

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan kerugian besar, baik secara ekonomi maupun sosial. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sepanjang tahun 2023 terjadi sebanyak 1.255 kejadian banjir di Indonesia. Dari kejadian tersebut, BNPB mencatat bahwa 92 orang meninggal dunia, 4.788 orang mengalami luka-luka, serta sekitar 3,87 juta orang terdampak dan mengungsi (BNPB, 2023). Menurut Riswandi dkk. (2024), banjir tidak hanya berdampak pada wilayah sekitar sungai, tetapi juga kerap terjadi di kawasan pemukiman padat dan area perkotaan yang memiliki sistem drainase yang tidak memadai. Tingginya intensitas curah hujan, apabila tidak diimbangi dengan saluran drainase yang baik, menyebabkan peningkatan volume air dalam waktu singkat, yang berujung pada genangan hingga banjir.

Salah satu penyebab utama terjadinya banjir di daerah perkotaan adalah tersumbatnya saluran drainase akibat penumpukan sampah atau sedimen, yang menghambat aliran air (Hakim dkk., 2025). Dalam upaya meningkatkan kapasitas sistem drainase dan memperlancar aliran air, penggunaan saluran *U-Ditch* telah menjadi solusi yang umum diterapkan. Menurut Harianto dkk. (2025), saluran *U-Ditch* memiliki keunggulan dalam hal durabilitas, efisiensi biaya, desain yang mudah dipasang, dan pengelolaan air yang efektif, serta dapat mengalirkan air dengan baik, mencegah genangan, dan mengurangi risiko banjir.

Namun demikian, keberadaan saluran *U-Ditch* saja tidak cukup apabila tidak disertai dengan sistem pemantauan yang mampu memberikan informasi secara cepat dan akurat. Pemantauan kondisi saluran secara manual masih banyak dilakukan, tetapi metode ini memiliki berbagai keterbatasan seperti ketergantungan pada inspeksi lapangan yang menyita waktu dan tenaga, serta tidak memungkinkan tersedianya data secara *real-time*. Ketidakmampuan dalam memperoleh informasi secara cepat menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan, yang berisiko memperparah kondisi saluran dan dapat mengakibatkan banjir.

Seiring perkembangan teknologi, solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) mulai banyak diterapkan untuk mengatasi masalah pemantauan lingkungan. *Internet of Things* memungkinkan perangkat-perangkat seperti sensor dan mikrokontroler untuk terhubung ke jaringan internet, sehingga dapat mengirimkan data dan dikendalikan secara jarak jauh (Azim, 2024). *Internet of Things* dapat diterapkan melalui perangkat sensor yang saling terhubung dan mampu memantau kondisi lingkungan secara *real-time*, serta mengirimkan data tersebut secara otomatis ke sistem pemantauan jarak jauh. Agar sistem ini hemat energi namun tetap menjangkau area yang luas, teknologi komunikasi nirkabel seperti *Long Range* (LoRa) menjadi pilihan yang tepat karena memiliki konsumsi daya rendah, jangkauan jauh, dan tahan terhadap gangguan sinyal (Aji dkk., 2023).

Berbagai penelitian terkait sistem *monitoring* banjir telah banyak dilakukan, namun masih terdapat sejumlah keterbatasan yang membuka peluang pengembangan lebih lanjut. Penelitian pertama mengembangkan sistem *monitoring* ketinggian air sungai berbasis LoRa dan protokol MQTT, namun hanya menggunakan satu parameter sensor, yaitu ketinggian air, tanpa mencakup debit air dan curah hujan. Selain itu, pengujian sistem ini menunjukkan performa komunikasi data mulai menurun pada jarak lebih dari 100 meter, sehingga kurang optimal untuk area luas atau terpencil.

Hal serupa juga terjadi pada penelitian kedua yang menggunakan ESP8266 dan *Firebase* untuk *monitoring* ketinggian air dan curah hujan secara *real-time*, namun tidak menyertakan sensor debit air serta belum diujikan secara langsung pada saluran drainase perkotaan. Penelitian ketiga mencoba pendekatan kombinasi antara *Bluetooth Low Energy* (BLE) dan LoRa untuk efisiensi konsumsi daya. Namun, komunikasi BLE yang hanya menjangkau maksimal 40 meter masih menjadi hambatan, dan sistemnya hanya memantau ketinggian dan curah hujan tanpa fitur pengukuran debit air.

Penelitian keempat mengembangkan sistem *monitoring* banjir berbasis *Internet of Things* dengan memanfaatkan dua parameter, yaitu curah hujan dan debit air sungai, yang ditampilkan secara *real-time* melalui *platform website*. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengolah data sensor debit air dan ESP8266 sebagai pengolah data curah hujan sekaligus media komunikasi ke server melalui

jaringan internet. Meskipun mampu menyediakan informasi kondisi sungai secara daring dan mendukung upaya mitigasi banjir, penelitian ini belum mengintegrasikan parameter ketinggian air sebagai indikator utama banjir. Selain itu, ketergantungan pada koneksi Wi-Fi serta penggunaan dua mikrokontroler menjadikan sistem kurang optimal untuk diterapkan pada wilayah saluran drainase atau daerah terpencil yang memiliki keterbatasan akses internet, sehingga masih diperlukan pengembangan lebih lanjut pada aspek arsitektur sistem dan teknologi komunikasi jarak jauh.

