yang dapat diolah lebih lanjut oleh lembaga resmi seperti BMKG, meningkatkan kecepatan dan akurasi sistem peringatan dini. Struktur rumah tradisional yang tahan gempa juga dapat dianalisis dan ditingkatkan menggunakan teknologi AI dan pemodelan komputer untuk mengoptimalkan desainnya. Sensor getaran dapat dipasang untuk memantau kekuatan rumah selama gempa, memberikan perlindungan tambahan. Informasi dari BMKG atau lembaga terkait juga dapat diterjemahkan ke dalam bahasa lokal dan disebarkan melalui media tradisional seperti pengeras suara masjid atau upacara adat, menjembatani kesenjangan teknologi dan budaya [18].

Integrasi ini tidak hanya meningkatkan resiliensi masyarakat tetapi juga efisiensi sistem peringatan dini dengan memperluas cakupan dan mempercepat penyebaran informasi. Selain itu, langkah ini membantu mempertahankan identitas budaya dengan menjaga relevansi kearifan lokal dalam

konteks modern. Pendekatan ini sejalan dengan teori bahwa penggabungan teknologi modern dan kearifan lokal dapat menciptakan solusi berbasis masyarakat yang lebih efektif dalam menghadapi bencana [18-19].

Berdasar uraian di atas sangat jelas bahwa Integrasi ini memungkinkan kearifan lokal menjadi bagian dari sistem peringatan dini gempa yang lebih inklusif, tangguh, dan berbasis masyarakat.

BAB IV. KESIMPULAN

4.1. Simpulan

Kolaborasi multisektor yang responsif terhadap kondisi lokal dapat meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini tsunami di Kabupaten Serang. Integrasi antara kelembagaan formal, kearifan lokal, dan teknologi modern menjadi kunci dalam menciptakan sistem yang inklusif dan tangguh. Pendekatan Community-Based Disaster Risk Management (CBDRM) memberikan landasan yang kokoh untuk memberdayakan masyarakat dalam pengelolaan risiko bencana. Temuan ini dapat menjadi acuan bagi daerah lain yang menghadapi risiko bencana serupa.

4.2. Rekomendasi

Penelitian ini merekomendasikan empat hal penting yaitu :

- a) Penguatan Kelembagaan dengan meningkatkan koordinasi antara BPBD, BMKG, dan komunitas lokal melalui pelatihan dan pengembangan kapasitas sumber daya manusia.
- b) Integrasi Kearifan Lokal dan Teknologi melalui penggabungan alat tradisional seperti kentongan dengan teknologi modern seperti aplikasi berbasis ponsel untuk diseminasi informasi.
- c) Peningkatan Infrastruktur dengan memperluas jangkauan sirene tsunami dan moda komunikasi lainnya untuk menjangkau daerah terpencil.
- d) Edukasi Berbasis Komunitas dengan cara mengintegrasikan program pendidikan mitigasi bencana ke dalam kurikulum sekolah dan kegiatan komunitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fakhruddin, S. H. M., Kawasaki, A., & Babel, M. S. (2015). Community response to flood early warning system: Case study in Kaijuri Union, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.08.004>
- [2]. Mercer, J., Kelman, I., Taranis, L., & Suchet-Pearson, S. (2010). Framework for integrating indigenous and scientific knowledge for disaster risk reduction. *Disaster Prevention and Management*, 19(3), 297–313. <https://doi.org/10.1108/09653561011052469>
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2009.01126.x>
- [3]. Šakić Trogrlić, R., et al. (2022). Integrating Indigenous and local knowledge into flood early warning systems: A critical review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75, 102977. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102977>
- [4]. Fitri, Y. (2023). Strategi Kolaborasi Kelembagaan untuk Mitigasi Bencana. Lembaga Ketahanan Nasional RI.
- [5]. Lugas, Y. P., & Anik, S. W. (2020). Manajemen Mitigasi Bencana dengan Kelembagaan Masyarakat di Kabupaten Garut. *Sawala: Jurnal Administrasi Negara*, 8(2), 85-96.
- [7]. Grindle, M., and Mary E. Hilderbrand. 1995. “Building Sustainable Capacity in the Public Sector: What Can Be Done?” *Public Administration* 15:441–63.
- [8]. Wu, X., M. Ramesh, and M. Howlett. 2015. “Policy Capacity: A Conceptual Framework for Understanding Policy Competences and Capabilities.” *Policy and Society* 34(3-4):165–71. doi: 10.1016/j.polsoc.2015.09.001.
- [9]. Wu, Xun, M. Ramesh, and Michael Howlett. 2018. *Policy Capacity: Assessing Governmental Competences and Capabilities in Theory and Practice*. Palgrave Macmillan
- [10]. Kekez, Anka, Michael Howlett, and M. Ramesh. 2018. “Varieties of Collaboration in Public Service Delivery.” *Policy Design and Practice* 1(4):243–52.
<https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1532026>.
- [11]. Moore, S., Eng, E., & Daniel, M. (2003). International NGOs and the role of network centrality in humanitarian aid operations: A case study of coordination during the 2000 Mozambique floods. *Disasters*, 27(4), 305-318.
- [12]. Ansell, C., & Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18(4), 543-571.

- [13]. Hasnaa, A. L., & Darumurti, A. (2023). Collaborative governance dalam mitigasi bencana banjir rob di Kota Pekalongan. *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Jambi (JISIP-UNJA)*, 7(1), 25-37.
- [14]. Putri, A., Taquuddin, & Nurlambang, T. (2022). Mitigasi Bencana Berbasis Kearifan Lokal (Local Knowledge, Local Wisdom, dan Local Genius). *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 6(1), 89-98.
- [15]. Arifin, D. S., & Arifin, L. (2019). Modal Sosial dalam Kesiapsiagaan Masyarakat Menghadapi Bencana Tanah Longsor di Pagerharjo - Kulonprogo. *Jurnal Penelitian Humaniora*, 20(1), 15-25.
- [16]. Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. SAGE Publications.
- [17]. Morse, J. M. (2015). Critical analysis of strategies for determining rigor in qualitative inquiry. *Qualitative Health Research*, 25(9), 1212–1222.
<https://doi.org/10.1177/1049732315588501>
- [18]. Gaillard, J. C., & Mercer, J. (2013). From knowledge to action: Bridging gaps in disaster risk reduction. *Progress in Human Geography*, 37(1), 93–114.
<https://doi.org/10.1177/0309132512446717>
- [19]. Mercer, J., Kelman, I., Taranis, L., & Suchet-Pearson, S. (2010). Framework for integrating indigenous and scientific knowledge for disaster risk reduction. *Disaster Prevention and Management*, 19(3), 297–313. <https://doi.org/10.1108/09653561011052469>
- [20]. Howlett, Michael, M. Ramesh, and Anthony Perl. 2020. *Studying Public Policy: Principles and Processes*. 4th ed. Oxford: Oxford University Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Realisasi Penggunaan Anggaran

Jenis Pembelajaran	Komponen	Item	Kuantitas	Biaya Satuan	Total
Belanja Bahan	ATK	Pulpen, kertas, map	Paket	150.000	150.000
Belanja Bahan	Bahan penelitian (habis pakai)	Fotokopi & print dokumen	1 paket	200.000	200.000
Pengumpulan Data	Honor pembantu peneliti	1 orang	2 kali × 250.000	500.000	1.000.000
Pengumpulan Data	FGD	Konsumsi & dokumentasi	1 kali	1.000.000	1.000.000
Pengumpulan Data	Transport	3 peneliti × 2 kunjungan	3 × 2 × 250.000	250.000	1.500.000
Pengumpulan Data	Konsumsi	3 peneliti × 2 hari	3 × 2 × 75.000	75.000	450.000
Pengumpulan Data	Penginapan	3 peneliti × 1 malam/kunjungan	3 × 2 × 250.000	250.000	1.500.000
Analisis Data	Honor pengolah data	1 orang	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Analisis Data	Honor narasumber	Tokoh masyarakat & BPBD	2 orang × 300.000	300.000	600.000
Sewa Kendaraan	Transportasi ke lokasi penelitian	2 x 1 mobil	2 x 1.000.000	2.000.000	2.000.000
Pelaporan penelitian	Honor administrasi peneliti	Penyusunan laporan	Paket	1.000.000	1.000.000
Biaya Publikasi	Jurnal International	Environment and Ecology Research (Q4)	515 US Dolar dan Biaya Transfer	8.800.000	8.800.000
Total Penggunaan Dana Penelitian dan Publikasi Ilmiah					19.500.000

