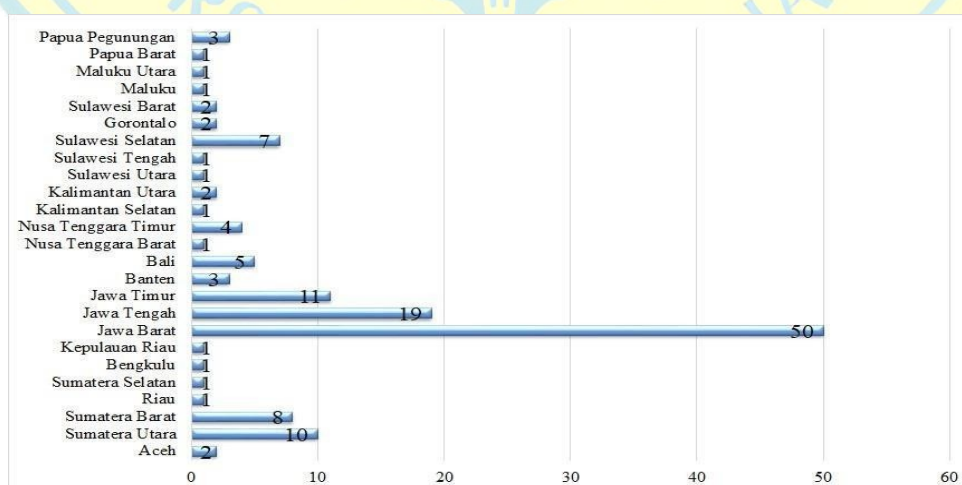


BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerawanan bencana tanah longsor yang tinggi karena kondisi geografis yang didominasi oleh wilayah pegunungan dan perbukitan. Tingginya intensitas curah hujan, kondisi geologi, serta perubahan tata guna lahan menyebabkan banyak wilayah memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap kejadian tanah longsor. Bencana ini tidak hanya mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan lingkungan, tetapi juga menimbulkan kerugian ekonomi serta korban jiwa sehingga diperlukan sistem pendukung pemantauan awal potensi tanah longsor yang mampu memberikan informasi awal mengenai potensi tanah longsor berdasarkan parameter yang dipantau. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, tercatat sebanyak 139 kejadian tanah longsor di Indonesia yang tersebar di berbagai provinsi. Provinsi Jawa Barat merupakan wilayah dengan jumlah kejadian tertinggi, yaitu sebanyak 50 kejadian, diikuti Jawa Tengah sebanyak 19 kejadian, Jawa Timur sebanyak 11 kejadian, Sumatera Utara sebanyak 10 kejadian, Sumatera Barat sebanyak 8 kejadian, serta Sulawesi Selatan sebanyak 7 kejadian. Data tersebut menunjukkan bahwa tanah longsor masih menjadi salah satu bencana yang perlu mendapatkan perhatian melalui pengembangan sistem pemantauan kondisi lereng secara berkelanjutan.



Gambar 1.1. Jumlah Bencana Tanah Longsor Menurut Provinsi Tahun 2024
Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2024)

Tanah longsor merupakan pergerakan massa tanah atau batuan akibat menurunnya kestabilan lereng. Berbagai faktor memengaruhi kestabilan lereng, namun pada penelitian ini pemantauan difokuskan pada dua parameter utama, yaitu intensitas curah hujan dan perubahan orientasi alat yang dipasang pada lereng. Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan kandungan air di dalam tanah sehingga menurunkan kestabilan lereng, sedangkan perubahan orientasi alat digunakan sebagai indikator adanya perubahan posisi alat terhadap media tempat alat dipasang. Oleh karena itu, kedua parameter tersebut dimanfaatkan sebagai dasar dalam sistem pemantauan dan pemberian peringatan dini terhadap potensi tanah longsor.

