

Evaluasi Efektivitas Early Warning System pada Mitigasi Gempa dan Tsunami di Kota Palu

Astrella Vanindya Sheren¹, Marini Muharwati², Adiratna Rani Maharani Puspanegara³, Muhammad Salman Al Farisi⁴, Naila Afiliyah⁵, M.Noer Falaq Al Amin⁶, Nuh Krama Hadiananto⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi, Ilmu Administrasi Negara, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: ¹124040674214@mhs.unesa.ac.id, ²marini.22207@mhs.unesa.ac.id, ³24040674250@mhs.unesa.ac.id,
⁴24040674221@mhs.unesa.ac.id, ⁵24040674225@mhs.unesa.ac.id, ⁶noerfalaqamin@unesa.ac.id,
⁷nuhhadiananto@unesa.ac.id

Abstrak-Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas implementasi *Early Warning System* (EWS) dalam mitigasi bencana gempa dan tsunami di Kota Palu tahun 2018. Penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi pustaka melalui analisis berbagai jurnal ilmiah, laporan resmi BNPB, BMKG, UNESCO-IOC, serta dokumen kebencanaan lainnya. Analisis dilakukan menggunakan teori efektivitas program Budiani yang meliputi ketepatan sasaran, sosialisasi program, pencapaian tujuan, dan pemantauan program. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi EWS di Kota Palu belum berjalan optimal. Beberapa kendala utama meliputi tidak berfungsinya sirine tsunami, gangguan jaringan komunikasi dan listrik saat bencana terjadi, keterbatasan pemeliharaan perangkat, serta rendahnya pemahaman masyarakat terhadap jalur evakuasi dan respons bencana. Penelitian ini menemukan bahwa efektivitas EWS tidak hanya ditentukan oleh kesiapan teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh kapasitas komunikasi risiko, kesiapsiagaan masyarakat, dan koordinasi kelembagaan. Oleh karena itu, diperlukan penguatan sistem komunikasi darurat, pemeliharaan perangkat secara berkala, serta edukasi mitigasi bencana yang berkelanjutan untuk meningkatkan efektivitas EWS di wilayah rawan tsunami.

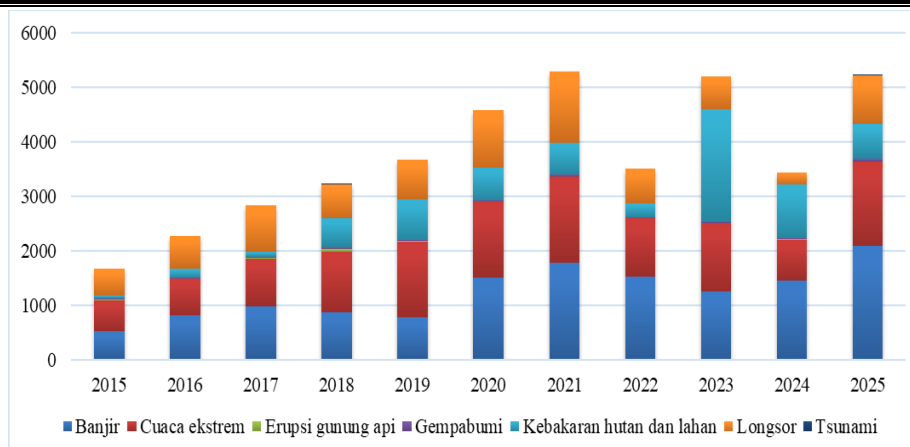
Kata Kunci: Komunikasi Risiko Bencana, Kesiapsiagaan Masyarakat, Mitigasi Tsunami, Sistem Peringatan Dini, Efektivitas Program

Abstract-This study aims to analyze the effectiveness of the implementation of the *Early Warning System* (EWS) in mitigating earthquake and tsunami disasters in Palu City in 2018. The study employed a qualitative method using a literature review approach through the analysis of scientific journals, official reports from BNPB, BMKG, UNESCO-IOC, and other disaster-related documents. The analysis was conducted using Budiani's program effectiveness theory, which includes target accuracy, program socialization, goal achievement, and program monitoring. The results indicate that the implementation of the EWS in Palu City has not been optimal. Several major obstacles were identified, including malfunctioning tsunami sirens, communication and power network disruptions during the disaster, limited maintenance of warning devices, and low public understanding of evacuation routes and disaster response procedures. This study found that the effectiveness of the EWS is determined not only by technological readiness but also by the capacity of risk communication, community preparedness, and institutional coordination. Therefore, strengthening emergency communication systems, conducting regular maintenance of warning equipment, and improving sustainable disaster mitigation education are necessary to enhance the effectiveness of the EWS in tsunami-prone areas.

Keywords: Disaster Risk Communication, Community Preparedness, Tsunami Mitigation, Early Warning System, Program Effectiveness.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerentanan bencana yang tinggi di dunia, baik bencana hidrometeorologi maupun geofisika. Secara geografis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga menjadikannya bagian dari kawasan *ring of fire* yang rawan terhadap aktivitas gempa bumi dan tsunami [1]. Frekuensi kejadian bencana di Indonesia menunjukkan tren yang tinggi setiap tahunnya. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat bahwa jumlah kejadian bencana mengalami peningkatan dalam beberapa tahun terakhir dengan rata-rata lebih dari 2.500 kejadian per tahun, yang berdampak signifikan terhadap korban jiwa maupun kerugian material.



Gambar 1. Tren Kejadian Bencana di Indonesia Tahun 2015–2025

Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana (diolah peneliti, 2026)

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa jumlah kejadian bencana di Indonesia mengalami fluktuasi namun cenderung meningkat dalam kurun waktu 2015 hingga 2025. Peningkatan signifikan terjadi pada periode 2020–2021 yang menunjukkan tingginya intensitas kejadian bencana dalam skala nasional. Jenis bencana yang paling dominan adalah banjir, cuaca ekstrem, dan tanah longsor yang termasuk dalam kategori hidrometeorologi. Sebagian besar kejadian bencana di dunia berkaitan dengan fenomena alam, di mana sekitar 90% bencana global disebabkan oleh peristiwa alam seperti banjir, badai, dan kekeringan yang memiliki dampak signifikan terhadap kehidupan manusia [2]. Sementara itu, bencana geofisika seperti gempa bumi dan tsunami memiliki frekuensi yang relatif lebih rendah, namun tetap menjadi ancaman serius karena berpotensi menimbulkan dampak besar terhadap korban jiwa dan kerusakan infrastruktur. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun tidak semua bencana memiliki frekuensi tinggi, potensi dampak yang ditimbulkan tetap signifikan, terutama pada bencana dengan karakteristik *high impact* seperti gempa bumi dan tsunami. Oleh karena itu, keberadaan sistem peringatan dini (*Early Warning System* /EWS) menjadi sangat penting dalam mendukung upaya mitigasi bencana guna meminimalisir risiko dan dampak yang ditimbulkan.