Lampiran 2. Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti

IDENTITAS DIRI

Nama : Bambang Pujiyono
 Tempat dan Tanggal Lahir : Karanganyar, 26 Agustus 1971
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Jabatan Akademik : Lektor Kepala
 Alamat Rumah : Perum. Duta Bintaro Blok D.2/53 Kunciran, Pinang, Kota Tangerang
 HP : 0812 8771 9826
 Alamat e-mail : bambang.pujiyono@budiluhur.ac.id

RIWAYAT PEKERJAAN

Tahun	PEKERJAAN
1995 – Sekarang	Dosen Fisip Universitas Budi Luhur Jakarta
2017 - 2019	Tutor Universitas Terbuka

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI

Tahun Lulus	Program Pendidikan	Perguruan Tinggi	Jurusan/ Program Studi
2019	S3	Universitas Diponegoro	Ilmu Administrasi Publik
2009	S2	Universitas Indonesia	Ilmu Administrasi dan Kebijakan Publik
2000	S2	Universitas Budi Luhur Jakarta	Manajemen
1995	S1	Universitas Diponegoro	Ilmu Administrasi Negara

PENGALAMAN PENELITIAN

Tahun	Judul Kajian	Ketua/anggota Tim	Sumber Dana
2025	Model Multi Level Collaborative Governance untuk Pengelolaan dan Pemulihan Ekosistem Pariwisata Tanjung Lesung	Ketua Tim	Kemdiktisaintek
2024	Resolusi Konflik Agraria Dan Transformasi Strategi Ketahanan Pangan Masyarakat Marginal Terpapar Konflik Di Flores	Anggota Tim	Kemdikbud
2024	Kebijakan Asimetris Sebagai Model Akselerasi Pembangunan Infrastruktur dan Dampak Ekonomi Pariwisata di Kawasan Perbatasan Kabupaten Sambas	Anggota Tim	Kemdikbud
2023	Peningkatan Diseminasi Peringatan Dini	Anggota Tim	Badan

	Pada Kawasan Potensi Gempa Tsunami		Penanggulangan Bencana Nasional
2022	Pencegahan dan Peningkatan Kualitas Permukiman Kumuh di Kabupaten Bogor	Ketua Tim	Dinas PU dan Permukiman Kb. Bogor
2019	Evaluasi Pembangunan Kawasan Transmigrasi Wilayah 2 Sumatera	Ketua Tim	Kementerian Transmigrasi
2017	Evaluasi Kebijakan Pembiayaan Perumahan	Anggota Tim	Direktorat Pembiayaan Perumahan, Kemenpupera
2015	Perencanaan dan Pengembangan Masyarakat Transmigrasi UPT Pohorua dan Muna Provinsi Sultra	Ketua Tim	Kementerian Transmigrasi, Biro Perencanaan
2014	Pelaksanaan PP dan PKB	Ketua Tim	Ditjen PHI Kementerian Tenaga Kerja
2013	Identifikasi dan Analisis Kebijakan Mitigasi bencana Di Daerah tertinggal Rawan Bencana	Ketua Tim	Kementerian KPDT
2012	Penyusunan Indeks Wilayah tertinggal	Ketua Tim	Ditjen Bangda
2011	Kelembagaan Produk Unggulan daerah	Ketua Tim	Ditjen Bangda
2010	Pengembangan Model Pelayanan Publik di Kelurahan dan Kecamatan Kota Tangerang	Ketua Tim	Pemkot Tangerang
2009	Kinerja Kementerian Pertanian Berbasis BSC	Anggota Tim	Kementerian Pertanian
2009	Kebijakan Penetapan Tarif Perumahan bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah	Ketua Tim	Universitas Budi Luhur
2008	Model Pelayanan Publik Dinas Pendidikan Kota Tangerang	Ketua Tim	DIPA Kopertis 3 Jakarta

Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Ketua/anggota Tim	Sumber Dana
2019	Pelatihan Haki Pada sentra Batik di Larangan Ciledug	Ketua Tim	Universitas Budi Luhur Jakarta
2020	Pelatihan Drafting Merek Produk dan Dagang bagi UMKM Ciledug	Ketua Tim	Universitas Budi Luhur
2022	Abdimas Kolaborasi di Tanjung Lesung Pandeglang	anggota	Mandiri

KARYA ILMIAH

Tahun	JUDUL	PENERBIT
2017	The Establishment Of Sociocultural Aspects Of Community Unit Laeya North Buton, Kendari, South East Sulawesi	https://www.jardcs.org/backissues/abstract.php?archiveid=1678
2018	Asymmetric Policy of Border Area Development in Indonesia (Joko Widodo-Jusuf Kalla Government Period)	https://acadpubl.eu/jsi/2017-117-15/articles/15/75.pdf
2019	Stakeholder Analysis on Tourism Collaborative Governance in Tanjung Lesung Tourism, Pandeglang Regency, Banten Province, Indonesia	https://www.ajhtl.com/uploads/7/1/6/3/7163688/article_54_vol_8_3_2019.pdf Terindeks SCOPUS Q3
2020	Collaborative Management Model Tanjung Lesung Tourism In Pandeglang District, Banten Province, Indonesia	http://gtg.webhost.uoradea.ro/PDF/GTG-2spl-2020/gtg.302spl12-516.pdf Terindeks SCOPUS Q2
2022	Kolaborasi Multi Aktor Dalam Pengelolaan Wisata Geo Park Belitung	https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/refor masi/article/view/3367/pdf
2023	Dynamic Capabilities in Collaboration-Based Management of GeoPark in Bangka Belitung, Indonesia	https://proa.ua.pt/index.php/rtd/article/view/27712 Terindeks SCOPUS Q3
2025	Collaborative Governance in Natural Disaster Mitigation in Karimun District, Kepulauan Riau Province, Indonesia	Terindeks Scopus Q3

Karya Buku

no.	judul	tahun
1	Modul Manajemen Proyek	2014, UT Jakarta
2	Kebijakan Publik : Aktor, Model, dan Proses	2022, Suluh Media Yogyakarta

Saya menyatakan bahwa semua keterangan dalam **Curriculum Vitae** ini adalah benar dan apabila terdapat kesalahan, saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Jakarta. 29 Juli 2025



(Dr. Bambang Pujiyono, MM.,M.Si)



Curriculum Vitae

Nama Lengkap : **Dr. Rusdiyanta, SIP, SE, M.Si**
 NIDN : 0317076801
 NO Sertifikat Pendidik : 101160103804
 Tempat, Tanggal Lahir : Klaten, 17 Juli 1968
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Alamat : Perum Puri Bintaro Hijau Blok E.3 No.03, RT.02 RW.12
 Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten
 Pekerjaan : Dosen/Konsultan
 Jabatan Akademik : Lektor Kepala
 Norek BNI : 0191571804
 NPWP : 57.385.815.6-411.000

Riwayat Pekerjaan

Tahun	Pekerjaan	Mata Kuliah
1996-sekarang	Dosen	1. Pendidikan Pancasila 2. Teori Hubungan Internasional 3. Teori Organisasi 4. Kebijakan Publik

Riwayat Jabatan Struktural

Tahun	Pekerjaan	Keterangan
2018-	Kepala Pusat Studi Kebijakan Publik	Universitas Budi Luhur

2013-2018	Ketua Pusat Studi Kebudiluhuran	Universitas Budi Luhur
2008-2013	Dekan	FISIP Universitas Budi Luhur
2001-2008	Ketua Prog Studi HI	FISIP Universitas Budi Luhur
1999-2001	Pudek 1/Kaprodi HI	FISIP Universitas Jakarta

