

PENERAPAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS DALAM SISTEM PERINGATAN DINI TSUNAMI UNTUK PENGUATAN STRATEGI MITIGASI BENCANA

**Fitria Anisa¹⁾, M. Abyan Zhafran Wijaya²⁾ & Raymond Erpindo
Ginting¹⁾***

^{1,2,3)} Prodi Sistem Informasi, FST, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan,
Indonesia *Corresponding Email: abyanabyan020720@gmail.com

ABSTRAK – Tsunami adalah bencana alam yang sangat merusak yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa dan kerusakan infrastruktur yang signifikan. Metode penelitian yang digunakan ialah studi literatur untuk mencari, menyusun, dan mengevaluasi sumber-sumber literatur untuk pengembangan kerangka teori dan hipotesis penelitian. Dengan memanfaatkan jaringan sensor yang ditempatkan di lokasi-lokasi penting, IoT memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara real-time seperti tekanan air, ketinggian air laut, dan aktivitas seismik. Data ini kemudian dianalisis menggunakan big data, machine learning, dan cloud computing untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang mungkin menandakan tsunami yang akan datang. Artikel ini juga menyoroti inovasi seperti jaringan sensor nirkabel bawah air (UWSN) dan integrasi satelit, yang meningkatkan jangkauan dan akurasi pemantauan. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat meningkatkan kecepatan, ketepatan, dan efisiensi sistem peringatan dini, sehingga meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan meminimalkan dampak bencana.

Kata Kunci: Tsunami, Peringatan Dini, IoT, Mitigasi Bencana

ABSTRACT - Tsunami is a highly destructive natural disaster that can lead to significant loss of life and damage to infrastructure. The research method used is a literature study to search, compile, and evaluate literature sources for the development of theoretical frameworks and research hypotheses. By utilizing a network of sensors placed in key locations, IoT allows for the real-time gathering of environmental data such as water pressure, sea levels, and seismic activity. This data is then analyzed using big data, machine learning, and cloud computing to identify patterns and anomalies that might signal an impending tsunami. The article also highlights innovations like underwater wireless sensor networks (UWSN) and satellite integration, which enhance the monitoring range and accuracy. The findings demonstrate that IoT technologies can improve the speed, precision, and efficiency of early warning systems, thereby boosting community preparedness and minimizing the impact of disasters.

Keywords: Tsunami, Early Warning, IoT, Disaster Mitigation

PENDAHULUAN

Tsunami adalah gelombang dahsyat yang dapat dipicu oleh berbagai peristiwa alam, termasuk gempa bumi bawah laut, letusan gunung berapi, tanah longsor bawah laut, atau perubahan kondisi cuaca. Gelombang ini dapat bergerak dengan kecepatan 700 hingga 800 kilometer per jam, sehingga memungkinkannya melintasi jarak lautan yang sangat jauh hanya dalam beberapa jam dengan kehilangan energi yang minimal. Di perairan laut dalam, tinggi gelombang biasanya cukup kecil, kurang dari satu meter. Namun, ketika tsunami mendekati daerah pantai yang dangkal, panjang gelombang memendek dan tinggi gelombang meningkat secara dramatis, kadang-kadang mencapai puluhan meter, menciptakan ombak dengan energi yang sangat besar. Perilaku tsunami dibentuk oleh beberapa faktor seperti topografi dasar laut, bentuk garis pantai, dan karakteristik khusus dari gelombang.

Mitigasi bencana adalah upaya penting yang bertujuan untuk mengurangi dampak bencana melalui tindakan fisik, meningkatkan kesadaran, dan memperkuat kapasitas masyarakat. Manajemen bencana tidak berfokus pada pencegahan atau penghapusan risiko, tetapi pada perencanaan strategis untuk meminimalkan dampaknya. Dalam hal ini, teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) memiliki potensi yang signifikan untuk membantu mitigasi bencana secara efektif. IoT dapat meningkatkan sistem peringatan dini dan pemantauan bencana dengan memungkinkan penginderaan dan komunikasi, baik di dalam kerangka kerja *Smart City* maupun di wilayah lain yang terkena dampak.

