

## **BAB I**

### **LATAR BELAKANG**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah salah satu negara yang rentan terhadap fenomena bencana alam. Hal ini dapat terjadi karena wilayah Indonesia dilintasi oleh cincin api Pasifik atau *ring of fire*. Kondisi ini mengakibatkan Indonesia sering mengalami bencana alam seperti gempa bumi dan letusan vulkanik. Selain itu, karakteristik topografi Indonesia, terutama banyaknya daerah yang bergunung, menjadi salah satu penyebab utama terjadinya tanah longsor (Setiawan *et al.*, 2022). Berbagai upaya untuk mendeteksi (Kristanto, 2023), guna mengurangi kerusakan, pencegahan dan evakuasi gempa yang diintegrasikan dengan IoT telah banyak dilakukan (Hakim and Hasibuan, 2022).

*Internet of things* (IoT) merupakan sebuah inovasi yang membuat alat-alat fisik yang dilengkapi sensor, program, dan koneksi jaringan dapat terhubung satu sama lain dan berbagi informasi secara otomatis untuk mendukung berbagai aplikasi dalam pengawasan, pengendalian, dan otomatisasi di berbagai bidang kehidupan (Baharuddin *et al.*, 2024). IoT juga dikenal sebagai sebuah teknologi yang memfasilitasi pengumpulan serta analisis data waktu nyata dari alat dan sensor yang saling terhubung, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengawasan dan pengambilan keputusan tanpa intervensi manusia secara langsung (Wahidin, 2025). Kombinasi IoT dengan *Fuzzy Logic* juga banyak dilakukan untuk memberikan respon sistem waktu yang cepat dan akurat dalam klasifikasi awal mitigasi gempa (Qazvin Branch, Islamic Azad University *et al.*, 2024).

Dari berbagai penelitian mengenai rancangan alat pendeteksi gempa, ada beberapa sensor yang digunakan antara lain sensor *Accelerometer* (ADXL345) (Siregar *et al.*, 2022), sensor Getaran (SW-420) (Putra and Sukarno, 2025) dan lainnya. Adapun sensor kemiringan (TILT) adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi

perubahan sudut atau posisi objek terhadap arah gravitasi (Anggraeni *et al.*, 2025). Sensor ini biasa ditemui pada alat pendeteksi longsor (Sheikh *et al.*, 2021), dalam konteks alat pendeteksi gempa, sensor ini berfungsi sebagai indikator perubahan kemiringan tanah atau struktur yang terjadi akibat getaran gempa, sehingga data kemiringan bisa mendukung klasifikasi kondisi gempa bersama data getaran dari *accelerometer* (Bai *et al.*, 2025).

Pada sistem *early warning* bencana alam berbasis elektronika untuk beberapa kasus juga digunakan modul LoRa untuk meningkatkan efektifitas dalam diseminasi informasi peringatan. Salah satunya yaitu penerapan LoRa dalam kasus bencana alam seperti Erupsi Gunung Merapi yang telah dilakukan oleh Naufal Rafif Rizquillah dan Erlangga Kusna Hermawan (2022) (Rizquillah and Hermawan, 2022). Namun, belum ditemukan penelitian penerapan modul LoRa pada rancang bangun alat pendeteksi gempa yang berbasis IoT dan menggunakan metode Fuzzy Logic. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan modul LoRa pada alat pendeteksi gempa berbasis IoT dengan metode *Fuzzy logic*.

Dengan Demikian, penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Gempa Bumi Berbasis IoT Menggunakan Metode *fuzzy logic* dan Komunikasi LoRa" bertujuan untuk memberikan peringatan bahaya sesuai dengan kondisi yang telah diklasifikasikan. Inovasi ini dilakukan dalam upaya untuk meningkatkan efektifitas dalam diseminasi informasi peringatan pendeteksi gempa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem pendeteksi gempa bumi berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor ADXL345, sensor piezoelectric, dan LoRa?
2. Bagaimana menerapkan metode Fuzzy Logic untuk menentukan status gempa berdasarkan data sensor?