Riwayat Pendidikan Perguruan Tinggi

Tahun Lulus	Jenjang Pendidikan	Perguruan Tinggi	Program Studi
2018	S3 (Doktoral)	Universitas Diponegoro	Administrasi Publik
2012	S2 (Magister)	STIA YAPPANN	Administrasi Publik
2004	S2 (Magister)	Universitas Indonesia	Politik dan HI Timur Tengah
2005	S1 (Sarjana)	STIE Widya Persada	Manajemen
1993	S1 (Sarjana)	Universitas Gadjah Mada	Hubungan Internasional

Riwayat sebagai Konsultan

Tahun 2019

Nama Kegiatan : Evaluasi Reformasi Total Koperasi
Lokasi : Provinsi Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Nusa Tenggara Timur
Instansi : Deputy Bidang Pengembangan SDM Kementerian Koperasi dan UKM
Posisi : Ahli Kebijakan Publik

Nama Kegiatan : Penyusunan Tingkat Perkembangan Kawasan Transmigrasi Tahun 2019
Lokasi : Provinsi Aceh
Instansi : Direktorat Bina Potensi Kawasan Transmigrasi
Posisi : Ahli Manajemen

Tahun 2017 :

Nama Kegiatan : Pola Hubungan Satgas Pengawas Pusat dan Satgas Pengawas Daerah
Lokasi : Provinsi Jawa Tengah, Bali, Kalimantan Timur
Instansi : Deputy Bidang Pengawasan Kementerian Koperasi dan UKM
Posisi : Team Leader

Tahun 2016 :

Nama Kegiatan : Pembelajaran Kegiatan Rehabilitasi Dan Rekonstruksi Pascabencana
 Lokasi : Cilacap, Sukoharjo, Lombok, Mempawah
 Instansi : BNPB
 Posisi : Ahli Sosial

Tahun 2015 :

Nama Kegiatan : Monitoring dan Evaluasi terhadap Pengusaha dalam Mendukung Implementasi SJSN
 Lokasi : Jakarta
 Instansi : Kemenaker
 Posisi : Ahli Manajemen

Tahun 2014 :

Nama Kegiatan : Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial, Ekonomi, Lingkungan
 Lokasi : Jakarta
 Instansi : Balitbang PU
 Posisi : Ahli Kelembagaan

Nama Kegiatan : Penyusunan Evaluasi Kinerja Organisasi Ditjen Pengembangan Destinasi Pariwisata
 Lokasi : Jakarta
 Instansi : Dirjen Pengembangan Destinasi Pariwisata
 Posisi : Ahli Kebijakan Publik

Tahun 2013

Nama Kegiatan : Pedoman Evaluasi Organisasi dan Tata Kerja Dirjen Penataan Ruang Kementerian PU Lokasi : Jakarta
 Instansi : Dirjen Penataan Ruang, Kemen PU Jakarta
 Posisi : Ahli Kelembagaan

Tahun 2012 :

Nama Kegiatan : Loklatih dan Fasilitasi Penyusunan RPJM Desa di Lokasi PNPM PISEW
 Lokasi : Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi
 Instansi : Dirjen PMD, Kementerian Dalam Negeri
 Posisi : Team Leader

Nama Kegiatan : Pendampingan Kelembagaan Kemasyarakatan dan Pemerintah di Permukiman Transmigrasi
 Lokasi : Kabupaten Boalemo, Gorontalo
 Instansi : Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi
 Posisi : Team Leader

Nama Kegiatan : Penyusunan Pedoman Penyusunan Standard Operating Procedure Perizinan di Daerah
 Lokasi : DIY, Riau, Jambi, Lampung, Sulawesi Tengah
 Instansi : Dirjen Bina Bangda, Kemendagri
 Posisi : Tenaga Ahli Kebijakan Publik

Nama Kegiatan : Penyusunan Pedoman Evaluasi Organisasi Direktorat Penataan Ruang
 Lokasi : Sulawesi Utara, Nusa Tenggara Barat, Jawa Barat
 Instansi : Dirjen Penataan Ruang, Kementerian Pekerjaan Umum
 Posisi : Tenaga Ahli Kebijakan Publik

Tahun 2011

Nama Kegiatan : Kajian Pembagian Kewenangan Pusat dan Daerah Dalam Pengelolaan Kawasan Perbatasan Negara
 Lokasi : Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Natuna
 Instansi : Badan Nasional Pengelola Perbatasan
 Posisi : Ahli Hubungan Internasional

Nama Kegiatan : Analisis Efektifitas Birokrasi Kantor Pusat Kementerian Pertanian
 Lokasi : DKI Jakarta, Riau, Jambi, Bengkulu, Kalimantan Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Bali, NTT.
 Instansi : Kementerian Pertanian
 Posisi : Tenaga Ahli Kelembagaan

Tahun 2010 :

Nama Kegiatan : Studi Dinamika Pengembangan Sumber Daya Lokal di Wilayah Tertinggal
 Lokasi : Bengkulu, Sulawesi Selatan, Jawa Barat, Sulawesi Tenggara, Kalimantan Timur
 Instansi : Kementerian Dalam Negeri
 Posisi : Tenaga Ahli Pembangunan

Tahun 2009

Nama Kegiatan : Strategi Kebijakan dan Pengembangan Potensi Inti Perdesaan Dalam Peningkatan Pembangunan Perdesaan
 Lokasi : DI Yogyakarta, Banten, Bangka Belitung, Gorontalo, Jawa Tengah
 Instansi : Kementerian Dalam Negeri
 Posisi : Tenaga Ahli Pembangunan

Tahun 2008

Nama Kegiatan : Analisis Dampak Implementasi CEPT- AFTA Terhadap Daya Saing Industri
 Lokasi : Jakarta, Medan, Semarang, Surabaya, Makasar
 Instansi : Departemen Perindustrian
 Posisi : Tenaga Ahli Hubungan Internasional

Pelatihan Profesional

Tahun	Jenis Pelatihan	Penyelenggara
2018	Workshop Pelaksanaan e-learning	FISIP Universitas Budi Luhur
2017	Workshop Kekayaan Intelektual	Ristek Dikti & Universitas Gunadarma
2017	Seminar Publikasi Artikel Ilmiah pada Jurnal Internasional Bereputasi	Ristek Dikti & Universitas Budi Luhur
2016	Workshop Penyusunan Roadmap Penelitian	DRPM Universitas Budi Luhur
2012	Penyamaan Persepsi Dosen yang Memiliki Nomor Induk Registrasi Asesor (NIRA)	Kopertis III Jakarta
1997	Pelatihan Ancangan Aplikasi	Universitas Indonesia & UNTAG

Pengalaman Menulis Buku

Tahun Terbit	Judul Buku	Kota/Penerbit
2012	Pendidikan Kewarganegaraan Implementasi Karakter Bangsa (Bersama Dr. Syahril Syarbaini dan Fatkhuri, MPP)	Jakarta: Hartomo Media Pustaka ISBN:978-602-18875-0-9
2012	Konsep Dasar Sosiologi & Antropologi, Teori dan Aplikasi (Bersama Dr. Syahril Syarbaini dan Fatkhuri, MPP)	Jakarta: Hartomo Media Pustaka ISBN:978-602-18875-1-6
2011	<i>Pengetahuan Dasar Ilmu Politik</i> (Bersama Dr. Syahril Syarbaini dan Doddy Wihardi, SIP)	Jakarta: Ghalia Indonesia, 2011. ISBN. 987-979-450-639-4

2010	Implementasi Pancasila Melalui Pendidikan Kewarganegaraan (editor)	Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010 ISBN: 978-979-756-548-0
2009	Dasar-Dasar Sosiologi (bersama Dr.Syahrial Syarbaini)	Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009. ISBN: 978-979-756-548-0

