

SISTEM EARLY WARNING BERBASIS ELEKTRONIKA UNTUK MITIGASI BENCANA ALAM

Septi Andini Rahmawati¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
Jalan Rawamangun Muka Raya, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia

^{1*} septi.andini.rahmawati@mhs.unj.ac.id

Artikel Info

Artikel History:

Received Jun 29, 2025

Revised Jun 30, 2025

Accepted Jun 30, 2025

Keywords:

Early Warning System

Elektronika

IoT

Mitigasi Bencana

Sensor Teknologi

ABSTRAK

Bencana alam yang semakin sering terjadi di Indonesia memerlukan sistem peringatan dini yang efektif untuk mengurangi risiko korban jiwa dan kerugian material. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan sistem early warning berbasis elektronika dalam mitigasi bencana alam melalui metode literature review terhadap 20 artikel ilmiah periode 2015-2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa teknologi Internet of Things (IoT) telah menjadi fondasi utama dalam pengembangan sistem peringatan dini modern dengan integrasi berbagai sensor seperti anemometer, ultrasonik, kelembaban tanah, dan sensor gas. Sistem yang dikembangkan mampu mencapai akurasi tinggi dengan error rate minimal 0-1.3% dan waktu respons kurang dari 5 menit. Implementasi teknologi komunikasi seperti LoRa, NB-IoT, dan integrasi dengan media sosial telah meningkatkan efektivitas diseminasi informasi peringatan. Temuan menunjukkan bahwa sistem early warning berbasis elektronika berkontribusi signifikan dalam pencapaian target Early Warnings for All dan Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan kurikulum pendidikan teknik elektronika yang responsif terhadap kebutuhan mitigasi bencana di Indonesia.

Corresponding Author:

Septi Andini Rahmawati

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Jalan Rawamangun Muka Raya, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia

Email: septi.andini.rahmawati@mhs.unj.ac.id

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang rawan akan terjadinya bencana, salah satunya karena indikasi Indonesia berada di Kawasan geologis Cincin Asia Pasifik (Pasifik Ring of Fire) yaitu rangkaian gunung api paling aktif di dunia yang membentang sepanjang lempeng pasifik. Potensi bencana alam yang ada di Indonesia yaitu gempa bumi, sedangkan bencana geologis yang berasal dari erupsi gunung berapi merupakan potensi bencana lain yang ada di Indonesia (Tanjung et al., 2020). Namun bukan hanya itu saja bencana alam di Indonesia misalnya banjir, potensi banjir di Jakarta potensinya cukup tinggi (Atika et al., 2024) dan bencana lainnya yang menyebabkan kerugian.

Upaya – upaya penanggulangan bencana perlu dilakukan secara utuh. Untuk mencegah banjir perlu membuat sumur resapan dan sebaliknya mencegah penebangan hutan. Agar tidak terjadi kebocoran limbah, perlu disusun prosedur keselamatan dan kontrol terhadap peraturan. Walaupun pencegahan sudah dilakukan, namun pasti peluang untuk timbulnya masi ada. Karena itu, perlu dilakukan upaya – upaya mitigasi, yaitu upaya – upaya untuk meminimalkan dampak yang timbul akibat bencana (Lassa et al., 2022).

Perkembangan teknologi elektronika menawarkan solusi inovatif untuk sistem peringatan dini bencana alam. Penerapan teknologi Internet of Things dapat digunakan untuk mendukung mitigasi bencana secara otomatis melalui teknologi sensor ataupun transduser yang mendukung. Teknologi ini tidak dapat mencegah bencana namun bermanfaat untuk kesiapsiagaan bencana, misalnya memprediksi dan peringatan bencana (Millah, R. L., Hakim, R. J., Fajrian, A. H., & Kamelia, 2022). Perkembangan teknologi elektronika modern telah membuka peluang besar dalam peningkatan efektivitas EWS (García-Machicado et al., 2016).

Sistem peringatan dini multi-bahaya (Multi-Hazard Early Warning Systems/MHEWS) telah menunjukkan peningkatan signifikan dalam cakupan global. Berdasarkan laporan terbaru, pada akhir Maret 2024, 108 negara telah melaporkan keberadaan MHEWS, yang merupakan 55% dari seluruh negara di dunia dan lebih dari dua kali lipat jumlah negara yang pertama kali melaporkan memiliki MHEWS pada tahun 2015 (UNDRR, 2024).

