

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat risiko bencana gempa bumi yang tinggi karena terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Dalam sepuluh tahun terakhir, Indonesia mengalami 145 kejadian gempa bumi yang menyebabkan kerusakan signifikan terhadap infrastruktur dan mengancam keselamatan masyarakat (BNPB, 2023). Bencana ini tidak hanya menyebabkan kerusakan pada rumah penduduk, tetapi juga berdampak pada berbagai fasilitas publik. Pada tahun 2023 saja, tercatat sebanyak 47.214 rumah mengalami kerusakan, 1.291 fasilitas publik terdampak. Selain itu, sebanyak 258 jembatan mengalami kerusakan, 5.795 orang mengalami luka-luka, dan 275 orang meninggal dunia akibat gempa bumi tersebut.

Gempa bumi terjadi akibat aktivitas patahan lempeng bumi. Gempa bumi merupakan bencana yang terjadi secara tiba-tiba, sehingga masyarakat sering kali tidak memiliki cukup waktu untuk melindungi diri. Selain itu, prediksi lokasi, waktu, dan besarnya gempa bumi masih menjadi tantangan karena prosesnya melibatkan interaksi kompleks antara materi dan energi di bawah permukaan bumi. Gempa bumi juga dapat memicu bencana lain seperti tsunami, yang terjadi akibat perubahan permukaan laut secara tiba-tiba akibat gempa bawah laut.

Salah satu gempa bumi besar yang terjadi di Indonesia adalah gempa bumi Mamuju pada 15 Januari 2021 dengan magnitudo 6,2 yang mengakibatkan 105 korban meninggal dan 6.489 orang mengalami luka-luka. Selain itu, Indonesia juga pernah mengalami salah satu gempa terbesar di dunia, yakni gempa bumi di Aceh pada tahun 2004 dengan magnitudo 9,1 SR. Bencana gempa lainnya yang signifikan terjadi di Lombok, Nusa Tenggara Barat, pada 28 Juli 2018 dengan magnitudo 6,4, yang kemudian disusul oleh gempa bermagnitudo 5,9 pada 9 Agustus 2018, dan gempa besar dengan magnitudo 6,9 pada 19 Agustus 2018 (BNPB, 2018). Rentetan gempa ini menunjukkan bahwa kesiapsiagaan dan mitigasi bencana harus menjadi prioritas dalam kebijakan kebencanaan nasional, khususnya di daerah rawan gempa.

Untuk mengurangi risiko bencana, pemerintah Indonesia telah mengatur strategi mitigasi dalam Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) telah melakukan pemetaan risiko bencana di seluruh wilayah Indonesia serta mengembangkan berbagai alat pendeteksi gempa bumi, seperti *seismometer* (untuk mencatat aktivitas seismik), *accelerograf* (merekam guncangan tanah), dan

intensitymeter (mengukur intensitas gempa), (BNPB, 2024). Namun, alat-alat seperti seismometer, accelerometer, dan intensitimeter umumnya hanya bekerja secara reaktif—yaitu setelah gempa terjadi—dan bukan sebagai sistem peringatan dini. Kondisi ini menyebabkan masyarakat tidak memiliki cukup waktu untuk melakukan evakuasi. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan yang mampu mendeteksi tanda-tanda awal dan mengirimkan informasi secara real-time. Sistem monitoring berbasis jaringan sensor dan *Wireless Network System (WNS)* telah mulai dikembangkan untuk mendukung mitigasi bencana lebih proaktif (Chandrakumar et al., 2022).

Kabupaten Trenggalek, yang terletak di Provinsi Jawa Timur, merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi bencana tinggi. Wilayah ini didominasi oleh perbukitan dan pegunungan, yang membuatnya rentan terhadap berbagai bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor, banjir, kebakaran hutan (BNPB, 2024). Oleh karena itu, upaya mitigasi bencana di daerah ini menjadi sangat penting. Salah satu tantangan dalam mitigasi bencana di Kabupaten Trenggalek adalah kurangnya sistem peringatan dini (*Early Warning System/EWS*) yang dapat membantu masyarakat dan pemerintah dalam mengambil langkah mitigasi yang cepat dan efektif.

Mitigasi bencana merupakan langkah strategis dalam mengurangi risiko dampak gempa terhadap bangunan dan keselamatan manusia. Salah satu metode mitigasi yang dapat diterapkan adalah melalui penggunaan teknologi *Wireless Network System (WNS)* berbasis sensor regangan menggunakan teknologi Arduino.

Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan sistem peringatan dini (*Early Warning System/EWS*) berbasis sensor regangan dengan teknologi Arduino menjadi salah satu solusi yang potensial. Sistem ini memungkinkan deteksi dini terhadap kerusakan struktur bangunan, sehingga dapat digunakan untuk memantau umur bangunan serta meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap risiko gempa bumi. Alasan utama pemilihan alat ini adalah kemampuannya dalam memberikan informasi *real-time* terkait kondisi bangunan, sehingga dapat membantu masyarakat dan pemerintah dalam mengambil langkah mitigasi yang cepat dan efektif. Selain itu, alat ini memiliki biaya yang relatif terjangkau dibandingkan dengan sistem pemantauan gempa lainnya, sehingga dapat diterapkan secara luas di daerah rawan gempa seperti Kabupaten Trenggalek. Adapun alat ini selain berfungsi sebagai alat deteksi dini kerusakan struktur bangunan, alat ini juga dapat mendeteksi regangan yang ditimbulkan akibat adanya bencana gempa bumi. Dalam mitigasi bencana, alat ini dapat langsung mengirim pesan notifikasi kepada pemilik alat. Ketika kondisi struktur bangunan tidak sehat dan terkena getaran akibat gempa, maka notifikasi akan memunculkan informasi untuk segera keluar dari bangunan.

Implementasi sistem ini memerlukan tenaga ahli mekanik dan elektrik untuk pemasangan dan pemeliharaannya. Saat ini, alat tersebut sudah tersedia di berbagai platform *e-commerce*, tetapi masih dibutuhkan tenaga profesional untuk mengaplikasikannya dengan tepat. Pemasangan sistem EWS pada bangunan yang dibangun oleh pemerintah dapat meningkatkan mutu pelayanan PUPR dan BNPB daerah, khususnya di Kabupaten Trenggalek. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi gempa bumi dan meminimalkan dampak kerusakan serta korban jiwa.

Dalam implementasinya, penting untuk memperhatikan hak akses dan regulasi etik dalam penggunaan sistem mitigasi berbasis WNS. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, dan Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 menegaskan bahwa BPBD bertanggung jawab untuk menyebarluaskan informasi kebencanaan secara cepat dan akurat. Oleh karena itu, pengembangan sistem mitigasi berbasis WNS harus memastikan aksesibilitas yang mudah dan *real-time* bagi masyarakat dan pihak berwenang.

Dalam era teknologi modern, pemanfaatan teknologi untuk keselamatan manusia menjadi suatu kebutuhan. *Wireless Network System (WNS)* merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam sistem mitigasi bencana. Teknologi ini memungkinkan transmisi data secara nirkabel melalui gelombang elektromagnetik, seperti radio, inframerah, *Bluetooth*, dan jaringan seluler 4G atau 5G. Keuntungan utama dari sistem nirkabel ini adalah fleksibilitasnya yang tinggi serta kemampuannya untuk mengurangi keterbatasan penggunaan kabel.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan terkait penerapan teknologi EWS dalam mitigasi bencana. (Adiprana, n.d.) mengembangkan sistem EWS berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk bencana longsor di Desa Sambungrejo, Magelang. Penelitian lain (Wandi & Ashari, 2023) mengembangkan sistem EWS untuk bencana banjir, yang hingga saat ini masih dalam bentuk prototipe dan belum diterapkan secara luas. Sementara itu, (Desifatma et al., 2022) mengembangkan teknologi EWS untuk gempa bumi, tetapi belum di uji kesiapterapannya. (Aditama et al., 2024) juga mengembangkan EWS dengan sensor regangan untuk konstruksi bangunan, yang telah teruji dan dipatenkan, namun belum diterapkan di Kabupaten Trenggalek.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan berfokus pada analisis kesiapterapan sistem mitigasi bencana berbasis WNS di Kabupaten Trenggalek. Meskipun alat EWS dengan teknologi sensor regangan telah dikembangkan dan tersedia, namun belum ada kajian mendalam mengenai sejauh mana kesiapan pihak-pihak yang terlibat, baik dari sisi sumber daya manusia,

kebijakan, maupun infrastruktur, untuk mengadopsi teknologi tersebut secara cepat dan tepat. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengevaluasi tingkat kesiapterapan adopsi sistem secara menyeluruh dengan menggunakan skala *Likert* dan metode *Exploratory Factor Analysis (EFA)*.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Kabupaten Trenggalek merupakan daerah rawan bencana, khususnya gempa bumi, sehingga dibutuhkan sistem mitigasi bencana yang cepat dan tanggap seperti *Early Warning System (EWS)* berbasis *Wireless Network System (WNS)*.
2. Teknologi EWS berbasis *Wireless Network System (WNS)* telah dikembangkan dan diuji dalam skala laboratorium, namun belum diimplementasikan secara nyata di lapangan.
3. Belum ada pengujian mengenai kesiapan penerapan teknologi EWS berbasis *Wireless Network System (WNS)*, baik dari sisi kesiapan masyarakat, kelembagaan, maupun dukungan instansi, sehingga dibutuhkan kajian untuk mengukur tingkat kesiapterapannya.