Meskipun IoT tidak dapat mencegah terjadinya bencana, IoT dapat diintegrasikan ke dalam strategi mitigasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Dengan memanfaatkan sensor dan transduser, IoT memungkinkan pengumpulan data waktu nyata yang membantu prediksi tsunami dan peringatan dini. Tujuan utama penggunaan IoT dalam mitigasi bencana adalah untuk menciptakan inovasi dan kerangka kerja operasional berdasarkan teknologi digital yang dapat meningkatkan kesiapan masyarakat, memperkuat sistem peringatan dini, dan secara efektif meminimalkan dampak bencana. Jika diterapkan dengan

benar, teknologi IoT diharapkan dapat menjadi solusi strategis dalam penanggulangan bencana, meningkatkan kesiapsiagaan dan mengoptimalkan upaya mitigasi untuk mengurangi risiko dan dampak bencana secara signifikan.

METODE PENELITIAN

Tinjauan menyeluruh terhadap literatur yang ada sangat penting untuk metodologi penelitian. Proses tinjauan literatur melibatkan beberapa langkah, termasuk mengekstraksi data dari sumber pustaka, entri data yang tepat, pengumpulan data, dan pengorganisasian materi penelitian secara sistematis. Peran tinjauan pustaka sangat penting dalam penelitian, terutama dalam studi akademis, di mana tujuan utamanya adalah untuk membangun kerangka kerja teoritis dan menerapkannya secara praktis. Setiap peneliti harus melakukan tinjauan literatur, terutama untuk mengidentifikasi literatur yang relevan untuk mengembangkan kerangka kerja teoritis, menguji model konseptual, dan memperoleh temuan penelitian sekunder, yang sering disebut sebagai hipotesis penelitian. Proses ini membantu peneliti mengkategorikan, mengatur, dan memanfaatkan berbagai literatur yang relevan untuk bidangnya. Dengan menganalisis literatur, peneliti mendapatkan pemahaman yang lebih komprehensif dan terperinci tentang topik penelitian mereka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Konsep dan Peran Internet of Things (IoT) dalam Mitigasi Bencana

Internet of Things (IoT) adalah sebuah sistem yang memungkinkan perangkat fisik dan virtual untuk terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet, membentuk sebuah ekosistem yang terintegrasi dan berbasis data. IoT tidak hanya memungkinkan pertukaran data secara real-time antar perangkat, tetapi juga mendukung otomatisasi berbagai proses dengan memungkinkan perangkat melakukan tugas tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Sistem ini memanfaatkan berbagai sensor, aktuator, dan teknologi komunikasi untuk mengumpulkan, memproses, dan mengirimkan informasi yang relevan. Hasilnya, IoT memfasilitasi pengendalian perangkat dari jarak jauh dan meningkatkan pengambilan keputusan dengan memberikan wawasan berbasis data yang lebih cepat, akurat, dan efisien.

Dalam mitigasi bencana, peran IoT semakin penting, terutama untuk sistem peringatan dini tsunami. Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara terus menerus dan real-time melalui jaringan sensor yang ditempatkan di lokasi-lokasi penting, seperti di sepanjang pantai dan dasar laut. Sensor-sensor ini mengukur berbagai faktor, termasuk tekanan air, tinggi gelombang, dan aktivitas seismik, yang kemudian dikirim ke pusat pemantauan untuk dianalisis. Data yang dikumpulkan secara otomatis diproses oleh sistem berbasis IoT dan dapat diintegrasikan dengan kecerdasan buatan (AI) dan analisis data besar untuk mengidentifikasi pola dan potensi risiko.

Hasil analisis diolah menjadi informasi yang dapat ditindaklanjuti yang dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat dan otoritas terkait. Dengan peringatan yang tepat waktu, tindakan mitigasi dapat segera dilakukan, seperti mengevakuasi orang dari daerah berisiko tinggi dan mengaktifkan rencana tanggap darurat. Integrasi IoT dalam sistem ini meningkatkan kecepatan dan ketepatan deteksi, sekaligus meningkatkan koordinasi di antara lembaga-lembaga yang bertanggung jawab atas penanggulangan bencana. Hal ini tidak hanya membantu mengurangi potensi jatuhnya korban jiwa, tetapi juga meminimalkan kerusakan infrastruktur dan sumber daya lainnya.