Publikasi di Jurnal

Tahun Publikasi	Judul Artikel	Penerbit/Jurnal/Prosiding
2018	Strengthening The Capacity Of Border And Regional Development Agency Lag (BP2DT) In West Kalimantan Province In The Management Area Of Land Border	International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 3, March-2018
2017	Model Pengembangan Kerja Sama Indonesia– Singapura Dalam Bidang Pangan	Journal POLITIS, Politic and International Studies. Vol.1 No.1, 2018
2017	Collaborative Border Management as the Strategic Revitalization of State Border Management in Indonesia	International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol.116, No.24, 2017 ACADEMIC PUBLICATIONS, LTD
2017	Asymmetric Policy of Border Area Development in Indonesia (Joko Widodo-Jusuf Kalla Government Period)	International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol.117, No.15, 2017 ACADEMIC PUBLICATIONS, LTD
2017	Strengthening of the Coordination of the National Agency for Border Management (BNPP) in Border Management in Indonesia	International Journal of Applied Business and Economic Research Vol.15 No.18
2016	Human Resources Information System In Theory And Exposure	International Journal Of Core Engineering 2 (10), 140-149
2012	Strategi Pengembangan Kapasitas Pemerintah Daerah Dalam Pengelolaan Kawasan Perbatasan Negara: Studi Kasus Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat	Prosiding Seminar Nasional di Universitas Brawijaya, 2012. ISBN: 978-602-203-293-9.
2011	Kebijakan Pemerintah Indonesia Dalam Menangan Masalah Perdagangan Perempuan	Prosiding Seminar Nasional Peran NGO Dalam Perlindungan Hak Perempuan, 2011. ISBN 978-602-99135-0-7.
2010	Peran Negara dalam Menghadapi Globalisasi	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.5 No.2 Desember 2010

		ISSN: 1907-3941
2010	Strategi Kebudayaan Dalam Reformasi Birokrasi di Indonesia	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.5 No.1 Juni 2010 ISSN: 1907-3941
2009	Transnasionalisasi Ideologi: Kasus Ikhwanul Muslimin Terhadap Partai Keadilan Sejahtera	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.4 No.3 Desember 2009 ISSN: 1907-3941
2008	Pengaruh koalisi HAMAS-FATAH Terhadap Perdamaian Israel-Palestina (2006-2007)	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.3 No.3 Desember 2008 ISSN: 1907-3941
2008	Sintesis Nilai-Nilai Islam dan Keturkian Menuju Negara Turki Modern	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.3 No.3 Desember 2008 ISSN: 1907-3941
2007	Implementasi Kebijakan Luar Negeri AS di Asia Tengah	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.2 No.1 April 2007 ISSN: 1907-3941
2006	Neokonservatisme dan Politik Luar Negeri AS Terhadap Islam Politik	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.1 No.3 Desember 2006 ISSN: 1907-3941 ISSN
2006	Amerika Serikat dan Penyelesaian Konflik Israel-Palestina	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.1 No.2 Agustus ISSN: 1907-3941 ISSN
2006	Dinamika Hubungan Negara Industri Maju (NIM) dan Negara Sedang Berkembang (NSB) Dalam Tata Ekonomi Global,	Transnasional FISIP Universitas Budi Luhur Vol.1 No.1. April 2006 ISSN: 1907-3941
2005	Fenomena Politik Internasional Pasca Perang Dingin	Majalah Forum Ilmiah Universitas Jakarta Vol.9 No.1 Agustus 2005 ISSN: 1410-5586
2004	Manfaat dan Upaya Integrasi Ekonomi Regional (Studi Kasus AFTA)	Majalah Forum Ilmiah Universitas Jakarta Vol.8 No.9 Desember 2004 ISSN: 1410-5586
2004	Perkembangan Demokrasi di Timur Tengah	Majalah Forum Ilmiah Universitas Jakarta Vol.8 No.8 Oktober ISSN: 1410-5586
2004	Implementasi Pemikiran Zionisme Dalam Pembentukan Negara Israel	Majalah Forum Ilmiah Universitas Jakarta Vol.8 No.7 Agustus 2004 ISSN: 1410-5586
2002	Intervensi Negara Dalam Transnasionalisasi	Padma Jurnal Penelitian

	Industri	Perguruan Tinggi Budi Luhur April 2002 ISSN: 1410-8194
2001	Normalisasi Hubungan Indonesia-Cina	<i>Humanis AMIK BSI</i> , No.2 Thn.2001.
2001	Globalisasi dan Implikasinya Terhadap Perilaku Kepemimpinan di Indonesia	Padma Jurnal Penelitian Perguruan Tinggi Budi Luhur Agustus 2001 ISSN: 1410-8194
2001	Trend Ekonomi Dalam Hubungan Internasional Pasca Perang Dingin	Swara Majalah Kampus Budi Luhur No.03/Thn.VI/Juni 2001 ISSN: 1410-0223
1997	Blok Perdagangan Regional dan Dampaknya Terhadap Liberalisasi Perdagangan Global	Jurnal Ilmiah UNTAG JAKARTA No.9 Juli-Sep 1997 ISSN: 0852-9329

Demikian daftar riwayat hidup ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan penuh rasa tanggungjawab.

Tangerang Selatan , 18 Agustus 2025

Yang membuat,



Dr. Rusdiyanta, S.I.P., SE, M.Si

IDENTITAS DIRI

Nama : Dwi Prijono Soesanto
Tempat dan Tanggal Lahir : Lumajang, 09 Januari 1964
Jenis Kelamin : Laki-laki
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Alamat Rumah : Jl. Pelikan II Blok U5, no. 18 Bintaro Jaya, Tangerang Selatan
HP : 0812 8771 9826
Alamat e-mail : dps@gmail.com

RIWAYAT PEKERJAAN

Tahun	PEKERJAAN
2015 – Sekarang	Dosen FKDK Universitas Budi Luhur Jakarta

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI

Tahun Lulus	Program Pendidikan	Perguruan Tinggi	Jurusan/ Program Studi
2015	S2	Universitas Budi Luhur Jakarta	Manajemen Komunikasi
1993	S1	Universitas Soetomo	Ilmu Komunikasi

Demikian daftar riwayat hidup ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan penuh rasa tanggungjawab.

Tangerang Selatan , 28 Januari 2025

Yang membuat,

Drs. Dwi Prijono Soesanto., M. Ikom

INTEGRATING MODERN TECHNOLOGY AND LOCAL WISDOM IN TSUNAMI EARLY WARNING SYSTEMS: EVIDENCE FROM SERANG REGENCY, INDONESIA

Bambang Pujiyono^{1*}, Rusdiyanta², Arief Ruslan³, Geri Suratno⁴, Dwi Prijono Soesanto⁵

^{1,2}Faculty of Social Science and Global Studies, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

^{3,4,5}Faculty of Communication and Creative Design, Universitas Budi Luhur, Indonesia

*Corresponding Author: bambang.pujiono@budiluhur.ac.id

Copyright©2021 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstract Indonesia's coastal regions remain highly vulnerable to tsunami hazards, yet the effectiveness of existing early warning systems continues to be challenged by both technological and institutional limitations. In Serang Regency, Banten Province, the presence of modern technologies such as the Warning Receiver System (WRS-NG21) and early warning sirens has not been sufficient to ensure timely community response during emergencies. Weak coordination, inadequate maintenance, and limited community awareness have constrained their performance. At the same time, local wisdom-based communication systems—including mosque loudspeakers, traditional kentongan signaling, and social media networks—continue to play a central role in disseminating warnings at the grassroots level.

This study examines how institutional roles and local wisdom can be effectively integrated to strengthen a community-based tsunami early warning system in Serang Regency. Employing a qualitative case study approach, data were collected from six coastal villages through semi-structured interviews, field observations, and document analysis. The findings reveal that integrating modern technologies with traditional communication practices creates a hybrid warning model that enhances both technical reliability and cultural legitimacy. The study identifies gaps in institutional coordination, insufficient standard operating procedures (SOPs), and the lack of local government support mechanisms as critical barriers to system sustainability.

The results demonstrate that hybrid early warning systems can improve community trust, response speed, and overall disaster resilience. This study contributes theoretically by expanding the discourse on inclusive disaster governance, showing how local knowledge can complement formal institutional structures. Practically, the research proposes a framework for embedding indigenous practices within modern warning infrastructures, offering policy guidance for local governments in other tsunami-prone areas. Socially, it underscores the value of empowering communities as active agents in disaster preparedness and adaptive resilience.

