

**ANALISIS JANGKAUAN PELAYANAN DAN DAYA LAYAN SIRENE
PERINGATAN DINI TSUNAMI DI KECAMATAN PADANG
UTARA KOTA PADANG**

Vellyna Azahra¹, Widya Prarikeslan²

Dapartemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

¹vlynazhr@gmail.com, ²widya_geo@fis.unp.ac.id

ABSTRACT

North Padang District is one of the tsunami-prone areas in Padang City, Indonesia, requiring an effective tsunami early warning system to reduce disaster risk. This study aimed to analyze the service coverage and serviceability of tsunami sirens in North Padang District. A descriptive quantitative research method with a Geographic Information System (GIS)- based spatial analysis approach was employed. The data included tsunami siren locations, residential buildings, population data, siren coordinates, and supporting data obtained through observation, documentation, and relevant agencies. Spatial analysis was conducted using the buffer, overlay, and spatial join method in ArcGIS 10.8 to evaluate the service coverage and serviceability of tsunami sirens. The result showed that the 300 m service radius covered approximately 134 hectares and residential buildings (16,57%) within the 500 m radius 302 hectares and 6,710 residential buildings (43.33%) within the 500 m radius out of 15,487 residential buildings. These findings indicate that the existing tsunami siren system in North Padang District has not yet provided optimal service coverage and serviceability. Therefore, evaluating the current siren locations and installing additional sirens in uncovered areas are necessary to improve the effectiveness of the tsunami early warning system.

Keywords: Tsunami Sirens, Service Coverage, Serviceability, Geographic Information System (GIS)

ABSTRAK

Kecamatan Padang Utara merupakan salah satu daerah rawan tsunami di Kota Padang, Indonesia, yang membutuhkan sistem peringatan dini tsunami yang efektif untuk mengurangi risiko bencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jangkauan pelayanan dan daya layan sirene tsunami di Kecamatan Padang Utara. metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang digunakan meliputi lokasi sirene tsunami, koordinat sirene, data bangunan permukiman, data kependudukan, serta data pendukung lainnya yang diperoleh melalui observasi, dokumentasi, dan instansi terkait. Analisis spasial dilakukan menggunakan metode *buffer*, *overlay*, *spatial join* pada perangkat lunak ArcGIS

10.8 untuk mengevaluasi jangkauan pelayanan dan daya layan sirene tsunami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jangkauan pelayanan sirene dengan radius 300 m mencakup luas wilayah permukiman sebesar 134 ha dengan jumlah bangunan yang terlayani sebanyak 2.565 unit (16,57%) dari total 15.487 bangunan permukiman. Sementara itu, pada radius 500 m terdapat 6.710 bangunan permukiman yang berada dalam jangkauan pelayanan sirene. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem sirene tsunami yang tersedia di Kecamatan Padang Utara belum memberikan jangkauan pelayanan daya layan yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap lokasi pemasangan sirene yang telah ada serta penambahan sirene pada wilayah yang belum terjangkau guna meningkatkan efektivitas sistem perngatan dini tsunami.

Kata Kunci: Sirene tsunami, Jangkauan Pelayanan, Daya Layan, Sistem Informasi Geografi

A. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi dan berpotensi memicu bencana tsunami. Risiko tsunami dipengaruhi oleh interaksi antara bahaya (hazard), kerentanan (vulnerability), dan paparan (exposure), sehingga diperlukan sistem peringatan dini (*Early Warning System*) yang efektif sebagai upaya mengurangi risiko bencana. Salah satu komponen utama dalam sistem tersebut adalah sirene tsunami yang berfungsi menyampaikan peringatan kepada masyarakat agar dapat melakukan

evakuasi sebelum gelombang tsunami mencapai wilayah terdampak.