2 Sistem Peringatan Dini Tsunami Berbasis IoT

Sistem peringatan dini tsunami adalah alat mitigasi bencana yang bertujuan untuk melindungi nyawa dan mengurangi kerusakan. Sistem ini memanfaatkan jeda waktu antara kecepatan gelombang seismik yang lebih cepat dan penjaralan gelombang tsunami yang lebih lambat untuk mengeluarkan peringatan dini. Ketika gempa bumi bawah laut terjadi, jaringan seismik yang tersebar luas dengan cepat mendeteksi parameter gempa bumi yang penting, seperti lokasi episentrum, magnitudo, dan kedalaman, dalam hitungan detik atau menit. Gelombang seismik yang lebih cepat menciptakan jendela waktu yang sangat penting, sehingga memungkinkan sistem peringatan untuk menganalisis data dan mengeluarkan peringatan sebelum tsunami mencapai pantai.

Sensor tekanan presisi tinggi diposisikan di bagian bawah untuk memfasilitasi deteksi yang lebih tepat. Sensor-sensor ini melacak variasi tekanan air, yang mengungkapkan keberadaan dan sifat gelombang tsunami. Pelampung di permukaan air bertindak sebagai stasiun relai yang menerima data dari sensor-sensor ini. Pusat peringatan tsunami menerima data dari pelampung melalui satelit. Pelampung ini memiliki dua mode operasi: mode kejadian, yang secara otomatis dipicu ketika gelombang seismik terdeteksi, dan mode standar, yang mengumpulkan data lingkungan secara teratur. Untuk memastikan data yang dikumpulkan masih relevan dengan keadaan, pelampung mengirimkan data lebih sering-setiap menit-ketika berada dalam mode peristiwa.

Selain itu, sistem peringatan ini sangat terbantu dengan adanya pelampung pendeteksi tsunami di laut dalam. Pelampung ini menggunakan jaringan di seluruh dunia seperti *World Meteorological Organization's Global Telecommunication System* (WMO GTS) untuk mengirimkan data waktu nyata ke pusat peringatan dini internasional, selain mendeteksi perubahan permukaan laut yang disebabkan oleh tsunami. Data tersebut digunakan untuk memperkirakan dan meramalkan kemungkinan tsunami secara akurat, sehingga pemerintah memiliki waktu yang cukup untuk merencanakan evakuasi massal. Hasilnya, teknologi-teknologi ini bekerja sama untuk membentuk sistem komprehensif yang melindungi manusia dari dampak tsunami yang menghancurkan.

3. Inovasi dan Pengembangan Teknologi IoT dalam Pemantauan Tsunami

Penggunaan sensor *Internet of Things* (IoT) untuk memantau parameter lingkungan sebelum tsunami merupakan kemajuan besar dalam mitigasi bencana. Sensor-sensor IoT ini dirancang untuk terus melacak berbagai faktor lingkungan secara real-time, seperti perubahan permukaan air laut, tekanan, suhu, dan kondisi meteorologi lainnya. Dengan kemampuannya untuk mengirimkan data secara nirkabel, sensor-sensor ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan yang dapat diandalkan dan ekstensif, bahkan di daerah terpencil sekalipun. Data yang terkumpul kemudian diproses menggunakan teknologi big data dan algoritma

kecerdasan buatan (AI), yang dapat mengidentifikasi pola yang tidak biasa atau anomali yang dapat mengisyaratkan akan terjadinya tsunami. Analisis ini menghasilkan prediksi yang lebih akurat, pengambilan keputusan yang lebih cepat, dan efisiensi yang lebih besar dalam sistem peringatan dini.