Keywords: Disaster mitigation; local institutions; local wisdom; tsunami early warning; technology integration; Serang Regency

1. Introduction

Since the enactment of Law Number 24 of 2007 concerning Disaster Management, Indonesia has made significant progress in disaster management. This progress includes strengthening national commitment, increasing institutional roles, and developing community preparedness through cross-sector partnerships. This achievement has also strengthened Indonesia's position in the global disaster management forum [1].

However, the threat of disasters in Indonesia continues to increase in frequency and complexity. Data from the National Disaster Management Agency (BNPB) shows that between 2013 and 2022, there was a significant spike in the number of disaster events, with a peak in 2020 of 5,003 events. Although the number of fatalities tended to decrease post-2018, the ratio of victims to incidents still shows a high level of vulnerability. According to BNPB's Disaster Information Data (DIBI, 2023), more than 80% of Indonesia's territory is disaster-prone, and coastal communities are particularly exposed to tsunami threats.

This vulnerability is consistent with global findings. The IPCC (2022) highlights that coastal populations in Southeast Asia face compounding risks due to climate change, volcanic activity, and rapid urbanization. Tsunami disasters, such as the 2004 Indian Ocean tsunami and the 2018 Sunda Strait tsunami, illustrate the urgent need for stronger and more inclusive early warning systems.

Recent studies underline the importance of integrating modern technology with local knowledge systems in disaster risk reduction. A framework in which indigenous knowledge, such as environmental cues and community practices, complements scientific tools and results in more trusted and effective responses has been proposed [2]. Similarly cases in Africa and Asia, concluding that hybrid approaches in early warning significantly reduce fatalities by increasing community trust and timely action [3]. In Indonesia, local wisdom such as religious norms, traditional communication (kentongan), and social cohesion has been shown to enhance community preparedness when combined with technological systems [4][5].

The following data compares the number of incidents with the number of victims of disasters in Indonesia, as seen in Figure 1. This condition is a trigger for Indonesia to improve disaster management services.

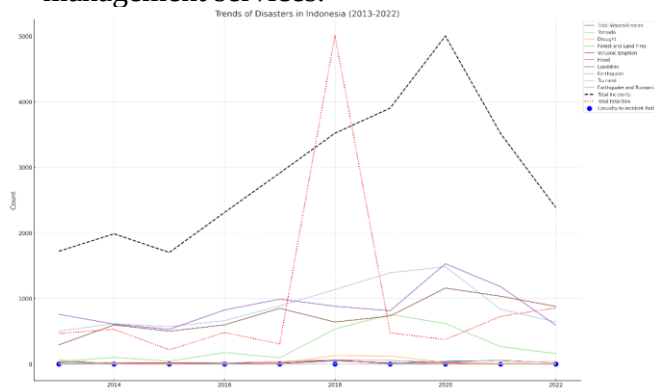


Figure 1. Ratio of Number of Disaster Incidents and Victims 2013-2022

Source: processed from DIBI BNPB and official BNPB publication infographics, 2023

This condition emphasizes the need to improve the quality of early warning systems and community preparedness, especially in tsunami-prone areas. Strengthening the early warning subsystem is very important to ensure that the community can receive disaster information in a timely, accurate, inclusive, and actionable manner. In this case, developing a Multi-Hazard Early Warning System (MHEWS) is urgently needed to deal with the dynamics of disaster risk that continues to grow [3]. One of the main challenges in developing this system is the limited technology and the vulnerability of communication systems in emergency conditions. Modern technology, such as sirens, radio communications, and mobile phones, are often unreliable when there is a power outage or network disruption [6].

On the other hand, communities in disaster-prone areas often have local wisdom in the form of traditional disaster information delivery systems that have proven effective in emergency conditions. However, rapid modernization has resulted in this wisdom being increasingly marginalized. The local wisdom-based approach is considered more adaptive and deeply rooted in the social structure of the local community [2] [5].

The effectiveness of the early warning system is greatly influenced by the quality of the institutions that distribute the information. Local institutions play a strategic role in bridging

modern technology and local wisdom practices. However, various studies show that the institutional capacity to manage and disseminate disaster information optimally, both at the district and village levels, is still limited [4] [7].

In this context, this study aims to analyze the role of institutions in utilizing local wisdom to increase the effectiveness of the tsunami early warning dissemination system. The focus of the study is on integrating technology and local wisdom in an adaptive and inclusive institutional system, especially in disaster-prone areas in Serang Regency. [8] [9].

This context emphasizes that Serang Regency represents a relevant and urgent case study. Located along the Sunda Strait, Serang has experienced repeated tsunami threats triggered by Mount Anak Krakatau's volcanic activity. The December 22, 2018 tsunami killed 21 people and displaced nearly 5,000 residents in Serang alone (BNPB, 2023). While modern warning devices like sirens and WRS-NG units exist, they remain limited in coverage and reliability. On the other hand, local wisdom in the form of mosque loudspeakers, traditional tools, and community networks continues to function effectively, though it is increasingly marginalized by modernization.

Therefore, this study is timely and significant, as it analyzes how institutional roles and local wisdom can be integrated with technology to strengthen tsunami early warning systems. By situating the research in Serang Regency and drawing from broader comparative evidence, this study contributes to the discourse on building inclusive, sustainable, and community-rooted disaster resilience [2][3][4].

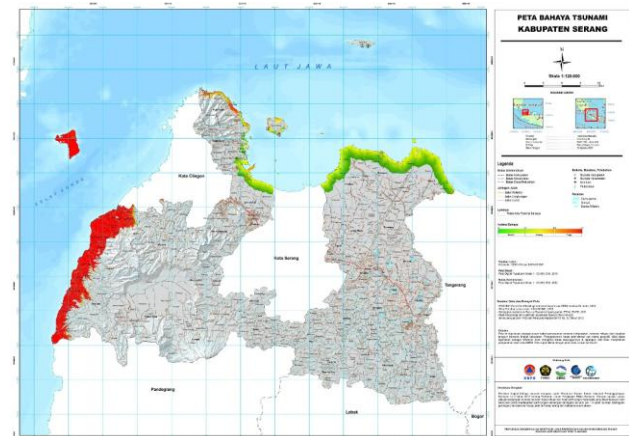
2. Materials and Methods

This study uses a qualitative approach to explore the institutional dynamics, conditions of early warning technology, and the role of local wisdom in the tsunami disaster mitigation system in vulnerable areas. A qualitative approach was chosen because it allows for a contextual understanding of the social and cultural realities that influence the effectiveness of early warning systems at the community level [10] [11]. This study was conducted in three sub-districts included in the tsunami-prone coastal areas in the Serang Regency, namely the Anyar Sub-district, the Cinangka Sub-district, and the Pulo Ampel Sub-district. The villages that were the locations for observation and interviews included Anyar Village (Anyar Sub-district), Bulakan and Karang Suraga Villages (Cinangka Sub-district), and Argawana, Salira, and Sumuranja Villages (Pulo Ampel Sub-district). These locations were selected purposively based on the level of disaster vulnerability, early warning technology systems, and local wisdom practices still actively used by the community.

Data collection techniques involved a combination of direct observation of early warning infrastructure and evacuation routes, in-depth interviews with key stakeholders such as BPBD PUSDALOPS officers, village officials, disaster volunteers, and community leaders, and field surveys to document local practices in disaster mitigation. In addition, documentary studies were conducted on policy documents, preparedness activity reports, and standard operating procedures applicable at the regional level. The data's validity was assessed using a triangulation approach of sources and methods, which allows for comparisons between various field data and official documentation sources [12]. Participatory visualization and mapping were also used to capture the spatial dimensions of the early warning system and identify disaster-prone points in the research location. Data obtained through observation, interviews, and documentation were then analyzed through several stages. The initial stage of analysis involved the process of data filtration and validation, especially regarding information on the existence and function of available early warning technology.