Salah satu peristiwa bencana yang menjadi perhatian besar adalah gempa dan tsunami Palu tahun 2018. Bencana ini memiliki magnitudo 7,5 dan mengakibatkan lebih dari 4.000 korban jiwa, lebih dari 170.000 orang mengungsi, serta kerusakan terhadap sekitar 68.000 unit rumah [3]. Tsunami yang terjadi dalam waktu kurang dari 10 menit setelah gempa menyebabkan keterbatasan waktu evakuasi bagi masyarakat. Meskipun peringatan dini telah dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, fakta di lapangan menunjukkan bahwa informasi tersebut tidak tersampaikan secara efektif kepada masyarakat [4]. Selain itu, sebagian perangkat pendukung sistem peringatan dini, seperti buoy tsunami, dilaporkan tidak berfungsi secara optimal sejak beberapa tahun sebelum kejadian akibat keterbatasan pemeliharaan dan pendanaan, yang berdampak pada menurunnya efektivitas sistem deteksi tsunami [5]. Kondisi ini menunjukkan bahwa permasalahan yang terjadi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga berkaitan dengan aspek kelembagaan dan implementasi sistem secara keseluruhan.

Early Warning System (EWS) sebagai salah satu instrumen mitigasi bencana seharusnya mampu memberikan informasi yang cepat, akurat, dan dapat dipahami oleh masyarakat agar tindakan evakuasi dapat dilakukan secara tepat waktu [6]. Namun, efektivitas sistem ini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti ketepatan sasaran, proses sosialisasi, kejelasan tujuan, serta mekanisme pemantauan program. Penelitian terdahulu mengenai *Early Warning System* umumnya lebih banyak berfokus pada aspek teknis, seperti teknologi deteksi tsunami, akurasi sensor gempa, dan kecepatan penyampaian informasi [7]. Sementara itu, penelitian yang menganalisis EWS dari perspektif efektivitas implementasi kebijakan publik masih relatif terbatas. Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya juga belum mengkaji keterkaitan antara kesiapan masyarakat, komunikasi risiko, dan kelembagaan dalam mendukung keberhasilan sistem peringatan dini.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu pendekatan analisis yang mampu menilai efektivitas *Early Warning System* secara lebih komprehensif. Penelitian ini menggunakan teori efektivitas program dari Budiani (2007) yang menekankan pada empat indikator utama, yaitu ketepatan sasaran, sosialisasi program, pencapaian tujuan, dan pemantauan program. Dengan menggunakan kerangka tersebut, penelitian ini tidak hanya melihat aspek teknologi dalam sistem peringatan dini, tetapi juga mengevaluasi kesiapsiagaan masyarakat serta efektivitas implementasi program mitigasi bencana secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dalam menganalisis efektivitas implementasi *Early Warning System* pada kasus gempa dan tsunami Palu tahun 2018 berdasarkan indikator efektivitas program Budiani. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas implementasi *Early Warning System* (EWS) dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami di Kota Palu tahun 2018.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi pustaka (*library research*). Pendekatan kualitatif dipilih karena bertujuan memahami secara mendalam fenomena efektivitas *Early Warning System* (EWS) dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami melalui interpretasi terhadap berbagai sumber informasi dan konteks implementasinya. Penelitian kualitatif menekankan pada pemaknaan, pemahaman fenomena, serta analisis terhadap data deskriptif dibandingkan pengukuran numerik [8]. Studi pustaka dilakukan dengan menelaah berbagai literatur yang relevan mengenai sistem peringatan dini tsunami, mitigasi bencana, dan efektivitas program, khususnya yang berkaitan dengan kasus gempa dan tsunami Kota Palu tahun 2018. Pendekatan ini digunakan karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai implementasi EWS melalui dokumen ilmiah maupun dokumen kelembagaan yang telah tersedia. Penelitian ini menggunakan teori efektivitas program Budiani (2007) sebagai kerangka analisis, yang meliputi empat indikator, yaitu ketepatan sasaran, sosialisasi program, pencapaian tujuan, dan pemantauan program. Keempat indikator tersebut digunakan sebagai pedoman untuk menganalisis efektivitas implementasi *Early Warning System* dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami di Kota Palu.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian berupa data sekunder yang diperoleh melalui studi pustaka dari berbagai sumber, meliputi artikel jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dokumen resmi pemerintah, serta publikasi lembaga terkait kebencanaan seperti BMKG, BNPB, dan UNDRR. Literatur dipilih berdasarkan beberapa kriteria, yaitu: (1) memiliki relevansi dengan tema *Early Warning System*, mitigasi bencana, atau gempa dan tsunami Palu 2018; (2) berasal dari sumber ilmiah maupun institusi resmi yang kredibel; serta (3) memuat informasi yang mendukung analisis efektivitas EWS berdasarkan indikator Budiani (2007). Proses pengumpulan literatur dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi sumber menggunakan kata kunci seperti “*Early Warning System*”, “mitigasi bencana”, “tsunami Palu 2018”, dan “efektivitas EWS”; seleksi literatur berdasarkan relevansi isi dan kredibilitas sumber; kemudian pengelompokan dokumen sesuai tema penelitian. Dari proses tersebut diperoleh sebanyak 15 sumber yang digunakan sebagai bahan analisis.

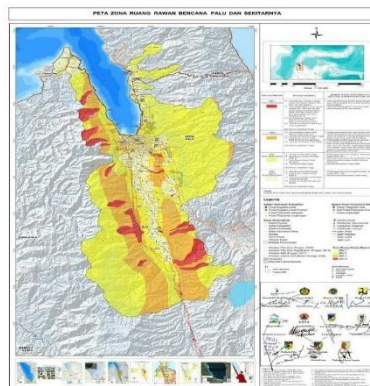
Untuk menjaga validitas data, penelitian menggunakan teknik triangulasi sumber dengan membandingkan informasi dari berbagai dokumen ilmiah dan dokumen resmi agar diperoleh data yang lebih konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan. Teknik analisis data menggunakan model analisis interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi data, peneliti menyeleksi dan memfokuskan informasi yang relevan dengan efektivitas EWS [9]. Tahap penyajian data dilakukan dengan mengorganisasi hasil temuan ke dalam bentuk narasi dan kategorisasi berdasarkan indikator Budiani. Selanjutnya, penarikan kesimpulan dilakukan melalui interpretasi terhadap pola dan hubungan antar-temuan. Selain itu, penelitian juga menggunakan analisis konten tematik (*thematic content analysis*). Tahapan analisis dilakukan melalui proses: (1) membaca dan memahami seluruh dokumen; (2) melakukan pengkodean terhadap informasi penting; (3) mengelompokkan kode ke dalam tema-tema yang sesuai dengan indikator efektivitas Budiani; dan (4) menafsirkan tema untuk menjelaskan efektivitas *Early Warning System* dalam mitigasi gempa bumi dan tsunami di Kota Palu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum

Kota Palu secara geografis berada di tengah wilayah Kabupaten Donggala, tepatnya di bibir Teluk Palu yang memanjang dari arah timur ke barat, terletak pada posisi geografis 119045'–121001' Bujur Timur dan 0036'–0056' Lintang Selatan [10]. Kondisi tersebut menyebabkan Kota Palu berada pada level rawan frekuensi gempa bumi dan tsunami yang tinggi, terutama akibat aktivitas Sesar Palu-Koro yang membelah kota dari utara hingga selatan. Selain itu, keberadaan wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan Teluk Palu menjadikan daerah tersebut rawan terhadap ancaman gelombang tsunami. Kondisi tersebut mendorong pemerintah daerah melakukan upaya mitigasi bencana untuk mengurangi resiko dan dampak yang terjadi. Upaya mitigasi yang dilaksanakan melalui dua pendekatan utama, yaitu mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural. Mitigasi struktural yang dilakukan dengan membangun prasarana fisik dan pemanfaatan teknologi sebagai upaya pencegahan, seperti pemasangan sirine peringatan dini (EWS), pembangunan jalur evakuasi, serta penyediaan tempat evakuasi di wilayah rawan bencana. Sedangkan, mitigasi non-struktural dilakukan untuk dapat mengurangi resiko terjadinya bencana dengan cara selain membangun sarana-prasarana fisik, yang diwujudkan dengan sosialisasi, pembuatan

peta resiko bencana alam dan zona merah, serta simulasi evakuasi dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat menghadapi potensi gempa dan tsunami di Kota Palu.



