

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi dan secara konsisten menyebabkan kerugian yang signifikan, baik dalam aspek sosial, ekonomi, maupun kerusakan infrastruktur, di berbagai negara termasuk di Indonesia (Ghifari & Abidin, 2025). Bencana ini tidak hanya mengakibatkan kerusakan pada permukiman, fasilitas umum, lahan pertanian, serta jaringan transportasi, tetapi juga berdampak pada terganggunya aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat, menurunnya kualitas kesehatan, serta hilangnya sumber mata pencaharian. Di Indonesia, tingginya risiko banjir dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti intensitas curah hujan yang tinggi, kondisi topografi wilayah, serta sistem drainase yang belum memadai.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) banjir merupakan bencana alam yang paling mendominasi di Jawa Timur dengan total 184 kejadian (sekitar 47,18% dari total 390 kejadian bencana alam yang terdaftar). Untuk wilayah tapal kuda sendiri terdapat 25 kejadian Kabupaten Jember mencatatkan angka kejadian tertinggi sebanyak 13 kejadian, diikuti oleh Kabupaten Bondowoso 5 kejadian, Kabupaten Situbondo 4 kejadian, dan Kabupaten Banyuwangi 3 kejadian. Secara keseluruhan, total akumulasi kejadian banjir dari keempat wilayah ini mencapai 6,41% dari 390 data. Yang menunjukkan bahwa wilayah ini masih memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bencana hidrometeorologi.

Fenomena banjir terjadi ketika kapasitas sungai dalam menampung dan mengalirkan air hujan melebihi batas, sehingga air meluap ke daerah sekitarnya dan menyebabkan berbagai dampak seperti kerusakan lingkungan, kerugian materiil, bahkan fungsi sungai sebagai sistem aliran air alami sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mencegah terjadinya banjir. Namun, ketika fungsi tersebut terganggu, bencana banjir menjadi ancaman serius bagi masyarakat (Harahap *et al.*, 2021). Faktor alam yang paling dominan dalam menyebabkan banjir adalah curah hujan ekstrem. Curah hujan dengan intensitas tinggi dan durasi

yang lama dapat melebihi kapasitas penyerapan tanah dan daya tampung sungai, sehingga air meluap ke permukaan sekitarnya (Sutikno *et al.*, 2025).

Kecamatan Arjasa merupakan wilayah di Kabupaten Situbondo yang secara geografis memiliki karakteristik topografi berbukit, sehingga menciptakan tantangan besar dalam aspek komunikasi digital dan mitigasi bencana (Santoso & Taufik, 2020). Kondisi alam ini menyebabkan munculnya fenomena *shadow effect*, di mana penyebaran gelombang elektromagnetik telekomunikasi terhambat dan menciptakan banyak titik *blank spot* di area pemukiman rawan banjir (Putra *et al.*, 2020). Sebagaimana tercatat dalam laporan infrastruktur daerah, 'Kecamatan Arjasa merupakan salah satu wilayah yang memiliki tantangan geografis berupa perbukitan, di mana beberapa desa di wilayah tersebut masih teridentifikasi sebagai area *blank spot* atau memiliki akses sinyal telekomunikasi yang sangat terbatas'. Akibatnya, sistem peringatan dini konvensional yang bergantung pada jaringan seluler sering kali gagal memberikan informasi secara *real-time*, sehingga masyarakat di Arjasa kerap terlambat menerima data krusial mengenai kenaikan debit air yang mengancam keselamatan mereka.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) menyediakan cara untuk mengotomatisasi pemantauan ketinggian air secara *real-time* sebagai langkah untuk mengatasi kekurangan sistem manual. Ketiadaan infrastruktur internet di daerah aliran sungai terpencil seringkali menjadi kendala utama di lapangan. Akibatnya, alat optimasi sistem peringatan dini berbasis jaringan LoRa (*Long Range*) telah dibuat. Teknologi ini sangat efektif di tempat-tempat yang sulit dijangkau oleh jaringan internet seluler tradisional karena memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah.