Pemantauan kondisi lereng secara manual memiliki berbagai keterbatasan karena memerlukan pengamatan langsung di lapangan, tidak dapat dilakukan secara terus-menerus karena daerah pegunungan yang sulit dijangkau. Akibatnya, perubahan kondisi lereng yang terjadi dalam waktu singkat sering kali tidak dapat diketahui sejak dini. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya suatu alat pemantauan yang mampu bekerja secara otomatis, melakukan pengukuran secara periodik, mengirimkan hasil pengukuran, serta memberikan peringatan apabila parameter yang dipantau telah melewati ambang batas yang telah ditentukan.

Pengembangan alat pemantauan memerlukan sensor yang mampu mengukur parameter yang berkaitan dengan potensi tanah longsor. Pada penelitian ini digunakan dua sensor utama, yaitu sensor MPU6050 dan sensor curah hujan tipe *tipping bucket*. Sensor MPU6050 dipilih karena mampu menghasilkan dua parameter, yaitu perubahan orientasi alat dan percepatan (getaran), dengan konsumsi daya yang rendah serta mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32. Sensor ini tidak mengukur pergeseran maupun kemiringan lereng secara langsung, melainkan membaca perubahan orientasi alat yang dipasang pada lereng sehingga dapat digunakan sebagai salah satu indikator awal potensi tanah longsor. Sementara itu, sensor *tipping bucket* digunakan untuk mengukur intensitas curah hujan berdasarkan jumlah jungkitan (*tip*) yang dikonversi menjadi nilai curah hujan.

Percepatan (getaran) yang diperoleh dari sensor MPU6050 digunakan sebagai indikator tambahan yang dapat menunjukkan adanya perubahan dinamis pada alat atau media tempat alat dipasang. Dengan demikian, sistem memanfaatkan tiga indikator

pemantauan, yaitu perubahan orientasi alat, percepatan (getaran), dan intensitas curah hujan yang diperoleh dari kombinasi dua sensor, yaitu MPU6050 dan *tipping bucket*. Ketiga indikator tersebut digunakan sebagai dasar penentuan status potensi tanah longsor berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditetapkan.

Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan tidak dimaksudkan untuk menggantikan kajian geoteknik secara menyeluruh. Potensi terjadinya tanah longsor juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti jenis tanah, struktur geologi, kondisi drainase, tutupan vegetasi, dan aktivitas manusia yang tidak diukur dalam penelitian ini. Data hasil pemantauan yang diperoleh dari sistem perlu diinterpretasikan bersama kondisi geologi, kemiringan lereng aktual, jenis tanah, sistem drainase, serta kondisi lapangan lainnya agar dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi tanah longsor. Oleh karena itu, prototipe yang dikembangkan berfungsi sebagai media pendukung pemantauan awal berdasarkan parameter yang diukur dan bukan sebagai alat penentu kejadian tanah longsor secara langsung.

Selain sensor, sistem pemantauan juga memerlukan media komunikasi yang mampu bekerja pada daerah yang memiliki keterbatasan jaringan internet. Sebagian besar sistem pemantauan yang telah dikembangkan masih menggunakan komunikasi berbasis Wi-Fi atau jaringan seluler sehingga penerapannya kurang optimal pada daerah rawan longsor yang umumnya berada di wilayah pegunungan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan teknologi *Long Range* (LoRa) sebagai media komunikasi antara *node* pemantauan dan *gateway*. LoRa dipilih karena mampu mengirimkan data pada jarak yang relatif jauh dengan konsumsi daya yang rendah tanpa memerlukan akses internet pada node sensor. Selain itu, sistem dilengkapi dengan data logger berbasis SD Card dan modul RTC DS3231 sehingga setiap hasil pengukuran dapat disimpan secara lokal beserta informasi tanggal dan waktu pengambilan data. Dengan adanya penyimpanan lokal, data hasil pemantauan tetap terdokumentasi meskipun koneksi internet pada *gateway* mengalami gangguan.

Penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pemantauan tanah longsor menggunakan sensor dan teknologi komunikasi yang berbeda. Tenda et al., (2023) memanfaatkan sensor MPU6050 untuk memantau perubahan kemiringan lereng, Utama et al., (2022) mengembangkan sistem berbasis NodeMCU ESP8266 dengan komunikasi

Wi-Fi, sedangkan Satriyo et al., (2025) menerapkan komunikasi LoRa pada sistem pemantauan tanah longsor. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap jaringan internet, belum adanya penyimpanan data lokal sebagai cadangan ketika komunikasi terganggu, serta belum mengintegrasikan komunikasi LoRa, data *logger*, dan sistem peringatan dalam satu *prototipe*. Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya peluang untuk mengembangkan sistem pemantauan yang lebih andal pada daerah dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Potensi Tanah Longsor Berbasis LoRa dan Data *Logger*. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor MPU6050 sebagai pembaca perubahan orientasi alat, sensor curah hujan tipe tipping bucket sebagai pengukur intensitas hujan, komunikasi LoRa sebagai media pengiriman data antara *node* dan *gateway*, data *logger* berbasis SD Card sebagai penyimpanan data lokal, serta LCD, LED, buzzer, dan aplikasi Blynk sebagai media penyajian informasi hasil pemantauan. Pada penelitian ini, komunikasi LoRa berfungsi sebagai media utama pertukaran data antara *node* dan *gateway*, sedangkan aplikasi Blynk digunakan sebagai fitur tambahan untuk pemantauan jarak jauh ketika *gateway* memperoleh koneksi internet.

Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan sebuah prototipe sistem pemantauan dan peringatan dini potensi tanah longsor yang mampu melakukan pembacaan perubahan orientasi alat, percepatan (getaran), dan intensitas curah hujan, mengirimkan data menggunakan komunikasi LoRa, menyimpan data secara lokal melalui data *logger*, serta memberikan informasi dan peringatan berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Prototipe yang dikembangkan tidak dimaksudkan sebagai alat prediksi tanah longsor secara langsung maupun sebagai dasar pengambilan keputusan mitigasi resmi, tetapi sebagai sistem pemantauan potensi tanah longsor yang dapat dikembangkan lebih lanjut melalui penambahan parameter pengukuran, pengujian lapangan jangka panjang, dan validasi pada lokasi rawan longsor.

1.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah penelitian Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Potensi Tanah Longsor Berbasis LoRa dan Data Logger dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemantauan kondisi lereng di daerah rawan tanah longsor masih banyak dilakukan secara manual sehingga perubahan kondisi lereng sulit diketahui secara berkelanjutan.
2. Sistem pemantauan potensi tanah longsor yang telah dikembangkan sebagian masih bergantung pada koneksi internet sehingga kurang sesuai diterapkan pada daerah dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi.
3. Masih diperlukan pengembangan prototipe yang mengintegrasikan perubahan orientasi alat, percepatan (getaran), dan intensitas curah hujan, komunikasi LoRa berbasis node-gateway, data logger sebagai penyimpanan lokal, serta sistem peringatan dini dalam satu sistem pemantauan yang dapat beroperasi secara mandiri.
4. Sistem komunikasi nirkabel berbasis LoRa yang mampu mengirimkan data hasil pemantauan pada jarak jauh dengan konsumsi daya rendah masih belum banyak diterapkan pada sistem pemantauan indikator potensi tanah longsor.
5. Data hasil pemantauan berpotensi tidak terdokumentasi apabila sistem tidak memiliki media penyimpanan lokal yang tetap dapat bekerja ketika koneksi internet maupun komunikasi mengalami gangguan.
6. Mekanisme peringatan dini otomatis berdasarkan nilai ambang batas dari indikator pemantauan masih belum banyak diterapkan, sehingga potensi tanah longsor sulit diidentifikasi lebih awal.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi permasalahan yang telah dijabarkan, pembahasan dalam penelitian ini dibatasi hanya pada:

1. Penelitian ini dibatasi pada rancang bangun prototipe Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Potensi Tanah Longsor Berbasis LoRa dan Data Logger.