Selain itu, integrasi teknologi satelit ke dalam sistem pemantauan bencana merupakan terobosan yang signifikan. Satelit sangat penting untuk melacak perubahan permukaan laut global, menangkap citra beresolusi tinggi, dan mendeteksi fenomena yang tidak biasa yang sering kali menjadi indikator awal potensi tsunami. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data visual dari area yang tidak dapat dijangkau oleh sensor IoT, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan lengkap mengenai situasi yang terjadi. Selain itu, perilaku hewan juga semakin mendapat perhatian sebagai indikator bencana alam. Penelitian telah menunjukkan bahwa spesies hewan tertentu menunjukkan perilaku yang tidak biasa sebelum tsunami, seperti migrasi mendadak atau peningkatan aktivitas. Satelit dan kamera pengintai dapat memantau perilaku ini, yang kemudian dianalisis bersama dengan data sensor lainnya untuk memberikan peringatan dini yang lebih cepat dan akurat.

Sistem ini mengembangkan strategi terpadu untuk mitigasi bahaya tsunami dengan menggabungkan sensor IoT, teknologi satelit, dan analisis berbasis AI. Metode ini sangat mengurangi bahaya kerugian material dan korban jiwa dengan mempercepat respons evakuasi dan meningkatkan akurasi prediksi. Penemuan ini menunjukkan seberapa baik teknologi kontemporer dapat menangani isu-isu global yang sulit seperti bencana alam.

4. Analisis dan Implementasi Teknologi IoT untuk Peringatan Dini Tsunami

Implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) ke dalam sistem peringatan dini tsunami merupakan pendekatan strategis yang menggabungkan berbagai komponen teknologi untuk membangun sistem deteksi dan respons yang efisien. Proses ini mencakup pemilihan sensor yang tepat untuk memantau parameter lingkungan seperti tekanan air, permukaan laut, dan suhu. Sensor-

sensor ini harus dirancang untuk bertahan dalam kondisi bawah air yang keras, termasuk tekanan tinggi dan korosi. Selain itu, protokol komunikasi yang andal, seperti sistem akustik untuk jaringan bawah air dan metode radio atau satelit untuk mentransmisikan data ke daratan, sangat penting untuk memastikan transmisi data secara real-time dan tanpa gangguan. Penggunaan sumber energi yang berkelanjutan, seperti baterai berkapasitas tinggi atau sistem energi terbarukan seperti panel surya dan turbin air mini, juga penting untuk memastikan fungsionalitas jangka panjang sistem dengan intervensi manusia yang minimal.

Fitur inovatif dari sistem ini adalah penggunaan jaringan sensor nirkabel bawah air (UWSN). UWSN terdiri dari node sensor bawah air yang dilengkapi dengan modem akustik yang memungkinkan komunikasi melalui air. Sensor-sensor ini bekerja sama untuk mengumpulkan data lingkungan, seperti tekanan air dan aktivitas tektonik, yang kemudian dikirim ke pelampung permukaan atau stasiun pemantauan melalui tautan akustik atau optik. Data tersebut kemudian dikirim ke pusat pemantauan di darat melalui jaringan radio atau satelit untuk dianalisis lebih lanjut. Dengan kemampuannya untuk menjangkau wilayah yang luas dan mendeteksi perubahan kedalaman bawah laut, UWSN menawarkan solusi yang efektif untuk meningkatkan akurasi deteksi tsunami.

Integrasi IoT dengan teknologi canggih seperti *cloud computing*, *machine learning*, dan *big data* meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem peringatan dini. Data yang dikumpulkan dari berbagai sensor dapat disimpan dan diproses dengan aman di platform *cloud*, sehingga mudah diakses oleh berbagai pemangku kepentingan, termasuk pusat tanggap bencana dan lembaga pemerintah. Algoritma pembelajaran mesin dapat menganalisis pola dalam data historis dan data waktu nyata untuk menghasilkan prediksi yang lebih cepat dan tepat. Dengan memanfaatkan pemrosesan data besar, sistem ini dapat menggabungkan informasi dari berbagai sumber, seperti sensor IoT, citra satelit, dan laporan lapangan, untuk menghasilkan gambaran umum yang komprehensif tentang potensi ancaman tsunami.