1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana persepsi kesiapan penerapan sistem mitigasi bencana berbasis *Wireless Network System (WNS)* di Kabupaten Trenggalek?
2. Faktor-faktor utama apa saja yang memengaruhi kesiapterapan penggunaan alat pendeteksi gempa berbasis WNS di Kabupaten Trenggalek dengan metode *Exploratory Factor Analysis (EFA)*??

1.4. Tujuan

1. Mengukur persepsi kesiapan penerapan sistem mitigasi bencana berbasis teknologi *Wireless Network System (WNS)* di Kabupaten Trenggalek.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi kesiapterapan penggunaan alat pendeteksi gempa berbasis WNS di Kabupaten Trenggalek berdasarkan hasil *Exploratory Factor Analysis (EFA)*.

1.5. Batasan Masalah

1. Wilayah lingkup kajian penelitian di Kabupaten Trenggalek

2. Sistem mitigasi bencana berteknologi EWS (*Early Warning System*) yang digunakan adalah EWS berbasis WNS (*Wireless Network System*) dengan penggunaan alat deteksi regangan pada beton bertulang untuk mengetahui kerusakan Konstruksi bangunan.

1.6. **Manfaat**

1. Manfaat Akademis / Keilmuan
 - a. Penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan kajian ilmiah di bidang mitigasi bencana gempa bumi, khususnya dengan penerapan teknologi EWS (*Early Warning System*) berbasis WNS (*Wireless Network System*).
 - b. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi peneliti lain dalam mengembangkan atau mengaplikasikan teknologi EWS untuk mitigasi bencana di wilayah lain yang memiliki risiko tinggi terhadap gempa bumi.
 - c. Memberikan pemahaman baru tentang integrasi teknologi IoT dan WNS (*Wireless Network System*), dalam manajemen risiko bencana serta aplikasinya dalam sistem konstruksi bangunan di wilayah rawan gempa.
 - d. Meningkatkan pemahaman akademisi tentang pentingnya kajian teknologi mitigasi bencana dalam membantu pemerintah dan masyarakat menghadapi potensi kerugian akibat gempa bumi.
 - e. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kesiapan teknologi tidak serta merta menjamin keberhasilan implementasi di lapangan, karena kesiapterapan sistem sangat dipengaruhi oleh kebutuhan pengguna dan kemauan masyarakat untuk menerima serta mengoperasikan alat tersebut secara aktif.
2. Manfaat Praktis
 - a. Penelitian ini dapat memberikan solusi praktis untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan pemerintah Kab.Trenggalek melalui implementasi teknologi mitigasi bencana yang lebih efektif.

- b. Memberikan rekomendasi yang aplikatif tentang pemasangan dan operasional alat EWS berbasis WNS, sehingga memudahkan instansi pemerintah, seperti BNPB dalam mengambil langkah mitigasi.
- c. Memungkinkan penerapan sistem deteksi dini yang lebih canggih, sehingga risiko kerusakan bangunan, korban jiwa, dan kerugian material dapat diminimalkan secara signifikan.
- d. Mendorong peningkatan kualitas infrastruktur bangunan di Kabupaten Trenggalek melalui penerapan teknologi berbasis WNS sebagai langkah mitigasi jangka panjang.
- e. Meningkatkan pemahaman dan partisipasi masyarakat terhadap teknologi mitigasi bencana, sehingga mereka lebih siap menghadapi potensi gempa bumi di masa depan.
- f. Menunjukkan pentingnya pendekatan edukatif dan sosialisasi dalam memperkuat penerimaan teknologi baru oleh masyarakat.
- g. Dari perspektif ilmu manajemen, penelitian ini memberikan kontribusi lintas bidang. Dalam manajemen pemasaran, hasil penelitian dapat dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan strategi promosi dan edukasi kepada masyarakat di daerah rawan bencana. Dalam manajemen proyek, sistem ini dapat diterapkan baik pada tahap konstruksi maupun pasca-konstruksi untuk meningkatkan keamanan serta efisiensi pelaksanaan pekerjaan. Dalam manajemen risiko, sistem ini berfungsi sebagai peringatan dini terhadap potensi kerusakan struktur, sehingga risiko kegagalan dapat diminimalkan sejak awal. Selanjutnya, dalam manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3), teknologi ini berperan dalam mencegah kecelakaan kerja sekaligus memperkuat sistem tanggap darurat. Terakhir, dalam manajemen mutu, data regangan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai instrumen *quality control* untuk memastikan struktur bangunan memenuhi standar dan spesifikasi teknis yang ditetapkan.