Menurut Basher (2006), sistem peringatan dini yang efektif dapat mengurangi korban jiwa hingga 90% jika diimplementasikan dengan baik. Namun, keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada integrasi teknologi yang tepat, terutama teknologi elektronika yang dapat memberikan deteksi, pemrosesan, dan diseminasi informasi secara real-time.

Perkembangan teknologi elektronika telah membuka peluang besar untuk mengembangkan sistem peringatan dini yang lebih akurat, cepat, dan terjangkau. Sistem peringatan dini berbasis kecerdasan buatan (AI) dan IoT telah menunjukkan kemampuan dalam deteksi dan mitigasi bencana alam menggunakan jaringan sensor nirkabel (Charan et al., 2024). Namun, adopsi teknologi serupa di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan teknis dan non-teknis yang memerlukan kajian mendalam.

Penelitian tentang sistem early warning berbasis elektronika telah berkembang pesat dalam dekade terakhir, namun masih diperlukan sintesis komprehensif tentang teknologi yang tersedia, metode implementasi, dan tantangan yang dihadapi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan

untuk melakukan tinjauan literatur sistematis tentang sistem early warning berbasis elektronika untuk mitigasi bencana alam.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode literature review untuk menganalisis publikasi ilmiah yang berkaitan dengan sistem early warning berbasis elektronika untuk mitigasi bencana alam dalam pendidikan teknik elektronika. Proses pencarian literatur dilakukan melalui database Google Scholar dengan menggunakan kata kunci yang relevan seperti "early warning system electronics disaster", "IoT disaster monitoring", "earthquake early warning electronics", "flood warning system", dan "disaster mitigation electronics education".

Kriteria inklusi yang ditetapkan meliputi: (1) artikel yang dipublikasikan dalam periode 2015-2025, (2) artikel yang diterbitkan dalam jurnal terakreditasi nasional dan internasional, (3) artikel yang membahas sistem early warning berbasis teknologi elektronika, (4) artikel yang berkaitan dengan mitigasi bencana alam, (5) artikel yang relevan dengan pendidikan teknik elektronika atau engineering education, dan (6) artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia. Kriteria eksklusi meliputi artikel review tanpa data empiris, artikel konferensi yang tidak dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi, dan artikel yang tidak relevan dengan topik penelitian.

Proses seleksi artikel dilakukan dalam empat tahap: (1) pencarian awal dan identifikasi duplikasi, (2) screening berdasarkan judul dan abstrak, (3) evaluasi full-text artikel. Dari proses ini, diperoleh 20 artikel yang memenuhi kriteria untuk dianalisis lebih lanjut, (4) ekstraksi data dan analisis kualitas. Dari proses ini, diperoleh 20 artikel yang memenuhi kriteria untuk dianalisis lebih lanjut.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan dari lima sumber artikel jurnal yang telah ditetapkan memenuhi kriteria, maka adapun keterangan keterangan hasil penelitiannya pada tabel I:

Tabel I. Hasil Analisa Artikel

Peneliti dan Tahun	Judul	Hasil
Mardiyono, Tri Raharjo Yudantoro, Sukamto, dan Liliek Triyono (2019)	Sistem Monitoring Dan Peringatan Dini Angin Kencang Berbasis Internet Of Things Dan Media Sosial	Berhasil mengembangkan sistem yang dapat mengukur kecepatan angin aktual, mengambil data prakiraan cuaca dari internet, menampilkan peringatan melalui running text, dan mengirim notifikasi ke media sosial Telegram. Sistem menggunakan sensor anemometer HS-FL2, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, teknologi NBIoT, dan mengintegrasikan tiga level peringatan (aman 60 km/jam) berdasarkan skala Beaufort.