2. Sistem yang dikembangkan menggunakan komponen utama berupa ESP32, sensor MPU6050, sensor curah hujan tipe tipping bucket, modul komunikasi LoRa, data logger, LCD, buzzer, dan aplikasi Blynk.
3. Parameter yang digunakan dalam sistem dibatasi pada perubahan orientasi alat yang dipasang pada lereng, percepatan (getaran) alat, dan intensitas curah hujan.
4. Sistem komunikasi menggunakan satu node pemantauan dan satu gateway yang terhubung melalui komunikasi LoRa, sedangkan data logger digunakan sebagai media penyimpanan lokal hasil pemantauan.
5. Penelitian ini hanya mencakup proses perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe untuk mengetahui kinerja setiap komponen dan sistem secara keseluruhan, serta tidak mencakup implementasi sebagai sistem mitigasi bencana secara resmi.
6. Sistem yang dikembangkan tidak digunakan untuk memprediksi kejadian tanah longsor secara geologi, tetapi hanya menentukan status potensi tanah longsor berdasarkan nilai ambang batas dari indikator yang dipantau.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: Bagaimana merancang, membangun, dan menguji prototipe Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Potensi Tanah Longsor Berbasis LoRa dan Data Logger yang mampu melakukan pemantauan berdasarkan tiga indikator, yaitu intensitas curah hujan, kemiringan lereng, dan getaran (percepatan) lereng, mengirimkan data menggunakan komunikasi LoRa, menyimpan data secara lokal melalui data logger, serta memberikan peringatan dini berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan?

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menguji prototipe Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Potensi Tanah Longsor Berbasis LoRa dan Data Logger yang mampu memantau

perubahan orientasi alat, percepatan (getaran), dan intensitas curah hujan, mengirimkan data melalui komunikasi LoRa, menyimpan data secara lokal menggunakan data logger, serta memberikan peringatan berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi akademik bagi pengembangan penelitian mengenai sistem pemantauan dan peringatan dini potensi tanah longsor berbasis sensor, komunikasi LoRa, dan data logger.

1.6.1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi akademik dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sistem pemantauan dan peringatan dini potensi tanah longsor berbasis sensor, komunikasi LoRa, dan data logger, sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi akademik dalam pengembangan sistem pemantauan dan peringatan dini potensi tanah longsor berbasis sensor, komunikasi LoRa, dan *data logger*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan prototipe sistem pemantauan potensi tanah longsor yang memanfaatkan komunikasi LoRa, *data logger*, serta fitur pemantauan jarak jauh berbasis aplikasi sebagai pendukung ketika koneksi internet tersedia.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai penerapan mikrokontroler ESP32, sensor MPU6050, sensor curah hujan tipe *tipping bucket*, komunikasi LoRa, dan *data logger* dalam pengembangan sistem pemantauan potensi tanah longsor.