Kota Padang merupakan salah satu wilayah pesisir di Provonsi Sumatera Barat yang memiliki tingkat kerawanan tsunami tinggi karena berhadapan langsung dengan zona subduksi Mentawai. Penelitian Frananda *et al.* (2023) menunjukkan bahwa sebagian besar Kecamatan di Kota Padang berpotensi terdampak tsunami dengan kawasan permukiman sebagai penggunaan lahan yang paling dominan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Padang Tahun 2025, Kecamatan Padang Utara memiliki kepadatan penduduk tertinggi di wilayah pesisir, yaitu 6.883 jiwa/km² yaitu dengan luas wilayah 8,08 km². Karakteristik tersebut menunjukkan

tingginya tingkat paparan penduduk terhadap ancaman tsunami karena sebagian besar wilayah merupakan dataran rendah yang berada dekat garis pantai.

Efektivitas sistem peringatan dini tsunami sangat dipengaruhi oleh kesesuaian lokasi perangkat peringatan dengan distribusi penduduk yang terpapar. Rahayu *et al.* (2020) menyatakan bahwa sistem peringatan dini berbasis masyarakat harus mampu menjangkau masyarakat yang berisiko melalui penyebaran informasi yang efektif. Namun demikian, informasi mengenai jangkauan pelayanan dan daya layan sirene tsunami di Kecamatan Padang Utara masih terbatas. Penelitian yang mengintegrasikan analisis lokasi sirene, jangkauan pelayanan, dan daya layan terhadap bangunan permukiman menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) juga belum banyak dilakukan, sehingga belum tersedia informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi efektivitas sistem peringatan dini tsunami di wilayah tersebut.

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan teknologi yang mampu mengintegrasikan, mengelola, menganalisis, dan

menyajikan data spasial sehingga banyak dimanfaatkan dalam kajian mitigasi bencana. Melalui analisis buffer, overlay, dan spatial join, SIG dapat digunakan untuk mengevaluasi jangkauan pelayanan sirene, mengidentifikasi kawasan permukiman yang telah maupun yang belum terlayani, serta menghitung tingkat daya layan sirene terhadap bangunan permukiman. Informasi tersebut diperlukan sebagai data dalam meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini tsunami melalui penempatan sirene yang lebih tepat sesuai karakteristik spasial wilayah.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jangkauan pelayanan dan daya layan sirene tsunami di Kecamatan Padang Utara menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai efektivitas jangkauan sirene terhadap kawasan permukiman serta menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah Kota Padang dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang dalam mengevaluasi lokasi pemasangan maupun penambahan sirene guna

mendukung upaya mitigasi bencana tsunami.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Padang Utara, Kota Padang yang merupakan salah satu wilayah pesisir dengan tingkat kerawanan tsunami tinggi. Populasi penelitian adalah seluruh sirene tsunami yang terpasang di Kecamatan Padang Utara sebanyak lima unit, dengan teknik pengambilan sampel menggunakan *total sampling*, sehingga seluruh sirene dijadikan objek penelitian. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan, observasi, dokumentasi, serta pengambilan titik koordinat sirene menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Data sekunder meliputi jumlah penduduk, luas wilayah, jumlah dan kondisi sirene tsunami yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang. Seluruh data spasial diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik buffer, overlay, spatial join dan nearest neighbor analysis. Analisis buffer digunakan untuk menentukan jangkauan pelayanan sirene berdasarkan radius 300 meter dan 500 meter. Selanjutnya, teknik overlay dan spatial join digunakan untuk mengidentifikasi bangunan permukiman dan jumlah penduduk yang berada dalam jangkauan sirene. Pola persebaran sirene dianalisis menggunakan Nearest Neighbor Analysis, sedangkan daya layan sirene dihitung berdasarkan persentase bangunan permukiman yang berada dalam jangkauan pelayanan terhadap total bangunan permukiman di Kecamatan Padang Utara.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