3. Bagaimana membangun sistem monitoring berbasis web untuk menampilkan data sensor secara real-time?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan dapat diselesaikan dengan baik, maka ditetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang hanya berfungsi untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan intensitas getaran menggunakan *Peak Ground Acceleration (PGA)* , serta tidak digunakan untuk menentukan magnitudo gempa dalam skala *Richter*.
2. Parameter masukan sistem terbatas pada data getaran yang diperoleh dari sensor *accelerometer* (dan/atau sensor getaran tambahan) serta data kemiringan yang diperoleh dari sensor TILT.
3. Metode pengolahan data yang diterapkan dalam sistem ini adalah metode *fuzzy logic*, tanpa menggunakan metode perhitungan RMS atau ambang batas tetap (*fixed threshold*) sebagai dasar utama klasifikasi.
4. Sistem hanya mengklasifikasikan tingkat intensitas getaran ke dalam beberapa kategori tertentu (misalnya: Normal, Waspada, dan Bahaya) dan tidak dirancang untuk memprediksi waktu terjadinya gempa bumi.
5. Proses pengiriman data dilakukan menggunakan modul komunikasi LoRa dalam cakupan jangkauan sesuai spesifikasi perangkat prototipe yang digunakan.
6. Pengujian sistem dilakukan dalam skala laboratorium atau simulasi getaran, sehingga tidak mencakup pengujian pada kondisi gempa bumi alami secara langsung.
7. Sistem yang dikembangkan belum terintegrasi dengan sistem peringatan dini nasional atau lembaga resmi penanggulangan bencana.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Merancang dan membangun sistem pendeteksi gempa bumi berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor ADXL345, sensor piezoelectric, dan LoRa.
2. Menerapkan metode Fuzzy Logic untuk menentukan status gempa berdasarkan data sensor.
3. Mengembangkan sistem monitoring berbasis web yang dapat menampilkan data sensor secara real-time.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

Bagi Peneliti: Penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengalaman dalam merancang serta mengimplementasikan sistem pendeteksi gempa berbasis *Internet of things* (IoT), khususnya dalam penerapan sensor akselerasi (*accelerometer*), sensor getaran (*Piezoelectric*), sensor kemiringan (*TILT*), komunikasi LoRa, serta metode *fuzzy logic* untuk klasifikasi intensitas getaran.

1. Bagi Masyarakat/Pengguna: Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi sistem peringatan dini gempa skala lokal yang mampu memberikan informasi intensitas getaran secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan kewaspadaan dan kesiapsiagaan terhadap potensi bencana.
2. Bagi Intansi Atau Lembaga Terkait: Penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem *monitoring* aktivitas getaran tanah berbasis sensor terdistribusi, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada tingkat lokal.
3. Bagi Institusi Pendidikan: Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dan bahan pembelajaran dalam pengembangan sistem tertanam (*embedded system*), IoT, serta penerapan metode kecerdasan buatan sederhana seperti *fuzzy logic* pada sistem deteksi bencana.
4. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan: Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi sistem peringatan

dini berbasis IoT, khususnya dalam penerapan metode *fuzzy logic* tanpa ambang batas tetap (*fixed threshold*) untuk klasifikasi intensitas getaran tanah.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan metodologi berikut:

### 1. Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi berupa buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pendeteksi gempa, sensor *accelerometer*, sensor *piezoelectric*, modul GPS, teknologi *Internet of things* (IoT), komunikasi LoRa, serta metode *fuzzy logic*.

### 2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem pendeteksi gempa berbasis IoT yang meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras mencakup pemilihan dan integrasi sensor Percepatan (*accelerometer*), sensor getaran (*Piezoelectric*), mikrokontroler, serta modul komunikasi LoRa. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan algoritma *fuzzy logic* (fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi), pengolahan data sensor, serta perancangan sistem pengiriman dan *monitoring* data.