Furthermore, the data was presented descriptively in the form of narratives and visual documentation, including spatial maps to illustrate the distribution of the warning system. Interview data were transcribed and analyzed using a thematic-inductive approach, following the coding procedure developed by Braun and Clarke [13]. This approach allows the identification of

key themes such as inter-institutional relations, community involvement, and the integration of local wisdom in early warning systems. The methodology used in this study is in line with the community-based disaster study approach, which is widely used in the literature because it can describe the complexity of the relationship between institutions, socio-culture, and local capacity in the context of disaster risk management. Thus, this approach not only explains the factual conditions in the field but also provides a basis for formulating evidence-based policy recommendations that are sensitive to the local context.



3. Result

3.1. Overview of tsunami disaster risk in serang regency

Serang Regency, located in the northern and western parts of Banten Province, includes 29 sub-districts, 326 villages, and 19 islands, with 37 villages located on the coast. This area has an area of 1,467.35 km², around 15.72% of the area of Banten Province, making it the third largest regency after Lebak and Pandeglang. Geographically, Serang Regency is bordered by the Java Sea, Cilegon City, and Serang City to the north; Lebak and Pandeglang Regencies to the south; Tangerang Regency to the east; and Cilegon City and the Sunda Strait to the west.

The coastal areas of Serang Regency, especially from Anyar Beach to Cinangka, as well as the northern coastal areas covering the Java Sea and Banten Bay, are vulnerable to tsunami disasters. This potential threat is mainly caused by the volcanic activity of Mount Anak Krakatau in the Sunda Strait. Based on DIBI-BNPB 2023 data, Serang Regency experienced a tsunami on December 22, 2018, triggered by Mount Anak Krakatau's activity. This disaster caused 21 fatalities, 2,395 people were injured, 4,820 people were displaced, and 41 houses and 19 kiosks were damaged.

Realizing the above conditions, the Serang Regency Government is committed to handling the tsunami disaster outlined in the Serang Regency RTRW 2011-2031. This commitment is reflected in the determination of efforts to protect tsunami-prone areas through 7 (seven) main programs, namely determining the boundaries of tsunami-prone areas, building a Tsunami Early Warning System (TEWS), building tsunami retaining walls on coastlines at risk, planting mangroves along the coastline to reduce the force of tsunami water, controlling development in tsunami disaster areas, building evacuation routes and gathering points as evacuation spaces, and conducting coaching and outreach programs for the community in tsunami-prone areas.

Serang Regency is considered to be in the High-risk class for tsunami disasters. The Tsunami Disaster Risk Map for Serang Regency is shown in Figure 1 below.

Figure 2. Tsunami Disaster Risk Map of Serang Regency

Source: Tsunami Disaster Risk Assessment of Serang Regency in 2023, BNPB

Tsunami disaster risk conditions, including the tsunami early warning system in each village/sub-district, need to be considered to ensure optimal utilization and sustainability of tsunami early warning information dissemination sirens in the future. In addition, sociological conditions and community preparedness capacity also need to be considered to ensure that the management of tsunami early warning information dissemination sirens runs well at the village/sub-district level. A description of the six villages in Serang district that are at risk of a tsunami disaster, namely:

3.1.4. Anyar Village

According to the Dukcapil-Ministry of Home Affairs Statistics for the first semester of 2023, Anyar Village has 7,714 people with the highest population density among other IDRIP locus villages, 2,858 people/km². Vulnerable groups, such as toddlers, the elderly (1,205 people or 15.62%), and people with disabilities (5 people), require special attention in disaster preparedness. This village is at high risk of tsunami, with 96.92% of its area (261.68 hectares) exposed, consisting of medium (63.26 hectares) and high (198.42 hectares) risks.

Anyar Village does not yet have a permanent tsunami siren, but the Indonesian Red Cross (PMI) provides a portable siren with a range of 1 kilometer. The commitment of the community and volunteers to maintain this siren was driven by the experience of the tsunami on December 22, 2018, which did not cause any fatalities or damage to houses or fishing boats. In terms of preparedness, PMI, the village government, and BNPB have provided disaster preparedness training, evacuation, and the use of early warning. Anyar Village has a disaster volunteer team inaugurated through a Village Head Decree, although it does not yet have an early warning SOP. Evacuation sites include SMK Negeri 1 Anyar, Anyar District Office, and Kadu Dago Village, Sindang Karya Village.

3.1.5. Bulakan Village

Bulakan Village has the smallest population among the IDRIP loci, namely 4,417 people, with a density of 653 people/km² in an area of 6.77 km². A total of 659 residents (14.92%) are classified as vulnerable, and 14 people are disabled. This village has a moderate tsunami risk, with a low-risk area of 6.18 hectares and a moderate-risk area of 505.53 hectares. Although it has not experienced a tsunami in the last 20 years, Bulakan Village does not yet have an early warning siren. However, the community and village governments have stated the importance of the siren and are committed to maintaining it if it is built.

In preparedness, BPBD has provided socialization regarding evacuation routes, and signs are now installed in various locations. Bulakan Village does not yet have a disaster volunteer team or early warning SOP. If a tsunami occurs, the community plans to evacuate to the hills or mountains around the village.

3.1.1. Karang Suraga Village

Karang Suraga Village has 6,300 people with a density of 694 people/km² in an area of 9.08 km², making it the largest village among the IDRIP loci. A total of 968 residents (15.37%) are classified as vulnerable, and 16 people are disabled. Almost the entire village area (97.40% or 884.38 hectares) is potentially exposed to a tsunami, with the greatest risk being in the moderate class (879.20 hectares), so this village is categorized as moderate risk.

Karang Suraga Village does not yet have an early warning siren despite being exposed to a tsunami. Early warning information was distributed through WhatsApp Group (WAG), but the community considered the siren very important, considering the village's location facing the Sunda Strait. In preparedness, BPBD has provided socialization regarding evacuation routes and signs. These signs direct residents away from the coast to higher areas, although the village does not yet have a disaster volunteer team or early warning SOP.

3.1.2. Argawana Village

Argawana Village has the largest population among the IDRIP locus villages in Serang Regency, namely 7,876 people, with a density of 1,847 people/km² in an area of 4.27 km². As many as 16.19% of the population (1,275 people) are classified as vulnerable, and 13 people are disabled. The area potentially exposed to a tsunami is only 10.83% (46.21 hectares), with low risk (40.11 hectares) and medium (6.10 hectares), so the risk of a tsunami disaster in this village is relatively low.

Argawana Village does not yet have an early warning siren for tsunamis, but the community supports its existence to improve safety. Community preparedness is quite good thanks to disaster socialization by the Government, business world, and volunteers. Although the SOP for early warning is not yet available, the community uses mosque loudspeakers and evacuation signs installed through the IDRIP 2023 program to direct residents to evacuation sites in Banyuwangi Village.

3.1.3. Salira Village

Salira Village has 5,063 inhabitants with a density of 1,469 inhabitants/km² in an area of 3.45 km². As many as 13.98% of the population (708 people) are classified as vulnerable, with no disabled residents. The area potentially exposed to a tsunami reaches 15.30% (52.73 hectares), most of which are in the medium risk class (46.45 hectares), so the tsunami risk level is categorized as MEDIUM. This village does not yet have an early warning siren, and information is conveyed through social media. The community welcomed the plan to build a siren and is committed to maintaining the device's functioning. Community preparedness is quite good, supported by disaster socialization from BPBD and Destana facilitators and disaster facility assistance from PT. Indonesia Power. Evacuation sites are directed to SMP Negeri 1 Pulo Ampel as a Temporary Evacuation Site (TES) and Kampung Salira Waringin as the Final Evacuation Site (TEA). However, there is no standard early warning SOP.

3.1.6. Sumuranja Village

Sumuranja Village has 4,972 inhabitants with a density of 1,709 inhabitants/km² in an area of 2.91 km². The vulnerable population is 15.51% (771 people), and there are two people with disabilities. The tsunami-exposed area of 10.73% (31.22 hectares) is relatively small with moderate risk (18.37 hectares), so the tsunami disaster risk is categorized as MEDIUM. Early warning information is delivered through WhatsApp Group and the InaRISK application. The community supports the construction of early warning sirens for the safety of residents. Preparedness is considered quite good with the presence of a disaster volunteer team, socialization from BPBD and BNPB, and evacuation signs from the IDRIP program and Serang Raya University. Although evacuation routes are available, Sumuranja Village does not yet have a TES, TEA, or early warning SOP.