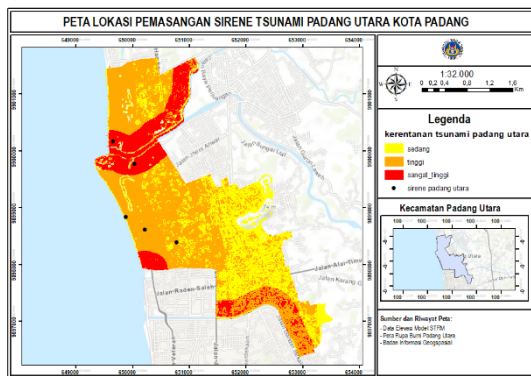
Kecamatan Padang Utara memiliki lima unit sirene tsunami yang tersebar pada beberapa lokasi strategis, yaitu shelter Wisma Indah, Komplek Perum Air Tawar, Masjid Baiturrahmi, PU PS PAM, dan SMP Negeri 25 Padang. Data lokasi sirene diperoleh melalui survei lapangan menggunakan Global Positioning System (GPS) dan selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak

ArcGIS 10.8 untuk menghasilkan peta persebaran sirene tsunami.

**Tabel 1. Koordinat Sirene
Tsunami Kecamatan
Padang Utara**

No	Sirene	Lintang	Bujur
1	PU PS PAM	0° 54' 58" LS	100° 20' 50" BT
2	SMP N 25 Padang	0° 55' 22" _S	100° 20' 52" BT
3	Komp. Perum Air Tawar	0° 54' 19" _S	100° 20' 18" BT
4	Shelter Wisma Indah	0° 54' 26" _S	100° 18' 44" BT
5	Masjid Baiturrahmi	0° 54' 53" _S	100° 20' 42" BT

Sumber : Plotting Lapangan



**Gambar 1 Peta Persebaran Sirene
Tsunami Kecamatan Padang Utara**

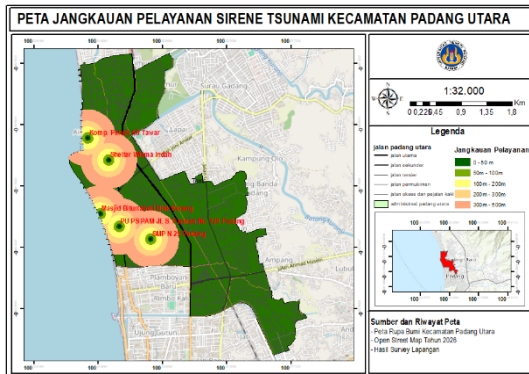
Berdasarkan hasil analisis *Average Nearest Neighbor* diperoleh *Nearest Neighbor Ratio* sebesar 2,020364, z-score sebesar 4,364866, dan p-value sebesar 0,000013. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pola persebaran sirene tsunami termasuk

kategori tersebar (*dispersed*) dan signifikan secara statistik. Pola persebaran ini mengindikasikan bahwa lokasi pemasangan sirene telah dirancang untuk memberikan jangkauan pelayanan yang lebih merata pada wilayah pesisir Kecamatan Padang Utara. Namun demikian, persebaran penduduk yang tidak merata menyebabkan masih terdapat kawasan permukiman yang berada di luar cakupan pelayanan sirene. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas sistem peringatan dini tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah sirene, tetapi juga oleh kesesuaian lokasi pemasangan terhadap distribusi permukiman. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rahayu *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa keberhasilan sistem peringatan dini dipengaruhi oleh kemampuan informasi menjangkau masyarakat (*last mile warning dissemination*).

Jangkauan Pelayanan Sirene Tsunami

Analisis jangkauan pelayanan dilakukan menggunakan metode *buffer* dengan dua skenario radius, yaitu 300 meter dan 500 meter. Radius 300 meter digunakan untuk menggambarkan jangkauan efektif

sirene pada kondisi singa hari ketika tingkat kebisingan lingkungan relatif tinggi, sedangkan radius 500 meter menggambarkan potensi jangkauan maksimum suara sirene pada kondisi lingkungan yang lebih tenang. Penggunaan dua radius tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan pelayanan sirene pada kondisis operasional yang berbeda.