### 3. Implementasi dan Pembuatan Prototipe

Tahap implementasi dilakukan dengan merealisasikan hasil perancangan ke dalam bentuk prototipe sistem pendeteksi gempa. Proses ini meliputi Perakitan perangkat keras, Pemrograman mikrokontroler, Integrasi sensor *accelerometer* dan sensor *Piezoelectric*, Implementasi algoritma *fuzzy logic*, Konfigurasi modul LoRa untuk komunikasi data

### 4. Pengujian dan Analisis

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja prototipe dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan intensitas getaran tanah. Pengujian meliputi pengujian pembacaan sensor getaran dan kemiringan, pengujian

klasifikasi menggunakan metode *fuzzy logic*, pengujian pengiriman data melalui LoRa, evaluasi kestabilan dan *respons system*. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi klasifikasi, konsistensi pembacaan sensor, serta keandalan sistem secara keseluruhan.

## 5. Pelaporan

Tahap pelaporan merupakan tahap akhir yang dilakukan dengan mendokumentasikan seluruh proses penelitian, mulai dari studi literatur, perancangan, implementasi, hingga pengujian dan analisis hasil. Laporan disusun dalam bentuk skripsi sesuai dengan sistematika penulisan yang berlaku dan diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan sistem peringatan dini berbasis IoT di masa mendatang.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pemahaman pembahasan dalam skripsi ini, sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN :**

Bab ini memuat landasan awal penelitian, yang mencakup latar belakang sebagai penjelasan mengenai pentingnya topik yang diangkat, rumusan masalah dan batasan masalah sebagai fokus kajian, serta tujuan dan manfaat penelitian yang ingin dicapai. Selain itu, bab ini juga menjelaskan metode penelitian yang digunakan dan diakhiri dengan sistematika penulisan yang menggambarkan susunan keseluruhan skripsi.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA :**

Bab ini membahas teori-teori yang relevan sebagai landasan penelitian, seperti konsep *Internet of things* (IoT) serta teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan sistem yang dikembangkan. Selain itu, bab ini juga memuat tinjauan terhadap penelitian terdahulu yang sejenis sebagai bahan referensi dan perbandingan dalam proses pengembangan sistem.

#### **BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN :**

Bab ini memaparkan tahapan analisis dan perancangan sistem yang dikembangkan. Uraian mencakup analisis kebutuhan sistem, baik dari aspek perangkat keras maupun perangkat lunak. Selain itu, dijelaskan pula perancangan arsitektur sistem serta pemodelan menggunakan berbagai diagram, seperti *flowchart*, hingga perancangan antarmuka pengguna.

#### **BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN:**

Bab ini membahas penerapan sistem yang telah dirancang, baik dari sisi perangkat keras seperti integrasi sensor ADXL345, piezo, GPS, dan modul LoRa, maupun perangkat lunak yang mencakup pemrograman mikrokontroler, penerapan metode Fuzzy Logic, serta pengolahan dan penyimpanan data pada sistem web. Pada bagian pengujian dilakukan beberapa tahap, yaitu pengujian blackbox, pengujian kompatibilitas, dan pengujian fuzzy logic untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan tingkat getaran menjadi kategori aman, waspada, dan bahaya berdasarkan data sensor yang diperoleh.

#### **BAB V KESIMPULAN:**

Bab ini berisi rangkuman dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Pada bagian ini dijelaskan apakah sistem pendeteksi gempa berbasis IoT dengan metode Fuzzy Logic yang dibangun telah berjalan sesuai dengan tujuan, yaitu mampu membaca data sensor ADXL345 dan piezo, mengirimkan data melalui LoRa, serta mengklasifikasikan tingkat getaran menjadi kategori aman, waspada, dan bahaya secara tepat. Selain itu, kesimpulan juga mencakup evaluasi terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem serta kinerjanya secara keseluruhan.