Penerapan teknologi ini juga memiliki dampak sosial dan ekonomi yang penting. Selain meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana, sistem peringatan yang lebih kuat dan efektif mengurangi kemungkinan kerugian material dan korban jiwa. Masyarakat dapat tinggal di daerah rawan tsunami dengan lebih percaya diri ketika risiko bencana lebih rendah, dan pemerintah serta sektor bisnis dapat menghemat uang yang seharusnya digunakan untuk pemulihan pascabencana. Dengan berbagai potensi aplikasinya, inovasi ini menjadi pilar penting dalam meningkatkan mitigasi bencana di era kontemporer.

SIMPULAN

Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem peringatan dini tsunami dapat meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan mengurangi dampak bencana. Pengumpulan data real-time yang dimungkinkan oleh perangkat IoT memfasilitasi analisis prediktif berbasis AI dan *big data*, yang meningkatkan akurasi prediksi dan mempercepat pengambilan keputusan. Teknologi seperti integrasi satelit dan jaringan sensor nirkabel bawah air (UWSN) memperluas cakupan pemantauan dan memberikan gambaran menyeluruh tentang potensi skenario bencana. Dengan mengurangi kemungkinan kerugian material dan korban jiwa, penerapan IoT memiliki dampak sosial dan ekonomi yang positif selain dampak teknologinya. IoT diperkirakan akan memainkan peran penting dalam memperkuat rencana mitigasi bencana di masa depan seiring dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiprabowo, T., Ramdani, D., Daud, P., Andriana, A., Ali, E., Nasrullah, N., & Zulkarnain, Z. (2024). Radar-Based Tsunami Detection: A Comprehensive Review. *Internet of Things and Artificial Intelligence Journal*, 4(2), 299–315. <https://doi.org/10.31763/iota.v4i2.727>
- Chen, G. Y., & Liu, C. C. (2009). Evaluating the location of tsunami sensors: Methodology and application to the northeast coast of Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic*

- Sciences*, 20(4), 563–571.
[https://doi.org/10.3319/TAO.2008.08.04.01\(T\)](https://doi.org/10.3319/TAO.2008.08.04.01(T))
- Chinnasamy, S., Naveen, J., Alphonse, P. J. A., Dhasarathan, C., & Sambasivam, G. (2022). Energy-Aware Multilevel Clustering Scheme for Underwater Wireless Sensor Networks. *IEEE Access*, 10, 55868–55875. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3177722>
- Esposito, M., Palma, L., Belli, A., Sabbatini, L., & Pierleoni, P. (2022). Recent Advances in Internet of Things Solutions for Early Warning Systems: A Review. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22062124>
- Febri saputra, S. (n.d.). *PROTOTYPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA GEMPA BUMI DAN TSUNAMI BERBASIS INTERNET OF THINGS*.
<https://www.amongguru.com/pengertian->
- Kao, C. C., Lin, Y. S., Wu, G. De, & Huang, C. J. (2017). A comprehensive study on the internet of underwater things: Applications, challenges, and channel models. *Sensors (Switzerland)*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/s17071477>
- Kawamoto, Y., Nishiyama, H., Kato, N., Yoshimura, N., & Yamamoto, S. (2014). Internet of things (IoT): Present state and future prospects. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E97D(10), 2568–2575. <https://doi.org/10.1587/transinf.2013THP0009>
- Latiefatul Millah, R., Hakim, R. J., Fajrian, A. H., & Kamelia, L. (2022). *ID: 15 DISTORY.ID: Strategi Mitigasi Bencana Alam Terpadu dengan Early Warning System Berbasis IoT (Internet of Things) DISTORY.ID: Integrated Natural Disaster Mitigation Strategy with Early Warning System Design Based on IoT (Internet of Things)*. 48–64.
- Manickam, S., & Yuhong, Y. (n.d.). *Using IOT Technology to Predict Tsunami*. <https://ssrn.com/abstract=4038625>
- Megawati, S., & Lawi, A. (n.d.). *Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia*.
- Pughazhendhi, G., Raja, A., Ramalingam, P., & Elumalai, D. K. (2019). Earthosys—tsunami prediction and warning system using machine learning and IoT. In *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies* (Vol. 28, pp. 103–113). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6459-4_12
- Sa. (2018). *BID : 2017 International Conference on Big Data, IoT and Data Science : 20-22 December 2017, Pune, India*. Institute of