Gambar 2 Peta Jangkauan Pelayanan Sirene Tsunami Kecamatan Padang Utara

Berdasarkan hasil analisis, pada radius 300 meter sirene tsunami mampu menjangkau kawasan permukiman seluas 134 hektare dengan estimasi jumlah penduduk yang terlayani sebanyak 9.923 jiwa. Sementara itu, radius 500 meter jumlah penduduk yang terlayani meningkat menjadi 22.364 jiwa. Meskipun terjadi peningkatan cakupan pelayanan, sebagian besar penduduk masih berada di luar jangkauan pelayanan sirene sehingga

berpotensi tidak menerima informasi peringatan dini secara langsung apabila terjadi tsunami.

Tabel 2. Jangkauan Pelayanan Sirene Tsunami Berdasarkan Radius Jangkauan

Radius Buffer	Penduduk Terlayani (Jiwa)	Penduduk Tidak Terlayani (Jiwa)
300 meter	9.923	49.911
500 meter	22.364	37.470

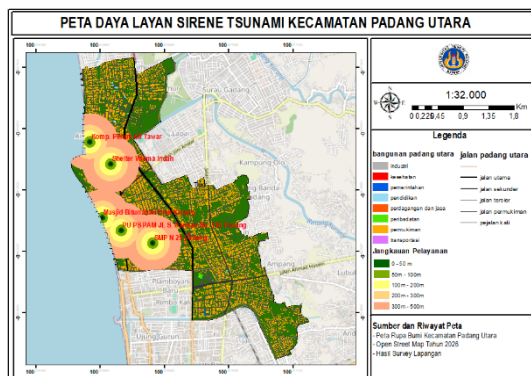
Sumber: Anlisi ArcGIS

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan radius pelayanan mampu meningkatkan jumlah penduduk yang memperoleh informasi peringatan dini. Akan tetapi, cakupan pelayanan masih belum optimal karena lebih dari separuh penduduk masih berada di luar jangkauan sirene. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penambahan radius pelayanan saja belum cukup untuk meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini. Evaluasi terhadap lokasi pemasangan sirene juga diperlukan agar wilayah permukiman yang belum terjangkau dapat memperoleh pelayanan yang lebih merata. Temuan ini mendukung penelitian Idzani dan Abubakar (2019) serta Rahayu *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa efektivitas sistem peringatan dini dipengaruhi oleh

kemampuan informasi menjangkau masyarakat pada kawasan rawan bencana.

Daya Layan Sirene Tsunami

Analisis daya layan dilakukan melalui proses *overlay* antara *buffer* sirene tsunami dengan data bangunan permukiman untuk mengetahui jumlah bangunan yang berada dalam cakupan pelayanan setiap sirene. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah bangunan yang terlayani meningkat seiring bertambahnya radius pelayanan. Pada radius 300 meter terdapat 2.565 bangunan yang berada dalam jangkauan pelayanan, sedangkan pada radius 500 meter jumlah bangunan terlayani meningkat menjadi 6.710 bangunan.



Gambar 3 Peta Daya Layan Sirene Tsunami Kecamatan Padang Utara

Berdasarkan hasil perhitungan, persentase daya layan sirene tsunami pada radius 300 meter sebesar 16,57% sedangkan pada radius 500

meter meningkat menjadi 43,33%. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin luas radius pelayanan, semakin besar jumlah bangunan yang dapat dijangkau oleh sirene tsunami. Namun demikian, pada radius 500 meter masih terdapat 8.777 unit rumah yang berada di luar jangkauan pelayanan langsung.

Tabel 3. Persentase

Daya Layan Sirene Tsunami

Radius Buffer	Rumah Terlayani	Persentase Daya Layan
300 meter	2.565	16,57%
500 meter	6.710	43,33%

Sumber: Hasil Analisis,

Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas pelayanan sirene tergolong rendah karena sebagian besar bangunan permukiman belum berada dalam jangkauan pelayanan langsung. Perbedaan jumlah bangunan yang terlayani pada setiap lokasi sirene dipengaruhi oleh karakteristik spasial wilayah, terutama kepadatan permukiman di sekitar sirene maupun peninjauan kembali lokasi pemasangan perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan cakupan pelayanan. Hasil ini sejalan dengan penelitian haki *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa efektivitas fasilitas mitigasu bencana dipengaruhi

oleh distribusi spasial terhadap persebaran permukiman.