3.2. Description of serang regency early warning system

Organization, installation, and testing of early warning systems are part of preparedness as regulated in Law No. 24 of 2007 concerning Disaster Management. This system aims to inform the Government and the public to anticipate disasters and prepare for emergencies. Effective early warning provides information on potential disasters and supports rescue, evacuation, protection of vulnerable groups, and management of refugees, both in the alert and emergency response phases. This information is also used in contingency plan operations.

According to BNPB Regulation No. 4 of 2022, there are five main activities in early warning: observation of disaster symptoms, data analysis, decision-making, dissemination of information, and community action. Observation and analysis activities prioritize applied technology, such as the central Government's implementation. However, BPBD, through Pusdalops, still plays a role in supporting the observation and analysis of local disasters.

BMKG is responsible for the observation of earthquakes and tsunamis according to Presidential Regulation No. 93 of 2019. This early warning system is based on detecting the primary wave (P) before the damaging secondary wave (S). Earthquake information is delivered in less than 3 minutes through platforms such as INA-TEWS and InaRISK, including earthquake magnitude, tsunami potential, and shake map, using tools such as seismometers, accelerographs, and GPS.

Serang Regency already has a disaster information and early warning system that combines technology and local wisdom, although it is still focused on earthquakes and tsunamis. Some of the early warning infrastructure that has been built in Serang Regency are:

- a) WRS-NG21, which BMKG will assist in 2021. WRS-NG is a communication tool from BMKG used to disseminate tsunami warnings to intermediary institutions, including BPBD/Pusdalops. This device supports Pusdalops's two main functions, namely receiving and disseminating warnings and directions to communities at risk. The placement of WRS-NG at the Serang Regency BPBD office accelerates the delivery of information on potential tsunamis or earthquakes according to the SOP for early warning and evacuation.
- b) In the early warning communication mode, Pusdalops BPBD Serang Regency has used various communication modes for internal communication of Pusdalops personnel and to communicate

with external parties. Internal communication mode using 2 RIG radios where 1 belongs to BPBD, and one belongs to BNPB, which uses a VHF frequency channel at 150.430 MHz. To communicate with BPBD Banten Province, Pusdalops uses a RIG radio with a frequency of 150.430 MHz connected to a repeater belonging to BPBD Banten Province. PLN electricity sources and generators operate various communication devices and provide backup electricity sources.

- c) Early warning transmitter system: Currently, there is a transmitter tower located in the Pusdalops office complex. It is a 4-inch monopole tower with a height of 15 meters and functions as an internal BPBD radio communication antenna. This tower was procured in 2013 and built on government land.
- d) Dissemination sirens were used for early warning information and tsunami evacuation, whereas until September 2023, there were two units of tsunami early warning sirens. The sirens do not overlap with the location of the Tsunami Early Warning Information Dissemination Siren Development activities through the IDRIP program. Based on their condition, the two units still functioning apart from the BPBD sirens have earthquake detectors at the Pusdalops office. The sirens in Serang use GSM signals, and the cell phone is the control button. The list and distribution of existing siren placement locations can be seen in figure 3 below.



Figure 3. Dissemination technology and placement of sirens in Serang Regency.

3.3. Institutional Description

Institutions involved in the dissemination of tsunami early warnings in Serang Regency can be described as follows:

- a) The Meteorology and Geophysics Agency (BMKG) is an institution that has the technology to obtain initial data on earthquake events.
- b) The National Disaster Management Agency (BNPB) is a government institution that is the coordinator for handling disaster events
- c) BPBD, through the Pusdalops unit, receives disaster event information directly from BMKG. This information is received through technological devices owned by the Serang Regency BPBD
- d) Pusdalops then conveys the tsunami early warning information through available technology such as Sirens, WA Groups, Call Centers, and Social Media Groups. This WA Group includes local government organisations, the private sector, and communities interested in disasters. Dissemination of this information is aimed at communities at the village level with the potential for tsunami disasters.
- e) Village Government: The central manager conveys early warning information and organises responses at the village level.
- f) Disaster Preparedness Group, Disseminating early warning information through various communication channels.
- g) Community leaders/religious leaders, as well as respected and trusted parties, have a significant influence in conveying messages related to disasters.

h) Karang Taruna, assisting in disseminating early warning information through social media and other communication tools.

Information institutions' centralisation and capacity to disseminate information can be described based on these institutions. First, this institution forms an early warning information institution and dissemination centre that operates continuously with trained personnel according to agreed national standards and international benchmarks. This institution will utilise disaster risk knowledge and hazard information developed on the MHEWS Platform to produce early warning system products based on impact and early action that can be accessed by all communities of all ages, genders, and abilities, including in remote areas.

Second, strengthening dissemination capabilities. This institution strengthens existing capabilities to disseminate MHEWS information messages and supports increased preparedness capacity. This effort will consider existing capabilities to provide warnings of hazards, including and starting from the provinces affected by the 2018 disasters. This includes replacing and upgrading existing communications equipment, computer networks, and information and communication technology platforms.

In some cases, geographic coverage will be expanded; in others, outdated technology will be replaced. This strengthening will be carried out primarily for Pusdalops at the district/city level. Equipment will be selected based on local specifications and include technical and other considerations to enable integration into existing systems and ease of maintenance and operation. By combining local wisdom with modern efforts, the Serang Regency community can improve its preparedness and mitigation for tsunamis or other earthquakes.

Third, Institutions at the village level need to work together synergistically to improve the effectiveness of early warning dissemination. This collaboration can involve: a). Structured coordination through village deliberations involving all institutions to discuss disaster mitigation and response strategies; b). Local risk mapping: communities create maps of disaster-prone areas and evacuation routes; dan Integrated simulations involving all institutions in evacuation simulations so that each party understands their role during a disaster.

With a strong village institutional role, communities can be better prepared for earthquakes and tsunamis to minimise the risk of loss of life. It should provide a concise and precise description of the experimental results, their interpretation as well as the experimental conclusions that can be drawn.

4. Discussion

The findings from six coastal villages in Serang Regency show that tsunami vulnerability remains high, while the capacity of early warning systems is limited. Modern devices such as WRS-NG21 and early warning sirens exist but are constrained by technical issues and limited coverage. In contrast, traditional methods like mosque loudspeakers, kentongan, and WhatsApp groups remain effective in reaching communities. This duality highlights the urgent need to integrate modern technologies with culturally embedded communication systems.

For example, Anyar and Karang Suraga villages demonstrated that portable sirens and social media groups can effectively support community preparedness. However, most villages still lack standardized operating procedures (SOPs) and permanent siren installations, leaving gaps in reliability. Similar to findings in Pekalongan's tidal flood management [14], Serang's case shows that local institutional collaboration and community participation are critical in ensuring early warning messages are acted upon. Comparable patterns were also observed in Japan [8], where disaster-resilient communities were built through strong local institutions and culturally rooted practices.

The study also reveals that institutional capacity at the village level is underdeveloped. Disaster volunteer teams, where present, often lack training and coordination with official agencies. This reduces the effectiveness of communication chains during emergencies. A study in Aceh highlighted the same issue, showing that volunteer networks significantly improve preparedness when supported by local governments [4]. In the Philippines, integrating indigenous warning systems with formal disaster agencies has been reported to reduce delays in community evacuation [2].

Integrating technology and local wisdom is another critical aspect. Traditional cues, such as changes in animal behavior and natural signs, are deeply trusted by local communities. When combined with modern sensors and digital communication, these cues can enhance the credibility and speed of warnings. Similar integration has been found in African flood-prone regions, where blending local environmental knowledge with modern monitoring improved community trust in early warnings [3][15]. In Indonesia, integrating indigenous practices into formal disaster preparedness has been shown to strengthen resilience, such as in the case of Anak Krakatau [16], and in Mentawai Islands where local wisdom is embedded in disaster mitigation strategies [17]. Likewise, empirical lessons from Tiworo illustrate that local wisdom is a specific knowledge system that enhances community adaptation to natural hazards [18]. In Nepal, incorporating traditional practices into disaster education has also been shown to strengthen adaptive capacities [19].