Gambar 2. Peta wilayah rawan bencana gempa bumi dan tsunami di Kota Palu dan sekitarnya

Sumber: Berita Kabar Selebes (2018), diolah oleh Humas Prov Sulteng

Mitigasi non-struktural diimplementasikan melalui penyusunan peta resiko bencana dengan memetakan wilayah-wilayah rawan bencana Kota Palu dan sekitarnya. Peta resiko bencana berfungsi sebagai pedoman dalam menelaah daerah yang memiliki tingkat rawan bencana terhadap gempa bumi dan tsunami. Selain itu, peta tersebut juga menjadi landasan dalam menentukan perencanaan tata ruang terutama pada lokasi pemasangan EWS, jalur evakuasi, dan infrastruktur mitigasi lainnya, sehingga upaya mitigasi bencana dapat dilakukan secara efisien dan efektif.

Berdasarkan pada Gambar 2, terlihat bahwa pesisir Teluk Palu memiliki tingkat potensi tsunami yang tinggi akibat berdekatan dengan sumber gempa. Zona rawan bencana sering terjadi di wilayah pesisir dan dataran rendah, sehingga memerlukan penanganan intensif dalam upaya mitigasi struktural maupun non struktural. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pembuatan infrastruktur ‘*Early Warning System*’ dengan tepat pada wilayah yang rawan bencana. Sejalan dengan penelitian yang menunjukkan efektivitas EWS tidak hanya sebab kecanggihan teknologi, melainkan ketepatan lokasi pemasangan dan penyaluran informasi kepada masyarakat. Sistem peringatan dini dirancang untuk memberikan informasi dengan cepat melalui integrasi sensor gempa dan sistem komunikasi, namun sistem tersebut masih mengalami kendala dalam penyampaian informasi pada masyarakat sehingga rawan terjadi misinformasi [11]. Berhubungan dengan hal tersebut, bencana gempa dan tsunami di Kota Palu pada tahun 2018 dapat mengkaji efektivitas sistem mitigasi yang telah direncanakan. Gempa berkekuatan 7,4 magnitudo yang memicu gelombang tsunami dan menghantam kawasan Teluk Palu dengan cepat, sehingga waktu evakuasi terbatas. Fenomena tersebut menggambarkan bahwa efektivitas *Early Warning System* tidak hanya tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan teknologi, tetapi juga oleh ketepatan lokasi pemasangan, kecepatan penyampaian informasi, serta kesiapsiagaan masyarakat dalam merespons peringatan dini.

Tabel 1. Sintesis Penelitian Terdahulu tentang *Early Warning System* (EWS) dan Mitigasi Bencana

Peneliti	Fokus Penelitian	Temuan Penelitian	Relevansi dengan Penelitian
Simanjuntak et al. (2023)	Optimalisasi pelaksanaan <i>Early Warning System</i>	EWS mampu meningkatkan kecepatan penyampaian informasi bencana, namun masih menghadapi kendala pada aspek implementasi dan penyebaran informasi kepada masyarakat	Menunjukkan bahwa keberhasilan EWS tidak hanya ditentukan teknologi, tetapi juga implementasi sistem komunikasi
Adityawan et al. (2023)	Pengembangan tsunami <i>Early Warning System</i> berbasis komunikasi maritim di Palu	Sistem peringatan dini membutuhkan integrasi sensor dan jaringan komunikasi yang kuat agar informasi dapat diterima secara cepat dan akurat	Mendukung analisis mengenai pentingnya infrastruktur dan komunikasi dalam efektivitas EWS
Sidik et al., (2023)	Efektivitas Indonesia Tsunami <i>Early Warning System</i> (InaTEWS)	Keberhasilan sistem peringatan dini bergantung pada deteksi, komunikasi, serta kesiapan masyarakat dalam merespons ancaman	Menjadi dasar analisis bahwa efektivitas EWS merupakan kombinasi antara teknologi dan kesiapsiagaan sosial

UNDRR & UNESCO-IOC (2019)	Keterbatasan dan tantangan sistem peringatan dini pada tsunami Palu-Donggala	Tsunami Palu memperlihatkan adanya kelemahan pada rantai komunikasi, fungsi sirine, serta kapasitas pemerintah lokal dalam penyebaran informasi	Menjadi rujukan utama untuk menjelaskan kegagalan operasional EWS pada peristiwa Palu 2018
Ismunandar et al., (2021)	Pengetahuan dan kesiapsiagaan masyarakat menghadapi gempa dan tsunami di Palu	Edukasi dan simulasi kebencanaan berpengaruh terhadap kesiapan masyarakat menghadapi ancaman bencana	Menjelaskan pentingnya sosialisasi dan evakuasi mandiri dalam mendukung efektivitas EWS

Sumber: diolah oleh peneliti, 2026

Berdasarkan sintesis penelitian terdahulu, sebagian besar kajian mengenai *Early Warning System* lebih banyak menyoroti aspek teknis, seperti teknologi deteksi dan kecepatan penyampaian informasi. Sementara itu, penelitian yang menganalisis EWS sebagai bagian dari efektivitas program mitigasi bencana dengan menggunakan perspektif kebijakan dan implementasi masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki posisi yang berbeda karena tidak hanya melihat keberadaan teknologi EWS, tetapi juga menilai bagaimana sistem tersebut bekerja melalui indikator efektivitas program Budiani (2007), yaitu ketepatan sasaran, sosialisasi program, pencapaian tujuan, dan pemantauan program. Dengan demikian, pembahasan dalam penelitian ini tidak sekadar mendeskripsikan kondisi EWS di Kota Palu, tetapi juga menafsirkan hubungan antara teknologi, kelembagaan, dan kesiapsiagaan masyarakat dalam menentukan keberhasilan mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami.