3	Masjid Biturrahmi	Aktif	Keras
4	PU PS PAM	Aktif	Keras
5	SMP N 25	Aktif	Keras

Sumber : Hasil Monitoring BPBD

Kondisi Fisik dan Opreasioanl Sirene Tsunami

Selain aspek spasial, penelitian ini juga mengevaluasi kondisi fisik dan operasional sirene tsunami berdasarkan data monitoring BPBD Kota Padang dan hasil survei lapangan. Seluruh sirene tsunami di Kecamatan Padang Utara memiliki status aktif dan menghasilkan suara dengan kategori keras, sehingga masih layak digunakan sebagai media penyampaian peringatan dini. Pemeriksaan dan uji fungsi sirene dilakukan secara rutin setiap tanggal 26 setiap bulan untuk memastikan seluruh perangkat siap dioperasikan pada saat terjadi keadaan darurat tsunami.

Tabel 5. Kondisi Fisik dan Oprasional Sirene Tsunami

No	Lokasi Pemasangan Sirene	Sirene	
		Aktif/Tidak	Suara
1	Shelter Whisma Indah	Aktif	Keras
2	Komp. Perum Air Tawar	Aktif	Keras

Meskipun seluruh sirene berada pada kondisi operasional yang baik, hasil analisis jangkauan pelayanan dan daya layan menunjukkan bahwa terdapat sebagian penduduk dan bangunan yang belum memperoleh pelayanan langsung. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem peringatan dini tidak hanya ditentukan oleh kesiapan perangkat, tetapi juga oleh kemampuan sistem menjangkau masyarakat pada kawasan rawan tsunami. Temuan ini sejalan dengan Dwipanegara (2019) serta Rahayu *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa efektivitas sistem peringatan dini merupakan kombinasi antara kesiapan teknologi dan pemerataan penyebaran informasi kepada masyarakat.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jangkauan pelayanan sirene tsunami di Kecamatan Padang Utara masih belum mampu menjangkau seluruh

penduduk. Peningkatan radius pelayanan dari 300 meter menjadi 500 meter mampu meningkatkan jumlah penduduk yang terlayani, namun masih terdapat masyarakat yang berada di luar cakupan pelayanan sehingga efektivitas sistem peringatan dini belum optimal.

Hasil analisis daya layan menunjukkan bahwa pelayanan sirene terhadap bangunan permukiman juga masih terbatas. Meskipun jumlah bangunan yang terlayani meningkat pada radius 500 meter, cakupan pelayanan belum mampu menjangkau seluruh kawasan permukiman di Kecamatan Padang Utara. Selain itu, hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh sirene tsunami berada dalam kondisi operasional yang baik dan aktif sehingga layak digunakan sebagai media penyalpaian peringatan dini tsunami. Namun, kondisi operasional yang baik belum sepenuhnya menjamin efektivitas sistem peringatan dini karena masih dipengaruhi oleh jangkauan pelayanan dan daya layan sirene terhadap masyarakat dan kawasan permukiman.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, BPBD Kota Padang

disarankan melakukan evaluasi terhadap distribusi lokasi pemasangan sirene, terutama pada kawasan permukiman yang belum memperoleh jangkauan pelayanan secara langsung. Selain itu, integrasi sirene dengan media penyebaran informasi lain, seperti lain, seperti *cell broadcast*, pengeras suara masjid, maupun media komunikasi masyarakat, perlu dikembangkan untuk meningkatkan cakupan penyampaian informasi peringatan dini. Penelitian selanjutnya disarankan menerapkan metode optimasi penempatan sirene, seperti *location-alocation*, guna menghasilkan rekomendasi lokasi pemasangan sirene yang efektif dalam meningkatkan jangkauan pelayanan dan daya layan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal. (2007). *Pedoman teknis pemetaan*. Bakosurtanal.
- Coppola, D. P. (2021). *Introduction to international disaster management* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Muta'ali, L. (2015). *Teknik analisis regional untuk perencanaan wilayah*. Badan Penerbit Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Frananda, H. (2024). *Mitigasi bencana tsunami Kota Padang berbasis ekosistem pesisir* (Disertasi doktor,