From a technological standpoint, innovations such as recurrent neural networks have been successfully applied in tsunami tide prediction, supporting the Indonesia Tsunami Early Warning System [20]. Recent developments in digital twin models based on Bayesian inference further highlight the potential for real-time decision-making in tsunami early warning [21]. These findings complement earlier reviews showing that integrating scientific and local knowledge in early warning systems leads to more trusted and effective disaster risk reduction strategies [3].

Overall, Serang Regency's early warning system is evolving toward a hybrid model that leverages both modern and traditional mechanisms. However, gaps in infrastructure, institutional capacity, and SOP development remain significant challenges. These findings align with broader international evidence that disaster governance becomes more sustainable when technological innovation is embedded within local cultural and institutional contexts.

5. Conclusion

This study shows that integrating modern technology with local wisdom can significantly strengthen tsunami early warning systems in Serang Regency. The novelty lies in demonstrating that hybrid strategies linking scientific tools such as WRS-NG21 and sirens with traditional communication and knowledge are both practical and culturally relevant. Comparisons with studies in Japan, Aceh, the Philippines, and Africa confirm that similar hybrid approaches enhance resilience and inclusivity. Strengthening institutional coordination at the village level and formalizing SOPs remain urgent tasks. Embedding local knowledge within technological systems creates disaster governance that is more inclusive, sustainable, and resilient to future tsunami risks.

Recommendations

Based on the findings of this study and comparisons with similar research globally, several recommendations can be made for policymakers and disaster management stakeholders in Serang Regency and other tsunami-prone regions:

Institutionalize Hybrid Strategies – The integration of modern technology with local wisdom should be formalized as a core disaster preparedness strategy. Evidence from Japan [8], Aceh [4], and the Philippines confirms that hybrid approaches strengthen community trust and accelerate responses [2].

Strengthen Village-Level Institutions – Local disaster volunteer teams require continuous training and structured coordination with BPBD and BMKG. Comparative studies show that strong community institutions significantly enhance preparedness and resilience.

Develop and Standardize SOPs – Formal operating procedures for early warning dissemination should be established at the village level. This ensures consistency and reliability, especially in areas with limited siren coverage or unstable communication networks.

Invest in Inclusive Communication Networks – Investments should not only focus on advanced tools like WRS-NG21 but also grassroots-level channels, including mosque loudspeakers, kentongan, and digital groups. Studies from Africa show that inclusive communication improves both access and trust in warning systems [3].

Embed Local Wisdom in Disaster Education – Traditional environmental cues and practices should be documented, validated, and included in disaster education for schools and community training. Evidence from Nepal shows that combining digital education tools with cultural knowledge enhances intergenerational resilience [19].

Acknowledgements

Thank you to all researchers who helped in preparing this scientific article well. Hopefully, this research will be able to answer the problems that occur in Karimun Regency in overcoming the problems that occur. Thank you also to the BNPB for providing data and fully contributing to answering the research researched and raised in this scientific article

REFERENCES

- [1] R. Raharja, F. G. Wibowo, R. V. Ningsih, and S. V. Machdum, “The role of local wisdom in disaster mitigation: A community study in facing landslides in Bojongkoneng Village, Bogor Regency [in Bahasa Indonesia]: Studi Masyarakat Dalam Menghadapi Bencana Longsor di Desa Bojongkoneng, Kabupaten Bogor,” *J. Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 7, no. 2, pp. 111–119, 2016.
- [2] J. Mercer, I. Kelman, L. Taranis, and S. Suchet-Pearson, “Framework for integrating indigenous and scientific knowledge for disaster risk reduction,” *Disasters*, vol. 34, no. 1, pp. 214–239, 2010.
- [3] T. D. G. Hermans, R. Šakić Trogrlić, M. J. C. van den Homberg, H. Bailon, R. Sarku, and A. Mosurska, “Exploring the integration of local and scientific knowledge in early warning systems for disaster risk reduction: a review,” *Nat. Hazards*, vol. 114, no. 2, pp. 1125–1152, 2022.
- [4] S. M. Linge and F. Yulianti, “Local wisdom of Gayo community in natural disaster mitigation efforts (Case study in Isaq Village, Linge District, Central Aceh Regency) [in Bahasa Indonesia],” *J. Pendidik. Geos.*, vol. 9, no. 2.1, pp. 430–443, 2024.

- [5] A. A'la, M. Mukminan, D. S. Anisfa, A. P. Putri, and W. Farida, "The belief system serves as a disaster mitigation mechanism to preserve the local wisdom of the Baduy tribe [in Bahasa Indonesia]," *INFERENSI J. Penelit. Sos. Keagamaan*, vol. 17, no. 1, pp. 45–58, 2023.
- [6] N. Eltinay and E. Charles, "Disaster risk reduction conceptual framework: open data for building resilience in critical infrastructure," in *Proceeding of the 33rd Annual ARCOM Conference*, 2017.
- [7] W. R. Kusuma, A. S. Ramadhan, and A. Suryanda, "Local wisdom of the community in tsunami disaster mitigation [in Bahasa Indonesia]," *J. Ekol. Masy. dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 38–43, 2020.
- [8] R. Shaw, *Community practices for disaster risk reduction in Japan*. Springer, 2014.
- [9] K. Tierney, *Disasters: A sociological approach*. John Wiley & Sons, 2025.
- [10] J. W. Creswell and C. N. Poth, *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications, 2016.
- [11] J. M. Morse, "Critical analysis of strategies for determining rigor in qualitative inquiry," *Qual. Health Res.*, vol. 25, no. 9, pp. 1212–1222, 2015.
- [12] M. Q. Patton, *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications, 2014.
- [13] V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, 2006.
- [14] A. L. Hasna and A. Darumurti, "Collaborative governance in tidal flood disaster mitigation in Pekalongan City [in Bahasa Indonesia]," *JISIP UNJA (Jurnal Ilmu Sos. Ilmu Polit. Univ. Jambi)*, pp. 25–37, 2023.
- [15] M. M. Motsumi and L. D. Nemaconde, "A framework to integrate indigenous knowledge into disaster risk reduction to build disaster resilience: insights from rural South Africa," *Disaster Prev. Manag. An Int. J.*, vol. 33, no. 6, pp. 73–85, 2024.
- [16] A. Firdaus, F. Lestari, S. A. Afiff, and H. Herdiansyah, "Integration of knowledge and local wisdom for disaster resilience in Anak Krakatau volcano [in Bahasa Indonesia]," *Jàmbá-Journal Disaster Risk Stud.*, vol. 15, no. 1, p. 1457, 2023.
- [17] Y. Markolinda et al., "Indigenous knowledge for disaster mitigation and climate threats in Mentawai, Indonesia [in Bahasa Indonesia]," *Jàmbá-Journal Disaster Risk Stud.*, vol. 17, no. 1, p. 1877, 2025.
- [18] A. Marhadi, L. Ino, R. S. Suraya, L. Janu, T. Said, and R. Gaho, "Understanding local wisdom as specific knowledge in natural disaster mitigation: Empirical lessons in Tiworo, Indonesia [in Bahasa Indonesia]," *Kasetsart J. Soc. Sci.*, vol. 45, no. 4, pp. 1383–1392, 2024.
- [19] J.-C. Gaillard and J. Mercer, "From knowledge to action: Bridging gaps in disaster risk reduction," *Prog. Hum. Geogr.*, vol. 37, no. 1, pp. 93–114, 2013.
- [20] W. Dharmawan, M. Diana, B. Tuntari, I. M. Astawa, S. Rahardjo, and H. Nambo, "Tsunami tide prediction in shallow water using recurrent neural networks: model implementation in the Indonesia Tsunami Early Warning System," *J. Reliab. Intell. Environ.*, vol. 10, no. 2, pp. 177–195, 2024.
- [21] S. Henneking, S. Venkat, and O. Ghattas, "Goal-Oriented Real-Time Bayesian Inference for Linear Autonomous Dynamical Systems With Application to Digital Twins for Tsunami Early Warning," *arXiv Prepr. arXiv2501.14911*, 2025.