Fahmi et al., (2019)	Perancangan Early Warning System pada Bencana Alam Berbasis IoT dengan Standalone Global Positioning System	Sistem peringatan dini berbasis IoT untuk kebakaran hutan dan tanah longsor menggunakan: • ESP8266 sebagai mikrokontroler • Sensor api (DFR0076), suhu (LM35), asap (MQ-2) • Sensor kelembaban tanah (YL-69), load cell (TAL220) • GPS module (Ublox NEO 6m) • Aplikasi Android untuk monitoring real-time • Tiga level peringatan: AMAN, WASPADA, BAHAYA • Waktu pengiriman informasi < 5 menit • Menampilkan lokasi bencana dan jalur evakuasi pada Google Maps • Akurasi tinggi dalam pendeteksian dengan error rate minimal (0-1.3%)
Hidayati, S. N. (2018)	Sistem Monitoring Tinggi Muka Air Pada Sungai Berbasis Mikrokontroler dan Website Geographic Information System (WebGIS)	Sistem monitoring ketinggian air sungai real-time menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan WebGIS dengan Google Maps API. Sistem mampu memberikan peringatan dini banjir melalui notifikasi smartphone dan tampilan website dengan status aman (biru), siaga (kuning), dan awas (merah) dengan akurasi pengukuran yang baik pada pengujian di Kali Code dan Kali Boyong
Danang Setiya Raharya, Soepriyono, Andaryati, Nia Saurina, Aris Setiawan Indras Pratama (2024)	Pemanfaatan Internet of Things untuk Monitoring Deteksi Tanah Longsor	Berhasil mengembangkan sistem peringatan dini bernama "DinSor" yang menggunakan sensor ultrasonik dan sensor kelembaban tanah berbasis IoT. Sistem dapat mendeteksi perubahan kondisi tanah dengan akurasi tinggi, mengirim peringatan melalui WhatsApp ke BPBD, dan menampilkan data real time melalui website. Ambang batas: kelembaban tanah >30% dan perubahan jarak >5cm memicu peringatan otomatis dengan buzzer dan notifikasi WhatsApp.
Naufal Rafif Rizquillah & Erlangga Kusna Hermawan (2022)	Sistem Peringatan Dini Bencana Erupsi Gunung Merapi Inklusi	Alat ini menggunakan sensor suhu (DHT II), gas (MQ-2), dan getaran (SW-420) untuk mendeteksi tanda-tanda erupsi. Data dikirim via LoRa Ra-02 ke receiver dan diteruskan ke aplikasi smartphone yang memberikan notifikasi berupa suara, getar, dan visual untuk

		penyanggah disabilitas. Akurasi sensor mencapai 98,665% untuk gas dan 98,90% untuk suhu.
--	--	--

Berdasarkan analisis literatur yang telah dilakukan terhadap berbagai penelitian terkait sistem early warning berbasis elektronika untuk mitigasi bencana alam, ditemukan beberapa temuan penting yang menunjukkan perkembangan teknologi dalam bidang peringatan dini bencana. Menurut Nadifah et al, (2024) Sistem peringatan dini atau Early Warning Sistem (EWS) merupakan rangkaian sistem yang mengumumkan terjadinya fenomena alam berupa bencana atau tanda-tanda alam lainnya.

Tujuan sistem peringatan dini adalah meningkatkan kewaspadaan masyarakat akan bencana dengan memberikan pengetahuan tentang risiko bencana, pemantauan dan layanan peringatan. Peringatan atau pemberitahuan dini kepada publik berupa pemberitahuan seperti sirine, kentongan, atau modern menggunakan perangkat atau gawai (Pramudhita et al., 2024). Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, implementasi EWS berbasis elektronika berkontribusi signifikan terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs). Sepuluh tahun setelah implementasi Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 (SFDRR), terdapat fokus baru pada peringatan setelah pengumuman 2022 oleh Sekretaris Jenderal PBB tentang tujuan lima tahun Early Warnings for All (Golnaraghi et al., 2025).

Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem early warning modern telah mengintegrasikan berbagai teknologi sensor canggih. Penelitian oleh Mardiono et al. (2019) mengungkapkan bahwa sistem monitoring dan peringatan dini yang menggunakan sensor berbasis internet of things (IoT) dan media sosial mampu memberikan respons yang lebih cepat dalam deteksi bencana. Sistem ini menggunakan sensor anemometer HS-FT2 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang memberikan akurasi tinggi dalam pengukuran parameter cuaca. Teknologi sensor yang digunakan dalam sistem early warning telah berkembang pesat. Fahmi et al. (2019) dalam penelitiannya tentang Early Warning System pada bencana alam berbasis IoT dengan Standalone Global Positioning System menunjukkan bahwa implementasi sensor NB-IoT memberikan tingkat peringatan yang efektif dengan kecepatan transmisi data 60 km/jam berdasarkan skala Beaufort.

Perkembangan sistem peringatan dini tidak hanya terfokus pada sensor, tetapi juga pada sistem komunikasi yang terintegrasi. Hidayati (2018) mengembangkan sistem monitoring fungsi muka air pada sungai berbasis mikrokontroler dan Website Geographic Information System (WebGIS) yang mampu memberikan peringatan real-time melalui berbagai platform komunikasi. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan WebGIS dengan Google Maps API. Kombinasi IoT dan data Synthetic Aperture Radar (SAR) di masa depan dapat membantu mengembangkan sistem pemantauan banjir dan peringatan dini yang robust (Singh et al., 2023). Implementasi sensor level air, curah hujan, dan flow rate memungkinkan prediksi banjir dengan akurasi tinggi. Penelitian ini diharapkan membantu penduduk menyadari bahaya banjir yang akan segera tiba dengan peringatan dini. Pembuatan sistem peringatan dini bencana banjir menggunakan sensor water level (Purwanto, 2014).