3.2 Analisis Identifikasi Mitigasi Gempa Bumi dan Tsunami

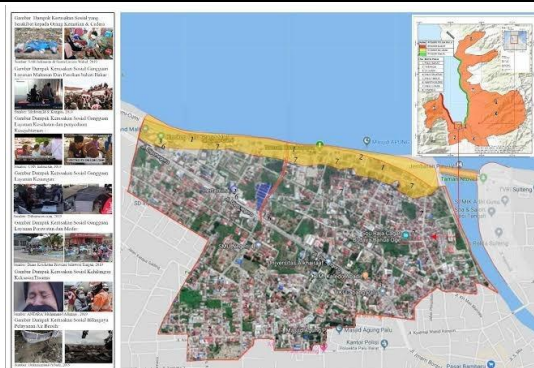
A. Ketepatan sasaran

Penerapan *Early Warning System* (EWS) tsunami di Kota Palu dilakukan sebagai bagian dari upaya mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami melalui pemanfaatan teknologi peringatan dini. Sistem ini dibangun pada kawasan pesisir yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap ancaman tsunami. Keberadaan EWS diharapkan mampu memberikan peringatan secara cepat kepada masyarakat sehingga evakuasi dapat dilakukan sebelum gelombang tsunami mencapai wilayah terdampak.



Gambar 3. Perbaikan EWS Tsunami di Kelurahan Lere, Kota Palu
Sumber: Berita Kabar Selebes (2018), diolah oleh Humas Prov Sulteng

Sirine tsunami BMKG di Kota Palu diketahui berada sekitar 1,8 km dari garis pantai dan terletak di pusat kota. Masyarakat di sekitar lokasi pada dasarnya memahami keberadaan serta fungsi alat tersebut, namun beberapa laporan menunjukkan bahwa sirine tidak lagi berfungsi optimal sejak beberapa bulan sebelum tsunami terjadi [12]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun perangkat EWS telah tersedia dan ditempatkan pada wilayah berisiko, keberadaan alat belum secara otomatis menjamin keberhasilan mitigasi bencana. Secara geografis, kawasan pesisir Teluk Palu merupakan wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi karena masyarakat tidak hanya tinggal di sekitar pantai, tetapi juga menggantungkan aktivitas ekonomi pada wilayah pesisir. Kawasan seperti Pesisir Lere menjadi contoh wilayah yang mengalami dampak besar akibat gempa dan tsunami tahun 2018, baik dari sisi kerusakan fisik maupun gangguan sosial ekonomi masyarakat.



Gambar 4. Peta Sebaran Dampak Sosial di Pesisir Lere Pasca Bencana

Sumber: Fauzi & Mussadun (2021)

Berdasarkan Gambar 4, masyarakat pesisir merupakan kelompok yang berhadapan langsung dengan sumber ancaman tsunami sehingga memiliki tingkat risiko yang lebih besar dibanding wilayah lain. Oleh karena itu, dalam konteks mitigasi bencana, masyarakat pesisir tidak cukup hanya diposisikan sebagai wilayah sasaran pemasangan alat, melainkan harus menjadi sasaran utama penerimaan informasi peringatan dini. Temuan ini menunjukkan bahwa ketepatan sasaran EWS tidak hanya berkaitan dengan lokasi pemasangan perangkat, tetapi juga menyangkut kemampuan sistem dalam menjangkau masyarakat yang paling berisiko pada waktu yang tepat. Pada peristiwa tsunami Palu 2018, sebagian masyarakat diketahui masih menunggu peringatan resmi sebelum melakukan evakuasi, sementara tsunami datang dalam waktu yang sangat singkat setelah gempa. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kelompok sasaran utama belum sepenuhnya memperoleh perlindungan yang efektif dari sistem peringatan dini yang tersedia.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Adityawan et al. (2023) yang menjelaskan bahwa efektivitas EWS tidak hanya ditentukan oleh teknologi deteksi, tetapi juga integrasi sistem komunikasi dan kemampuan penyampaian informasi kepada masyarakat. Demikian pula, UNDRR dan UNESCO-IOC (2019) menunjukkan bahwa pada kasus Palu, tantangan utama bukan terletak pada absennya teknologi, melainkan pada keterbatasan sistem dalam menjangkau masyarakat secara cepat dan tepat. Namun demikian, penelitian ini menunjukkan penekanan yang berbeda dibanding kajian terdahulu. Apabila penelitian sebelumnya lebih banyak menyoroti aspek teknis sistem peringatan dini, penelitian ini memperlihatkan bahwa ketepatan sasaran juga berkaitan dengan dimensi sosial, yaitu sejauh mana masyarakat memahami risiko serta mampu merespons informasi yang diterima. Artinya, keberhasilan EWS tidak cukup diukur dari tersedianya sirine atau perangkat pendukung, tetapi harus dinilai berdasarkan keberhasilannya melindungi kelompok masyarakat yang paling rentan.

Dalam konteks teori Budiani (2007), ketepatan sasaran EWS di Kota Palu dapat dikatakan telah mengarah pada sasaran yang relevan karena difokuskan pada wilayah pesisir berisiko tinggi. Akan tetapi, implementasinya belum sepenuhnya optimal karena informasi peringatan belum menjangkau seluruh kelompok masyarakat secara cepat dan merata, terutama kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, penyandang disabilitas, dan masyarakat dengan keterbatasan akses informasi. Dengan demikian, EWS perlu dipahami sebagai sistem mitigasi yang tidak hanya berorientasi pada alat, tetapi juga pada kemampuan menjangkau masyarakat sasaran secara efektif dan mendukung evakuasi mandiri ketika bencana terjadi.

B. Sosialisasi Program

Dalam mitigasi bencana, sosialisasi menjadi bagian penting karena berfungsi meningkatkan pengetahuan dan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi ancaman gempa bumi dan tsunami. Upaya mitigasi non-struktural tidak hanya diwujudkan melalui penyediaan peta risiko atau jalur evakuasi, tetapi juga melalui proses edukasi yang memungkinkan masyarakat memahami fungsi *Early Warning System* (EWS) serta tindakan yang harus dilakukan ketika ancaman bencana terjadi. Di Kota Palu, salah satu bentuk sosialisasi dilakukan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) melalui Badan Geologi yang bekerja sama dengan Dinas Pendidikan dan Kebudayaan. Kegiatan tersebut dilaksanakan pada sejumlah sekolah terdampak, seperti SD Inpres

Balaroa, SDN Balaroa, SD Inpres Perumnas, dan SMPN 10 Kota Palu dengan melibatkan peserta didik dan tenaga pendidik.



Gambar 5. Sosialisasi tentang Gempa dan Tsunami di Area Sekolah Terdampak

Sumber: Badan Geologi Kementerian ESDM (2019), diolah oleh Humas Sekretariat Badan Geologi

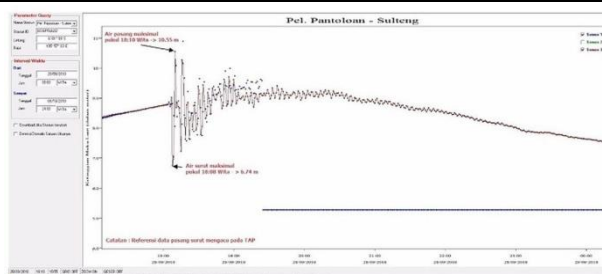
Materi sosialisasi tidak hanya membahas gempa bumi dan tsunami secara umum, tetapi juga mencakup pengenalan tanda-tanda bencana, permainan mitigasi, penentuan jalur evakuasi, titik kumpul, serta simulasi penggunaan sistem peringatan dini. Kegiatan tersebut menunjukkan bahwa pemerintah telah melakukan upaya membangun kesiapsiagaan sejak tingkat pendidikan dasar sebagai bagian dari mitigasi bencana. Namun demikian, efektivitas sosialisasi tidak dapat dinilai hanya dari terlaksananya kegiatan edukasi. Berdasarkan cakupan pelaksanaannya, sosialisasi yang dilakukan masih terbatas pada area dan kelompok tertentu sehingga belum sepenuhnya menjangkau masyarakat pesisir secara luas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pelaksanaan program sosialisasi dan pemerataan pemahaman masyarakat terhadap risiko bencana.