Penelitian kelima telah mengintegrasikan tiga parameter penting yaitu ketinggian air, debit air, dan curah hujan dalam satu sistem *monitoring* berbasis IoT. Sistem ini mampu memberikan informasi melalui LCD dan Telegram, namun masih mengandalkan koneksi internet Wi-Fi, yang tidak selalu tersedia pada daerah saluran *U-Ditch*, terutama di wilayah saluran drainase atau sungai kecil. Di sisi lain, penelitian oleh Herlukman (2024) menguji penggunaan LoRa dalam penerapan cangkih LoRa SX1278 pada senjata robot pengaman guna telekontrol yang inovatif. Pengujian yang dilakukan dalam kondisi *Line-of-Sight* (LOS) dan *Non-Line-of-Sight* (NLOS) membuktikan bahwa modul LoRa SX1278 mampu menjangkau hingga 350 meter pada kondisi *Line-of-Sight* (LOS) dan 100 meter pada kondisi *Non-Line-of-Sight* (NLOS) dengan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya sangat potensial untuk komunikasi data di lingkungan *outdoor* seperti saluran *U-Ditch* yang terbuka dan memanjang.

Berdasarkan uraian di atas, sebagian besar penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan ketiga parameter utama, yaitu ketinggian air, debit air, dan curah hujan, ke dalam satu sistem berbasis LoRa yang mampu bekerja secara optimal dan memiliki jangkauan yang luas. Selain itu, belum ada sistem yang secara khusus dirancang untuk saluran *U-Ditch* yang sempit, memanjang, dan berada di area padat penduduk. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem *monitoring real-time* berbasis LoRa dan IoT yang hemat daya, tidak bergantung pada internet publik, dan mampu memberikan peringatan dini banjir secara cepat dan akurat pada lingkungan saluran drainase perkotaan. Sistem akan dirancang untuk mendukung tampilan data melalui aplikasi *Blynk* saat terhubung ke jaringan internet, serta menampilkan informasi

secara lokal menggunakan LCD, LED sebagai indikator, dan *buzzer* sebagai perangkat peringatan apabila jaringan internet tidak tersedia.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan berikut:

1. Banjir masih sering terjadi di kawasan perkotaan akibat buruknya sistem drainase dan tersumbatnya saluran oleh sampah atau sedimen.
2. Pemantauan kondisi saluran *U-Ditch* secara manual memiliki berbagai keterbatasan, seperti membutuhkan waktu dan tenaga serta tidak mampu memberikan informasi secara langsung ketika terjadi perubahan kondisi di lapangan.
3. Sebagian besar sistem *monitoring* sebelumnya hanya menggunakan satu atau dua parameter lingkungan dan masih bergantung pada koneksi Wi-Fi.
4. Belum adanya sistem *monitoring* terintegrasi yang dapat memantau ketinggian air, debit air, dan curah hujan secara bersamaan menggunakan modul komunikasi *Long Range* (LoRa).
5. Belum terdapat sistem *monitoring* yang dirancang khusus untuk saluran *U-Ditch* yang memanjang dan sempit di wilayah padat penduduk.

1.3. Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi pada:

1. Penelitian ini berfokus pada ketinggian air, debit air, dan curah hujan tanpa mempertimbangkan faktor lingkungan lainnya yang dapat memengaruhi kondisi saluran *U-Ditch*, seperti sedimentasi, pencemaran, pertumbuhan lumut, ataupun sampah padat.
2. Komunikasi data menggunakan modul komunikasi LoRa Ra-02 SX1278 433 MHz.
3. Sistem menampilkan data secara lokal melalui LCD, indikator LED, dan *buzzer* sebagai peringatan di lokasi. Selain itu, data juga dapat diakses melalui aplikasi *Blynk* pada perangkat seluler selama perangkat penerima terhubung dengan jaringan internet.

4. Sistem ini diuji secara langsung pada saluran *U-Ditch* di lingkungan nyata, namun pengujian hanya dilakukan pada saluran *U-Ditch* dengan ketinggian 60 cm, sehingga belum mewakili seluruh variasi kondisi saluran *U-Ditch* di wilayah perkotaan secara umum.
5. Penelitian ini menggunakan *platform Blynk* hanya sebagai antarmuka untuk menampilkan data secara *real-time*, tanpa melibatkan pemrosesan lanjutan atau integrasi berskala kota.
6. Penelitian ini tidak membahas aspek pemeliharaan jangka panjang, optimasi energi, atau integrasi sensor tambahan seperti pendeteksi sampah atau kamera pengawas.

1.4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana merancang, membangun dan menguji sistem *monitoring* ketinggian air, debit air, dan curah hujan pada saluran *U-Ditch* berbasis LoRa dan IoT?”

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dibuatnya penelitian ini yaitu:

1. Merancang, membangun dan menguji sistem *monitoring* kondisi saluran *U-Ditch* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan parameter ketinggian air, debit air, dan curah hujan.
2. Mengimplementasikan modul LoRa Ra-02 SX1278 433MHz sebagai komunikasi data nirkabel.
3. Mendapatkan informasi kondisi saluran *U-Ditch* berupa tampilan data secara lokal menggunakan LCD dan indikator peringatan (LED dan *buzzer*), serta menampilkan data secara jarak jauh melalui aplikasi *Blynk* saat perangkat terhubung dengan jaringan internet.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mampu merancang, membangun, dan menguji sistem *monitoring* ketinggian air, debit air, dan curah hujan pada saluran *U-Ditch* berbasis LoRa dan IoT.

2. Membantu masyarakat dalam memantau kondisi saluran *U-Ditch* secara *real-time* dalam upaya mencegah meluapnya air saluran drainase ke permukaan jalan.
3. Menjadi referensi pengembangan penelitian lebih lanjut dalam bidang sistem *monitoring* lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) dan komunikasi nirkabel menggunakan *Long Range* (LoRa).
4. Untuk memenuhi persyaratan program di prodi Pendidikan Teknik Elektronika di Universitas Negeri Jakarta.