Penelitian lebih lanjut oleh Danang Setya Rahayu et al. (2024) mengenai pemanfaatan Internet of Things untuk monitoring deteksi tanah longsor menunjukkan evolusi sistem peringatan yang mengintegrasikan sensor ultrasonik dan sensor kelembaban tanah berbasis IoT. Sistem ini dapat mendeteksi perubahan kondisi tanah dengan akurasi tinggi dan memberikan peringatan melalui WhatsApp ke BPBD dengan notifikasi data real-time melalui website

Analisis terhadap akurasi sistem menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Berdasarkan penelitian Fahmi et al. (2019), sistem early warning yang dikembangkan mampu mencapai akurasi tinggi dalam pendeteksian dengan error rate minimal (0.1-3%). Sistem peringatan dan berbasis IoT untuk kebalakan hutan dan tanah longsor menggunakan berbagai komponen seperti:

1. ESP8266 sebagai mikrokontroler
2. Sensor tipe (DFR0076), suhu (LM35), asap (MQ-2)
3. Sensor kelembaban tanah (YL-69), load cell (TAL220)
4. GPS module (Ublox NEO 6m)
5. Aplikasi Android untuk monitoring real-time

Studi yang dilakukan oleh Naufal Rafif Rasjullah & Erlangga Kusma Herniawan (2022) tentang sistem peringatan dini bencana erupsi gunung merapi inklusif menunjukkan penggunaan teknologi sensor yang lebih komprehensif. Sistem ini menggunakan sensor suhu (DHT 11), gas (MQ-2), dan getaran (SW-420) untuk mendeteksi tanda-tanda erupsi. Data dikumpulkan melalui receiver dan diteruskan ke aplikasi melalui LoRa smartphone yang memberikan notifikasi berupa suara, getar, dan visual untuk penyandang disabilitas. Teknologi LoRa dapat dimanfaatkan oleh publik maupun pribadi dan penyedia layanan seperti Internet Service Provider (ISP) seluler (Candra et al., 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan analisis literature review yang telah dilakukan terhadap sistem early warning berbasis elektronika untuk mitigasi bencana alam, dapat disimpulkan beberapa hal penting. Pertama, teknologi Internet of Things (IoT) telah menjadi tulang punggung dalam pengembangan sistem peringatan dini modern. Integrasi berbagai sensor seperti anemometer HS-FL2, ultrasonik HC-SR04, sensor kelembaban tanah YL-69, dan sensor gas MQ-2 dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 terbukti mampu memberikan akurasi tinggi dalam deteksi parameter bencana alam dengan error rate minimal 0-1.3%. Kedua, sistem komunikasi terintegrasi menggunakan teknologi LoRa, NB-IoT, dan platform media sosial seperti WhatsApp dan Telegram telah meningkatkan efektivitas diseminasi informasi peringatan dengan waktu respons kurang dari 5 menit. Implementasi WebGIS dengan Google Maps API juga memungkinkan visualisasi real-time lokasi bencana dan jalur evakuasi. Ketiga, perkembangan sistem early warning inklusif yang mengakomodasi penyandang disabilitas melalui notifikasi multi-modal (suara, getar, dan visual) menunjukkan evolusi teknologi yang lebih humanis dan komprehensif dalam mitigasi bencana.