Temuan tersebut mengindikasikan bahwa sosialisasi EWS di Kota Palu masih cenderung bersifat sektoral dan belum membentuk komunikasi risiko yang berkelanjutan. Padahal, pada wilayah rawan tsunami seperti Teluk Palu, keberhasilan mitigasi sangat bergantung pada kemampuan masyarakat memahami ancaman dan melakukan respons secara cepat tanpa harus menunggu instruksi formal. Komunikasi risiko bencana yang berlangsung secara satu arah melalui media atau penyampaian teknis pemerintah sering kali belum efektif dalam membangun kesiapsiagaan masyarakat [13]. Informasi mengenai bencana tidak selalu dipahami secara utuh apabila tidak disertai pelibatan masyarakat dan penyesuaian terhadap kondisi sosial budaya setempat. Edukasi dan simulasi kebencanaan berkontribusi terhadap peningkatan kesiapsiagaan masyarakat, namun harus dilakukan secara rutin dan berkelanjutan [14].

Meskipun demikian, penelitian ini memperlihatkan penekanan yang berbeda dibanding beberapa studi sebelumnya. Kajian terdahulu umumnya menempatkan sosialisasi sebagai kegiatan pendukung mitigasi, sedangkan penelitian ini menunjukkan bahwa sosialisasi merupakan bagian inti dari efektivitas EWS itu sendiri. Hal ini disebabkan karena keberhasilan sistem peringatan dini tidak hanya ditentukan oleh kemampuan alat dalam mendeteksi ancaman, tetapi juga oleh kemampuan masyarakat menerjemahkan informasi peringatan menjadi tindakan penyelamatan diri. Dalam konteks tsunami Palu tahun 2018, sebagian masyarakat masih menunggu sirine atau informasi resmi sebelum melakukan evakuasi. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pemahaman terhadap tanda bahaya alami, seperti guncangan gempa yang kuat, belum terbentuk secara merata. Situasi ini menjadi indikator bahwa sosialisasi belum sepenuhnya berhasil membangun budaya kesiapsiagaan masyarakat. Berdasarkan indikator sosialisasi program menurut Budiani (2007), pelaksanaan sosialisasi EWS di Kota Palu dapat dikatakan telah dilakukan melalui berbagai kegiatan edukatif, terutama pada lingkungan sekolah. Akan tetapi, efektivitasnya belum optimal karena jangkauan sosialisasi masih terbatas dan belum menghasilkan pemahaman yang merata mengenai fungsi peringatan dini, jalur evakuasi, maupun tindakan evakuasi mandiri. Oleh karena itu, sosialisasi perlu diposisikan sebagai proses komunikasi risiko yang berkelanjutan dengan melibatkan masyarakat pesisir secara aktif agar EWS tidak hanya dipahami sebagai alat peringatan, tetapi sebagai sistem mitigasi yang terintegrasi dengan kesiapsiagaan sosial.

C. Pencapaian Tujuan

Dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami, *Early Warning System* (EWS) memiliki tujuan utama untuk memberikan informasi peringatan secara cepat sehingga masyarakat memperoleh waktu yang cukup untuk melakukan penyelamatan diri. Pada konteks tsunami, keberhasilan sistem peringatan dini sangat ditentukan oleh kecepatan deteksi, penyampaian informasi, serta respons masyarakat terhadap ancaman yang terjadi. Dengan demikian, pencapaian tujuan EWS tidak hanya diukur dari kemampuan mendeteksi potensi tsunami, tetapi juga dari sejauh mana sistem tersebut mampu mendukung proses evakuasi secara efektif.



Gambar 6. Data *Tide Gauge* Pantoloan yang Menunjukkan Waktu Terjadinya Tsunami Palu
Sumber: BIG dalam Kompas.com (2018)

Berdasarkan data *tide gauge* Pantoloan, gelombang tsunami mulai terekam sekitar enam menit setelah gempa dan mencapai wilayah Pantoloan sekitar delapan menit setelah gempa terjadi. Data tersebut memperlihatkan bahwa tsunami Palu termasuk kategori *near-field tsunami* atau tsunami jarak dekat yang memiliki waktu tiba sangat singkat. Kondisi ini menyebabkan ruang evakuasi masyarakat menjadi terbatas sehingga sistem peringatan dini dituntut bekerja secara cepat dan efisien. Temuan tersebut menunjukkan bahwa tantangan utama EWS di Kota Palu tidak hanya berkaitan dengan keberadaan teknologi, tetapi juga keterbatasan waktu dalam proses penyampaian informasi. Pada kasus tsunami dengan karakteristik cepat seperti Palu, keterlambatan beberapa menit dapat menentukan keberhasilan atau kegagalan proses penyelamatan diri masyarakat.

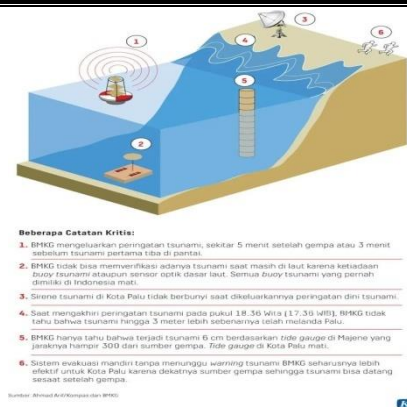
BMKG sebenarnya telah mengeluarkan peringatan dini tsunami sekitar lima menit setelah gempa terjadi. Dari sisi kelembagaan, hal ini menunjukkan bahwa proses penerbitan informasi telah berjalan sesuai fungsi sistem peringatan dini nasional. Namun, informasi tersebut belum sepenuhnya diterima masyarakat karena tsunami tiba lebih cepat dibanding rantai penyebaran informasi dan respons evakuasi yang berlangsung di tingkat lokal. Kondisi tersebut memperlihatkan adanya kesenjangan antara tujuan normatif EWS dan realitas implementasi di lapangan. Secara formal, sistem berhasil menghasilkan informasi peringatan, tetapi secara substantif tujuan utama EWS, yaitu memberikan waktu penyelamatan yang memadai bagi masyarakat, belum tercapai secara optimal.

Efektivitas *Indonesia Tsunami Early Warning System* tidak hanya ditentukan oleh sensor pendeteksi, tetapi juga oleh jaringan komunikasi dan kesiapsiagaan masyarakat dalam merespons ancaman. Integrasi teknologi dan komunikasi menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan penyampaian informasi peringatan dini [11]. Meskipun demikian, penelitian ini menunjukkan sudut pandang yang lebih luas dibanding kajian sebelumnya. Sebagian penelitian terdahulu lebih menilai keberhasilan EWS berdasarkan kemampuan teknis menghasilkan peringatan. Sebaliknya, penelitian ini memperlihatkan bahwa keberhasilan EWS perlu dilihat dari hasil akhirnya, yaitu apakah masyarakat memperoleh kesempatan yang cukup untuk menyelamatkan diri. Dengan kata lain, keberhasilan sistem tidak berhenti pada penerbitan peringatan, tetapi pada efektivitas perlindungan yang diberikan kepada masyarakat.