- IPB University). IPB University Repository.
- Frananda, H., Yulianda, F., Boer, M., & Nurjaya, I. W. (2023). Coastal ecology-based management for tsunami mitigation in Padang City, West Sumatera, Indonesia. *AACL Bioflux*, 16(4), 2072–2080.
- Mayaguez, H., Plumejeaud-Perreau, C., Leone, F., & Pouget, F. (2017). Spatio-temporal modeling of human vulnerability in the case of a tsunami in Padang, Indonesia. *International Journal of Mass Emergencies & Disasters*, 35(3), 224–270.
- Natawidjaja, D. H., Sieh, K., Chlieh, M., Galetzka, J., Suwargadi, B. W., Cheng, H., Edwards, R. L., Avouac, J. P., & Ward, S. N. (2006). Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 and 1833 inferred from coral microatolls. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B6), B06403.
<https://doi.org/10.1029/2005JB004025>
- Nofrion, Wijayanto, B., Rahmanelli, Novio, R., Surtani, Khairani, & Ahmad, M. Z. (2021). Silent simulation: The ability of geography education students to do a horizontal evacuation to a tsunami safe zone in Padang City. *Jurnal Geografi*, 13(1), 88–96.
<https://doi.org/10.24114/jg.v13i1.20272>
- Rahayu, H. P., Comfort, L. K., Haigh, R., Amaratunga, D., & Khoirunnisa, D. (2020). A study of people-centered early warning system in the face of near-field tsunami risk for Indonesian coastal cities. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 11(2), 241–262.
<https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2019-0068>
- Sadiq, A.-A., Dougherty, R. B., Tyler, J., & Entress, R. (2023). Public alert and warning system literature review in the USA: Identifying research gaps and lessons for practice. *Natural Hazards*, 117(2), 1711–1744.
<https://doi.org/10.1007/s11069-023-05926-x>
- Schlurmann, T., Kongko, W., Goseberg, N., Natawidjaja, D. H., & Sieh, K. (2011). Near-field tsunami hazard map Padang, West Sumatra: Utilizing high-resolution geospatial data and reasonable source scenarios. *Coastal Engineering Proceedings*, 32(1), Article 26.
<https://doi.org/10.9753/icce.v32.management.26>
- Sidik, J., Wardana, I. M. S., Zuhdi, M., Ayub, S., & Syamsuddin. (2023). Efektivitas sistem informasi Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS). *GeoScienceEd Journal (Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika)*, 4(1), 26–31.
<https://doi.org/10.29303/goescienceedu.v4i1.219>
- Sorensen, J. H. (2000). Hazard warning systems: Review of 20 years of progress. *Natural Hazards Review*, 1(2), 119–125.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2000\)1:2\(119\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2000)1:2(119))

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2012). *Pedoman Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS)*. BMKG.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2019a). *Indonesian master plan for tsunami early warning system (InaTEWS)*. BMKG.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2019b). *Katalog tsunami Indonesia tahun 416–2018*. BMKG.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2018). *Evaluasi sistem peringatan dini tsunami di Indonesia*. BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2022). *Pedoman pemasangan sirene tsunami*. BNPB.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Padang. (2025). *Hasil monitoring, evaluasi dan pengaktifan sirene peringatan dini tsunami di Kota Padang*. BPBD Kota Padang.
- Badan Pusat Statistik Kota Padang. (2024). *Kecamatan Padang Utara dalam Angka 2024*. BPS Kota Padang.
- Federal Emergency Management Agency. (2019). *Outdoor warning sirens guide*. FEMA.
- UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission. (2018). *Tsunami glossary*. UNESCO-IOC.
- UNESCO Intergovernmental Oceanographic Commission. (2023). *Tsunami early warning and mitigation systems guidelines*. UNESCO-IOC.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). *Global assessment report on disaster risk reduction 2022*. UNDRR.