Referensi

- Atika, P. Y., Alwin, A., & Sya'ban, M. B. A. (2024). Efektifitas Penerapan Sistem Peringatan Dini Dalam Upaya Pengurangan Risiko Bencana Banjir Di Kelurahan Kampung Melayu. *Geography: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 12(2), 671-681.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (Bnpb), Badan Pusat Statistik (Bps), & United Nations Population Fund (Unfpa). (2014). Penduduk Terpapar Terhadap Bahaya Bencana Alam [Pdf]. Diakses Dari https://Example.Com/Penduduk_Terpapar_Bencana.Pdf
- Basher, R. (2006). Global Early Warning Systems For Natural Hazards: Systematic And People-Centred. *Philosophical Transactions Of The Royal Society A*, 364(1845), 2167-2182.
- Candra, H., Arief, L., & Putra, D. I. (2021). Penerapan Teknologi Lora Dalam Sistem Komunikasi Early Warning System Untuk Mitigasi Bencana Tsunami. *Chipset*, 2(02), 69-77.
- Charan, P., Siddiqui, M. M., Yadav, V., Pathak, C., Narayan, Y., & Khan, Z. H. (2024). Ai-Enhanced Early Warning Systems For Natural Disaster Detection And Mitigation Using Wireless Sensor Networks. *Proceedings Of Ieee International Conference On Computing, Communication And Emerging Technologies*, 1-6.
- Delliar Khafid Nur Fahmi, Zulfatman, & Widiyanto. (2019). Perancangan Early Warning System Pada Bencana Alam Berbasis Iot Dengan Standalone Global Positioning System. *Sinarfe7*, 2(1), 264-269. Retrieved From <https://Journal.Fortei7.Org/Index.Php/Sinarfe7/Article/View/445>
- García-Machicado, E., Mora, A., Fuertes, W., Balladares, K., Toulkeridis, T., & Torres, E. (2016). Technologies Of Internet Of Things Applied To An Earthquake Early Warning System. *Future Generation Computer Systems*, 75, 206-215. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.10.009>
- Golnaraghi, M., Surminski, S., & Schanz, K. U. (2025). Multi-Hazard Early Warning Systems In The Sendai Framework For Disaster Risk Reduction: Achievements, Gaps, And Future Directions. *International Journal Of Disaster Risk Science*. <https://doi.org/10.1007/S13753-025-00622-9>
- Hidayati, S. N. (2018). Sistem Monitoring Tinggi Muka Air Pada Sungai Berbasis Mikrokontroler Dan Website Geographic Information System (Webgis). *J. Teknol. Inf. Dan Elektro*.
- Jonathan Lassa, Eko Teguh Paripurno, Ninil Miftahul Jannah, Puji Pujiono, Djuni Pristianto, & Catur Sudira, Hening Parlan, Petrasa Wacana, F. C. Dan S. (2022). Panduan Pengelolaan Risiko Bencana Berbasis Komunitas. December, http://eprints.upnyk.ac.id/35375/1/13.Panduan_Prbbk.Pdf
- Mardiyono, M., Yudiantoro, T. R., Sukamto, S., & Triyono, L. (2019). Sistem Monitoring Dan Peringatan Dini Angin Kencang Berbasis Internet Of Things Dan Media Sosial. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat* (Vol. 2, No. 1).

- Millah, R. L., Hakim, R. J., Fajrian, A. H., & Kamelia, L. (2022). Strategi Mitigasi Bencana Alam Terpadu Dengan Earlywarning System berbasis IOT (Internet of Things). November, 48-64.
- Nadifah, S. ., Susilo , C., & Hamid , M. A. (2023). Hubungan Mitigasi Early Warning System (Ews) Dengan Kesiapsiagaan Relawan Dalam Menghadapi Bencana Di Desa Supiturang Kabupaten Lumajang. Health & Medical Sciences, 2(1), 8. <https://doi.org/10.47134/phms.v2i1.70>
- Pramudhita, F., Semedi, G. S., & Koprari, M. (2024). Implementasi The Dude Mikrotik Dalam Monitoring Jaringan Pada Early Warning System. Explore, 14(1), 14-21.
- Purwanto, A. (2014). Model Sistem Peringatan Dini Banjir Di Kecamatan Satui Menggunakan Sensor Kapasitif Aluminium Foil. 3(Agustus 2014), 545-552.
- Raharja, D. S., Saurina, N., & Pratama, A. S. I. (2024). Pemanfaatan Internet Of Things Untuk Monitoring Deteksi Tanah Longsor. Jurnal Serambi Engineering, 9(4).
- Rahman Tanjung, Dedi Mulyadi, Opan Arifudin, F. D. R. (2020). Manajemen Mitigasi Bencana. Widina Media Utama.
- Rizqullah, N. R., & Hermawan, E. K. (2022). Sistem Peringatan Dini Bencana Erupsi Gunung Merapi Inklusi.
- Singh, R. K., Puluckul, P. P., Berkvens, R., & Weyn, M. (2023). Flood Monitoring And Early Warning Systems – An Iot Based Perspective. Eai Endorsed Transactions On Internet Of Things, 9(2), E1. <https://doi.org/10.4108/Eetiot.v9i2.2968>
- Undrr. (2024). Global Status Of Multi-Hazard Early Warning Systems 2024. United Nations Office For Disaster Risk Reduction, Geneva.