Kegagalan mencapai tujuan EWS di Kota Palu juga dipengaruhi oleh gangguan sistem pendukung seperti listrik padam, terputusnya jaringan komunikasi, serta tidak optimalnya fungsi sirine dan *Warning Receiver System* (WRS). Akibatnya, peringatan dini yang telah diterbitkan tidak dapat diteruskan secara efektif kepada masyarakat di wilayah pesisir. Kondisi ini memperlihatkan bahwa pencapaian tujuan EWS bergantung pada keberfungsian seluruh rantai sistem, mulai dari deteksi, komunikasi, hingga respons masyarakat. Berdasarkan indikator pencapaian tujuan menurut Budiani (2007), implementasi EWS di Kota Palu belum sepenuhnya optimal. Tujuan EWS sebagai sistem mitigasi memang telah dirancang untuk mengurangi risiko korban jiwa melalui penyampaian informasi dini, namun pada peristiwa gempa dan tsunami tahun 2018 tujuan tersebut belum tercapai secara maksimal karena keterbatasan waktu evakuasi dan hambatan penyebaran informasi. Oleh karena itu, penguatan sistem komunikasi, penyediaan cadangan daya, serta peningkatan budaya evakuasi mandiri menjadi aspek penting agar tujuan EWS tidak hanya tercapai secara administratif, tetapi juga efektif dalam melindungi masyarakat dari ancaman bencana.

D. Pemantauan Program

Dalam sistem peringatan dini tsunami, pemantauan program menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa perangkat dan sistem pendukung tetap berada dalam kondisi siap digunakan ketika terjadi ancaman bencana. Pemantauan tidak hanya berkaitan dengan keberadaan alat secara fisik, tetapi juga mencakup pengecekan fungsi, perawatan berkala, kesiapan sumber daya pendukung, serta kapasitas lembaga pelaksana dalam menjalankan sistem peringatan dini secara efektif. Pada Kota Palu, sistem peringatan dini telah didukung oleh keberadaan *Warning Receiver System* (WRS) dan sirine tsunami yang dibangun oleh BMKG. WRS berfungsi menerima informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami yang kemudian diteruskan kepada pemerintah daerah sebagai dasar penyebaran informasi kepada masyarakat. Secara konseptual, keberadaan perangkat tersebut menunjukkan bahwa Palu telah memiliki komponen awal dalam sistem mitigasi berbasis teknologi.



Gambar 7. Catatan Kritis Sistem Peringatan Dini Tsunami Palu 2018

Sumber: Ahmad Arif/Kompas dan BMKG, dalam [Kompas.id](https://kompas.id)

Berdasarkan Gambar 7, sistem peringatan dini tsunami pada peristiwa Palu 2018 masih menunjukkan berbagai kelemahan operasional. Meskipun BMKG telah mengeluarkan peringatan dini sekitar lima menit setelah gempa, beberapa perangkat pendukung tidak berfungsi optimal, seperti *buoy* tsunami yang tidak aktif, sirine yang tidak berbunyi, serta *tide gauge* yang tidak bekerja secara maksimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemantauan terhadap kesiapan sistem belum berjalan secara menyeluruh. Temuan ini memperlihatkan bahwa efektivitas pemantauan program tidak dapat dinilai hanya dari ketersediaan alat. Sistem peringatan dini merupakan satu kesatuan yang saling terhubung, sehingga kegagalan pada satu komponen dapat mengganggu keseluruhan proses mitigasi. Pada kasus Palu, keberadaan sirine dan WRS tidak otomatis menjamin keberhasilan penyebaran informasi apabila perangkat pendukung lain tidak dipelihara secara berkelanjutan.

Kelemahan pemantauan semakin terlihat ketika gempa terjadi dan menyebabkan padamnya listrik serta gangguan jaringan komunikasi. WRS di BPBD Kota Palu diketahui tidak dapat berfungsi secara optimal karena tidak didukung oleh cadangan daya yang memadai. Akibatnya, informasi yang telah diterbitkan BMKG tidak dapat diterima dan diteruskan secara efektif kepada masyarakat pesisir yang membutuhkan informasi peringatan secara cepat. Situasi ini menunjukkan bahwa pemantauan program belum mencakup aspek kesiapsiagaan sistem pendukung secara komprehensif. Hasil penelitian ini sejalan dengan UNDRR dan UNESCO-IOC (2019) yang menegaskan bahwa salah satu persoalan utama pada tsunami Palu terletak pada lemahnya rantai komunikasi dan kesiapan perangkat lokal dalam menerima serta menyebarkan informasi. Penelitian Sidik dkk. (2023) juga menjelaskan bahwa sistem peringatan dini tsunami memerlukan integrasi antara sensor, jaringan komunikasi, dan prosedur kelembagaan agar mampu berfungsi secara efektif ketika terjadi bencana.

Namun demikian, penelitian ini memberikan penekanan yang lebih luas dibanding kajian terdahulu. Jika sebagian penelitian sebelumnya lebih banyak mengkritisi kerusakan atau keterbatasan alat, penelitian ini menunjukkan bahwa persoalan utama sesungguhnya terletak pada lemahnya mekanisme pemantauan dan tata kelola sistem. Dengan kata lain, masalah EWS di Palu bukan hanya kegagalan teknologi, tetapi juga kegagalan memastikan teknologi tersebut tetap siap digunakan melalui pengawasan, pemeliharaan, dan koordinasi kelembagaan yang memadai. Dalam perspektif kebijakan publik, kondisi tersebut menunjukkan adanya kecenderungan bahwa pembangunan perangkat mitigasi lebih diprioritaskan dibanding pemeliharaan dan keberlanjutan sistem. Padahal, sistem peringatan dini memerlukan investasi jangka panjang berupa perawatan alat, penyediaan sumber daya pendukung, serta peningkatan kapasitas lembaga pelaksana. Tanpa pemantauan yang berkelanjutan, keberadaan perangkat EWS berisiko menjadi simbol kesiapsiagaan semata tanpa memberikan perlindungan nyata ketika bencana terjadi.

Berdasarkan indikator pemantauan program menurut Budiani (2007), implementasi EWS di Kota Palu masih menunjukkan kelemahan yang cukup signifikan. Pemantauan terhadap fungsi sirine, kesiapan WRS, cadangan listrik, dan jaringan komunikasi belum berjalan secara optimal pada saat peristiwa gempa dan tsunami 2018. Oleh karena itu, EWS perlu dipantau sebagai satu sistem yang terintegrasi, bukan hanya sebagai alat peringatan. Pemantauan rutin, penguatan infrastruktur pendukung, serta peningkatan kapasitas BPBD dan pemerintah daerah menjadi kebutuhan penting agar sistem peringatan dini benar-benar mampu berfungsi dalam situasi darurat.