Secara teknis, alat ini berfungsi dengan menggabungkan beberapa sensor pintar ke dalam satu sistem pemantauan. Sensor *Tipping Bucket* mengukur intensitas curah hujan secara detail, sedangkan sensor JSN-SR04T digunakan untuk mendeteksi tingkat aliran sungai secara tepat. LoRa memproses semua data dari sensor-sensor ini sebelum mengirimkannya ke aplikasi seluler. Sistem ini memungkinkan pihak berwenang dan masyarakat umum untuk memantau kondisi

sungai secara *real-time*, sehingga evakuasi dan tindakan pencegahan dapat dilakukan jauh lebih cepat sebelum banjir terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masih terdapat tantangan dalam pengembangan sistem peringatan dini banjir berbasis IoT, khususnya dalam hal integrasi antara perangkat keras, ketahanan sensor, aplikasi *mobile*, dan efektivitas penyebaran informasi secara *real-time*. Selain itu, banyak penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada aspek teknis tanpa mempertimbangkan keberlanjutan sistem dalam kondisi nyata, seperti kestabilan jaringan komunikasi dan ketahanan perangkat terhadap lingkungan ekstrem. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menjawab beberapa pertanyaan berikut.

1. Bagaimana cara mendeteksi potensi bencana banjir secara akurat berdasarkan kombinasi parameter intensitas curah hujan dan perubahan ketinggian muka air?
2. Bagaimana metode pengiriman data peringatan dini agar tetap dapat berjalan secara optimal di wilayah yang memiliki keterbatasan sinyal komunikasi seluler?
3. Bagaimana mekanisme penyampaian informasi dari sistem pemantauan di lapangan agar dapat diakses oleh masyarakat melalui aplikasi?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini berfokus dan dapat mendapatkan solusi yang spesifik, maka penelitian ini perlu dibatasi dalam beberapa aspek sebagai berikut.

- a. Lingkup teknologi dan perangkat
 1. Sistem ini hanya menggunakan LoRa sebagai mikrokontroller utama.
 2. Sensor yang digunakan adalah sensor *ultrasonic* sebagai pemantau ketinggian air beserta beberapa sensor pendukung lainnya.
 3. Modul LoRa yang digunakan termasuk ke Middle Spec, hanya dapat menggunakan 2 titik saja *sender* dan *receiver*.
- b. Fitur dan fungsi aplikasi *mobile*

1. Aplikasi mobile yang dikembangkan hanya berfungsi untuk menerima dan menampilkan informasi peringatan dini banjir dalam bentuk notifikasi, grafik ketinggian air.
 2. Aplikasi tidak mencakup fitur kompleks seperti analisis prediktif berbasis kecerdasan buatan (AI) atau integrasi dengan sistem peringatan nasional.
- c. Konteks implementasi dan pengujian
1. Tidak dilakukan pengujian ketika kejadian banjir nyata.
 2. Fokus penelitian hanya pada aspek teknis dan efektivitas penyebaran informasi, tanpa membahas aspek sosial atau kebijakan terkait respon masyarakat terhadap peringatan dini.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem peringatan dini banjir berbasis IoT untuk daerah minim infrastruktur internet dengan menggunakan modul LoRa. Penelitian ini memiliki tiga tujuan utama yaitu:

1. Mengimplementasikan teknologi LoRa menggunakan modul TTGO T-Beam untuk menjamin kelancaran informasi di area minim sinyal.
2. Membangun sistem deteksi dini dengan mengintegrasikan sensor JSN-SR04T untuk pantauan muka air dan *Tipping-bucket rain gauge* untuk pantauan curah hujan.
3. Membuat aplikasi *mobile* sebagai *interface* pengguna untuk memantau data banjir secara *real-time* yang bersumber dari jaringan sensor di lapangan.

1.5 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan agar dapat memberikan manfaat kepada beberapa pihak yang bersangkutan yaitu sebagai berikut

- a. Bagi Masyarakat
1. Memberikan informasi *real time* kepada masyarakat.
 2. Membantu masyarakat untuk semakin waspada pada bahaya banjir yang akan melanda.
 3. Mengurangi kerugian ekonomi dan materil.

b. Bagi Politeknik Negeri Jember

1. Menambahkan inovasi teknologi dalam bidang IoT dan kebencanaan.
2. Menambah referensi dan pengembangan lebih lanjut terkait penelitian ini.
3. Peluang kolaborasi dengan kedinasan dan pemerintahan.

c. Bagi industri IoT

1. Mendorong inovasi dan pengembangan dalam teknologi IoT.
2. Mendukung standarisasi dan keamanan berbasis IoT.