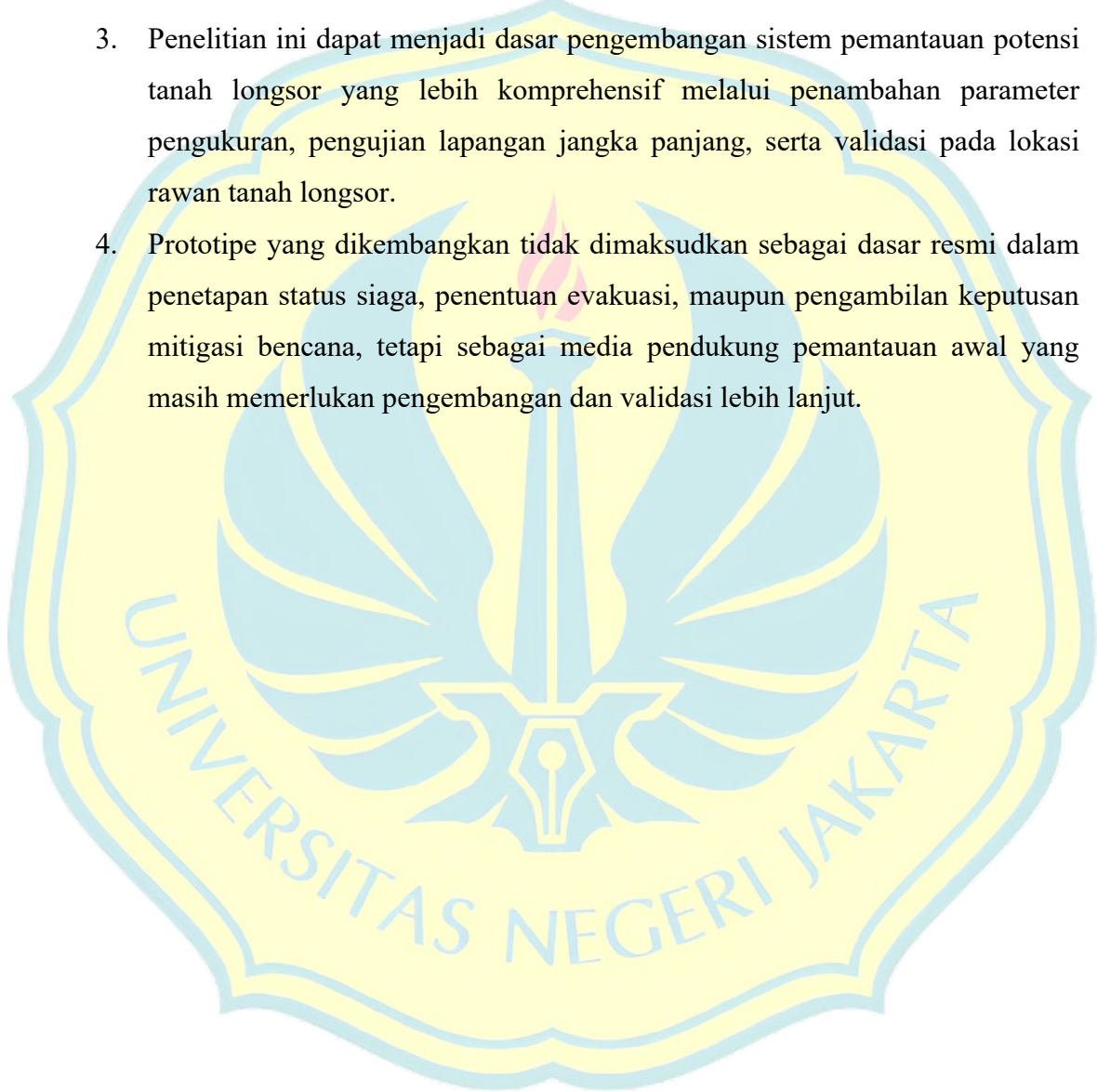
1.6.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan prototipe sistem pemantauan dan peringatan dini potensi tanah longsor berbasis LoRa dan data logger, sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem pemantauan dan peringatan dini potensi tanah longsor yang mampu memantau perubahan orientasi alat, percepatan (getaran), dan intensitas curah hujan, serta

menyampaikan informasi kondisi sistem melalui komunikasi LoRa dan *data logger*.

2. Prototipe yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi media pendukung pemantauan awal potensi tanah longsor pada daerah yang memiliki keterbatasan infrastruktur komunikasi.
3. Penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem pemantauan potensi tanah longsor yang lebih komprehensif melalui penambahan parameter pengukuran, pengujian lapangan jangka panjang, serta validasi pada lokasi rawan tanah longsor.
4. Prototipe yang dikembangkan tidak dimaksudkan sebagai dasar resmi dalam penetapan status siaga, penentuan evakuasi, maupun pengambilan keputusan mitigasi bencana, tetapi sebagai media pendukung pemantauan awal yang masih memerlukan pengembangan dan validasi lebih lanjut.



Intelligentia - Dignitas