E. Penghambat dan Pendukung

Berdasarkan teori efektivitas program Budiani (2007), efektivitas dapat dilihat melalui ketepatan sasaran, sosialisasi program, pencapaian tujuan, dan pemantauan program. Dari pembahasan pada keempat indikator tersebut, implementasi *Early Warning System* (EWS) di Kota Palu dipengaruhi oleh sejumlah faktor pendukung

dan penghambat yang saling berkaitan. Faktor-faktor tersebut menunjukkan bahwa efektivitas sistem peringatan dini tidak ditentukan oleh satu aspek tunggal, melainkan dipengaruhi oleh integrasi antara teknologi, kelembagaan, serta kesiapsiagaan masyarakat.

Tabel 2. Faktor Pendukung dan Penghambat Efektivitas EWS di Kota Palu

No	Faktor Pendukung	Faktor Penghambat
1.	Tersedianya perangkat EWS seperti WRS dan Sirine Tsunami di Kota Palu.	Sirine tsunami tidak berbunyi saat peristiwa gempa bumi dan tsunami 2018.
2.	Adanya peran BMKG sebagai lembaga yang menerbitkan informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami.	Tsunami datang dalam waktu singkat sehingga waktu evakuasi masyarakat sangat terbatas.
3.	Adanya BPBD dan pemerintah daerah sebagai pihak yang berperan dalam meneruskan informasi peringatan kepada masyarakat.	Listrik padam dan jaringan komunikasi mengalami gangguan setelah gempa terjadi.
4.	Adanya jalur evakuasi, titik kumpul dan kegiatan sosialisasi kebencanaan.	WRS di BPDP Kota Palu tidak dapat berfungsi karena tidak didukung cadangan daya yang memadai.
5.	Telah dilakukan edukasi dan simulasi kebencanaan sebagai upaya meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat.	Sebagian masyarakat masih menunggu sirine atau peringatan resmi sebelum melakukan evakuasi.
6.	Adanya perhatian terhadap masyarakat pesisir sebagai kelompok berisiko.	Kesiapsiagaan masyarakat dan kelompok rentan belum merata.

Sumber: diolah peneliti (2026)

Berdasarkan tabel 4.1, efektivitas EWS di Kota Palu pada dasarnya didukung oleh tersedianya infrastruktur mitigasi serta keberadaan lembaga yang memiliki kewenangan dalam pengelolaan informasi kebencanaan. Keberadaan WRS, sirine tsunami, BMKG, serta BPBD menunjukkan bahwa Palu telah memiliki fondasi kelembagaan dan teknologi untuk mendukung pelaksanaan sistem peringatan dini. Selain itu, jalur evakuasi, titik kumpul, serta kegiatan edukasi kebencanaan memperlihatkan adanya upaya pemerintah dalam membangun mitigasi berbasis masyarakat. Temuan ini menunjukkan bahwa secara struktural Kota Palu sebenarnya tidak berada dalam kondisi tanpa mitigasi. Pemerintah telah melakukan investasi pada aspek teknologi maupun kelembagaan sebagai bagian dari pengurangan risiko bencana. Hal tersebut memperlihatkan bahwa masalah utama EWS di Palu bukan terletak pada ketiadaan sistem, tetapi pada efektivitas pelaksanaan dan keberlanjutan pengelolaannya.

Masyarakat Huntara Mambooro dan Huntara Lere memiliki tingkat kesiapsiagaan yang relatif baik, di mana sebagian besar responden berada pada kategori kesiapsiagaan baik dalam menghadapi gempa bumi dan tsunami [14]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa edukasi dan simulasi kebencanaan dapat menjadi modal sosial yang mendukung efektivitas mitigasi. Namun demikian, penelitian tersebut juga menekankan pentingnya penyuluhan dan simulasi yang dilakukan secara berkelanjutan agar kesiapsiagaan masyarakat tidak bersifat sementara. Di sisi lain, keberadaan faktor pendukung tersebut belum mampu mengatasi berbagai hambatan yang muncul pada peristiwa gempa dan tsunami Palu 2018. Hambatan utama terlihat pada karakteristik tsunami yang datang dalam waktu sangat singkat setelah gempa sehingga ruang evakuasi masyarakat menjadi terbatas. Dalam kondisi seperti ini, sistem peringatan dini memerlukan mekanisme komunikasi yang cepat dan perangkat yang sepenuhnya siap digunakan.

Kondisi tersebut diperparah oleh gangguan teknis seperti sirine yang tidak berbunyi, padamnya listrik, serta terganggunya jaringan komunikasi. WRS di BPBD Kota Palu juga tidak dapat berfungsi secara optimal karena tidak didukung cadangan daya yang memadai. Hambatan-hambatan tersebut menunjukkan bahwa kelemahan EWS tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga berkaitan dengan kesiapan sistem pendukung dan pemeliharaan perangkat secara berkelanjutan. Salah satu tantangan utama pada tsunami Palu adalah lemahnya rantai komunikasi serta keterbatasan perangkat lokal dalam menerima dan meneruskan informasi peringatan dini. Efektivitas *Indonesia Tsunami Early Warning System* bergantung pada keterhubungan antara deteksi ancaman, penyebaran informasi, dan respons masyarakat [15].

Namun demikian, penelitian ini memberikan perspektif yang lebih luas dibanding penelitian sebelumnya. Kajian terdahulu cenderung memisahkan persoalan teknologi dan masyarakat, sedangkan penelitian ini menunjukkan bahwa kedua aspek tersebut tidak dapat dipisahkan. Sirine yang berfungsi sekalipun tidak akan

efektif apabila masyarakat tidak memahami makna peringatan, sementara masyarakat yang siap juga akan menghadapi kesulitan apabila informasi tidak tersampaikan secara cepat. Selain kendala teknis, faktor sosial juga memengaruhi efektivitas EWS. Sebagian masyarakat masih menunggu sirine atau instruksi resmi sebelum melakukan evakuasi, padahal pada tsunami jarak dekat seperti di Teluk Palu, guncangan gempa yang kuat seharusnya dapat dipahami sebagai peringatan dini alami. Kondisi ini menunjukkan bahwa budaya kesiapsiagaan dan pemahaman terhadap risiko belum terbentuk secara merata.

Dalam perspektif kebijakan publik, kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pembangunan sistem mitigasi belum sepenuhnya diikuti penguatan kapasitas sosial dan keberlanjutan pengelolaan sistem. Oleh karena itu, penguatan EWS perlu dilakukan secara menyeluruh melalui pemeliharaan perangkat, penyediaan cadangan daya, penguatan jaringan komunikasi, peningkatan kapasitas BPBD dan pemerintah daerah, serta sosialisasi yang berkelanjutan kepada masyarakat pesisir. Dengan demikian, faktor pendukung EWS di Kota Palu sebenarnya telah tersedia baik dari sisi teknologi, kelembagaan, maupun infrastruktur mitigasi. Akan tetapi, berbagai hambatan teknis dan sosial menyebabkan sistem tersebut belum mampu bekerja secara optimal pada peristiwa gempa dan tsunami 2018. Efektivitas EWS pada akhirnya tidak hanya ditentukan oleh keberadaan alat, tetapi oleh kemampuan seluruh sistem dan masyarakat dalam merespons ancaman bencana secara terpadu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis efektivitas *Early Warning System* (EWS) menggunakan teori Budiani (2007), implementasi EWS dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami di Kota Palu pada tahun 2018 belum berjalan secara optimal. Dari aspek ketepatan sasaran, perangkat EWS telah dipasang pada wilayah pesisir yang memiliki tingkat kerawanan tinggi, namun sistem belum mampu menjangkau seluruh masyarakat secara cepat dan merata. Dari aspek sosialisasi program, pemerintah telah melaksanakan edukasi dan simulasi kebencanaan, tetapi jangkauannya masih terbatas sehingga pemahaman masyarakat mengenai fungsi EWS dan evakuasi mandiri belum terbentuk secara menyeluruh. Pada aspek pencapaian tujuan, sistem peringatan dini telah menghasilkan informasi peringatan, namun karakteristik tsunami Palu yang datang dalam waktu singkat serta gangguan penyebaran informasi menyebabkan tujuan perlindungan masyarakat belum tercapai secara maksimal. Sementara itu, dari aspek pemantauan program, ditemukan kelemahan pada pemeliharaan perangkat dan sistem pendukung, seperti tidak berfungsinya sirine, keterbatasan *Warning Receiver System* (WRS), serta gangguan listrik dan komunikasi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa efektivitas EWS tidak hanya ditentukan oleh keberadaan teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh kesiapan kelembagaan, keberlanjutan pemantauan sistem, serta kesiapsiagaan masyarakat dalam merespons ancaman bencana. Dengan demikian, keberhasilan EWS perlu dipahami sebagai keterpaduan antara teknologi, sistem komunikasi, dan kapasitas sosial masyarakat dalam menghadapi risiko gempa bumi dan tsunami.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena menggunakan pendekatan studi pustaka yang bergantung pada ketersediaan data sekunder dan belum melibatkan data lapangan maupun wawancara langsung dengan masyarakat atau lembaga pelaksana EWS di Kota Palu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan pendekatan lapangan atau metode campuran (*mixed methods*) agar menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas EWS dari sisi teknis maupun pengalaman masyarakat terdampak. Berdasarkan hasil penelitian, penguatan EWS di Kota Palu perlu dilakukan melalui pemeliharaan perangkat secara berkala, penyediaan cadangan daya pada sistem peringatan dini, penguatan jaringan komunikasi, serta peningkatan kapasitas BPBD dan pemerintah daerah dalam pengelolaan mitigasi bencana. Selain itu, sosialisasi dan simulasi kebencanaan perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan menekankan pentingnya evakuasi mandiri agar masyarakat tidak sepenuhnya bergantung pada peringatan resmi ketika menghadapi tsunami jarak dekat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga artikel penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pengampu mata kuliah yang telah memberikan arahan, bimbingan, ilmu pengetahuan, serta motivasi selama proses perkuliahan hingga penyusunan artikel ini. Dukungan dan pendampingan yang diberikan sangat membantu penulis dalam memahami kajian mengenai efektivitas *Early Warning System* (EWS) dalam mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami serta menuangkannya ke dalam bentuk penelitian ilmiah yang sistematis dan bermanfaat. Penulis juga mengucapkan apresiasi kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Badan Nasional Penanggulangan Bencana, serta berbagai sumber literatur dan dokumen resmi yang telah menyediakan data dan informasi pendukung dalam penelitian ini. Data dan informasi tersebut sangat membantu proses analisis sehingga penelitian dapat disusun secara objektif dan terarah. Selain itu, penulis turut menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta semangat selama proses penyusunan artikel.

ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan penelitian selanjutnya.

REFERENCES

- [1] F. F. Arjangga and A. Realita, "Analisis keakuratan solusi centroid moment-tensor (CMT) gempa bumi di wilayah Jawa Tengah menggunakan metode GISOLA, sudut Kagan dan mean absolute percentage error (MAPE) pada software Jokotingkir," *Inovasi Fisika Indonesia*, vol. 15, no. 1, pp. 132–146, 2026. doi: 10.26740/ifi.v15n1.p132-146.
- [2] United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995–2015*. United Nations, 2015. [Online]. Available: <https://www.undrr.org/publication/human-cost-weather-related-disasters-1995-2015>. [Accessed: Apr. 19, 2026].
- [3] World Bank, *Central Sulawesi Post-Disaster Needs Assessment (PDNA)*, 2018. [Online]. Available: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/760181558453545661/>
- [4] I. Commission et al., *Limitations and Challenges of Early Warning System s: A Case Study of the 2018 Palu-Donggala Tsunami*. France: UNESCO, 2019.
- [5] [Badan Nasional Penanggulangan Bencana](https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/info-bencana-september-2018-rev.pdf), "Info bencana September 2018," 2018. [Online]. Available: <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/info-bencana-september-2018-rev.pdf>
- [6] T. P. Pamungkas, R. Andriani, A. W. Akbara, and Y. S. Samudra, "Sistem informasi Early Warning System berbasis website," *Intechno Journal: Information Technology Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 68–74, 2022. doi: 10.24076/intechnojournal.2022v4i2.1565.
- [7] I. Simanjuntak et al., "Optimalisasi pelaksanaan Early Warning System (EWS)," *Journal of Telenursing*, vol. 5, no. 2, pp. 3728–3735, 2023. doi: 10.31539/joting.v5i2.7932.
- [8] H. R. Abubakar, *Pengantar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta, Indonesia: SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga, 2021.
- [9] R. P. Melvani, "Studi kepustakaan kualitatif mengenai peran lingkungan sosial, budaya, dan ekonomi dalam mempengaruhi perilaku hidup bersih dan sehat masyarakat Indonesia," *Sinergi: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 1585–1596, 2026.
- [10] [Badan Nasional Penanggulangan Bencana](https://inarisk.bnbp.go.id/pdf/SULAWESI%20TENGAH/Dokumen%20KRB%20KOTA%20PALU_final%20draft.pdf), "Dokumen kajian risiko bencana Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah 2016–2020," 2020. [Online]. Available: https://inarisk.bnbp.go.id/pdf/SULAWESI%20TENGAH/Dokumen%20KRB%20KOTA%20PALU_final%20draft.pdf
- [11] M. B. Adityawan et al., "Development of a tsunami Early Warning System on the coast of Palu based on maritime wireless communication," *Results in Engineering*, 2023. doi: 10.1016/j.pdisas.2023.100290.
- [12] United Nations Office for Disaster Risk Reduction and UNESCO-IOC, *Keterbatasan dan Tantangan Sistem Peringatan Dini: Studi Kasus Tsunami Palu-Donggala 28 September 2018*. 2019.
- [13] J. Selamat, "Komunikasi risiko bencana satu arah di zona rawan gempa-tsunami tak efektif cegah jatuh korban," *The Conversation*, Jul. 8, 2019.
- [14] Ismunandar, N. Umar, M. Ndama, and Amyadin, "Pengetahuan dan sikap masyarakat dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana gempa bumi dan tsunami di Huntara Kota Palu dan Sigi," *Lentora Nursing Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 12–19, 2021. [Online]. Available: <http://jurnal.poltekkespalu.ac.id/index.php/LNJ>
- [15] J. Sidik, I. M. S. Wardana, M. Zuhdi, S. Ayub, and S. Syamsuddin, "Efektivitas sistem informasi Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS)," *GeoScienceEd: Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika*, vol. 4, no. 1, pp. 26–31, 2023. doi: 10.29303/goescienceedu.v4i1.219.