

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah di Indonesia dan Malaysia, terutama di kawasan perkotaan yang memiliki sistem drainase yang kurang optimal. Shah Alam, sebagai ibu kota negeri Selangor di Malaysia, juga menghadapi masalah yang serupa. Beberapa wilayah di Shah Alam kerap dilanda banjir bandang, terutama pada musim hujan, yang berdampak pada terganggunya aktivitas masyarakat, kerusakan infrastruktur, serta potensi kerugian ekonomi yang besar.

Berdasarkan laporan yang dirilis oleh Astro Awani pada bulan Agustus 2023, kawasan Seksyen 13 di Shah Alam mengalami banjir bandang yang disebabkan oleh tidak berfungsinya sistem pompa air. Akibatnya, air hujan yang seharusnya dialirkan melalui sistem drainase tersumbat dan menimbulkan genangan di beberapa lokasi [1]. Selain itu, pada bulan Oktober 2024, Majlis Bandaraya Shah Alam (MBSA) mengungkapkan perlunya peningkatan kerja sama antar instansi untuk mengatasi permasalahan banjir yang semakin sering terjadi di kawasan tersebut [2].

Kondisi cuaca di Shah Alam juga menunjukkan tingkat kerentanannya yang tinggi terhadap curah hujan ekstrem. Data historis mencatat bahwa Shah Alam menerima curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2.374 mm. Puncak curah hujan terjadi pada bulan November, dengan rata-rata 344 mm, sementara bulan terkering adalah bulan Juni dengan rata-rata hanya 117 mm. Selain itu, Shah Alam mengalami rata-rata 212 hari hujan per tahun, dengan bulan November sebagai bulan dengan jumlah hari hujan terbanyak, yaitu sekitar 24 hari. Sebaliknya, bulan Juni adalah bulan dengan jumlah hari hujan paling sedikit, hanya sekitar 12 hari [3].

Dengan demikian, potensi terjadinya banjir di Shah Alam tergolong tinggi, terutama pada bulan-bulan dengan intensitas curah hujan yang signifikan. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang dapat membantu memantau kondisi lingkungan secara berkala dan memberikan informasi secara *real-time*. Salah satu langkah yang telah dikembangkan dalam proyek sebelumnya adalah sistem pemantauan banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32, sensor air, dan sensor hujan, yang mengirimkan data secara langsung ke *dashboard* berbasis *web*. Meskipun sistem ini telah mampu mendeteksi data lingkungan secara *real-time*, sistem tersebut masih bersifat reaktif, yaitu hanya memberikan peringatan setelah kondisi kritis terdeteksi.

Sebagai bentuk pengembangan lebih lanjut, Tugas Akhir ini menambahkan elemen kecerdasan buatan (AI) berupa model prediksi berbasis *machine learning*. Model ini digunakan untuk memprediksi nilai ketinggian air dan intensitas curah hujan dalam jangka waktu tertentu berdasarkan data historis sensor. Integrasi fitur AI ini bertujuan untuk mengubah sistem dari yang semula reaktif menjadi prediktif, sehingga pengguna dapat mengambil langkah antisipatif lebih awal sebelum kondisi kritis terjadi.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan banjir berbasis *Internet of Things* (IoT), yang dilengkapi dengan *dashboard web* untuk visualisasi data secara *real-time*. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi lingkungan di wilayah rawan banjir, khususnya di Shah Alam. Tugas Akhir ini merupakan bagian dari Proyek *Flood Monitoring* yang dikembangkan oleh Seelab Kencana Sdn. Bhd., sebuah perusahaan yang bergerak di bidang solusi teknologi berbasis IoT dan sistem pemantauan lingkungan. Dengan adanya integrasi AI dalam sistem pemantauan ini, diharapkan efektivitas dalam mitigasi risiko banjir dapat meningkat secara signifikan, sekaligus memberikan kontribusi nyata dalam mendukung respons dini terhadap potensi bencana di wilayah Shah Alam dan sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam upaya meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi lingkungan di wilayah rawan banjir, rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk mendesain sistem pemantauan banjir yang dapat mengumpulkan data parameter lingkungan secara otomatis?
2. Bagaimana merancang metode transmisi data secara efisien dan *real-time* agar hasil pemantauan banjir dapat dikirim dan diakses secara jarak jauh?
3. Bagaimana membangun antarmuka yang dapat menyajikan informasi kondisi lingkungan secara visual, interaktif, dan mudah dimengerti oleh pengguna?
4. Bagaimana mengembangkan dan mengintegrasikan model kecerdasan buatan untuk memprediksi kondisi banjir beberapa menit ke depan berdasarkan data sensor sebelumnya?

1.3 Tujuan

Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem pemantauan banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau kondisi lingkungan secara otomatis pada wilayah rawan banjir, serta melakukan *monitoring* secara *real-time*. Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang sistem pemantauan banjir berbasis IoT yang mampu mendeteksi parameter lingkungan, seperti ketinggian permukaan air dan curah hujan.
2. Mengembangkan sistem pengolahan dan pengiriman data secara *real-time* melalui jaringan nirkabel, sehingga informasi hasil pemantauan dapat diakses kapan saja oleh pengguna.
3. Menyediakan solusi dengan membangun *dashboard web* yang informatif untuk menampilkan hasil pemantauan dalam bentuk visualisasi data yang mudah dipahami.
4. Mengembangkan dan mengintegrasikan model kecerdasan buatan (AI) untuk memprediksi kondisi banjir berdasarkan data sensor, sehingga pengguna dapat memperoleh estimasi potensi bahaya beberapa menit ke depan secara proaktif.

1.4 Cakupan Pengerjaan

Cakupan pengerjaan pada Tugas Akhir ini berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem pemantauan banjir berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan kemampuan prediksi berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence). Sistem ini dirancang untuk memantau dan memprediksi kondisi lingkungan terkait banjir secara real-time dan proaktif, sehingga memberikan informasi yang lebih komprehensif kepada pengguna.

Sistem ini direncanakan untuk diterapkan di wilayah Shah Alam, Malaysia, dengan mempertimbangkan lokasi-lokasi yang rawan terhadap banjir. Pengumpulan data dilakukan menggunakan berbagai sensor, seperti sensor ultrasonik AJ-SR04M untuk mengukur ketinggian air dan sensor hujan MH-RD untuk mendeteksi intensitas curah hujan. Sensor ultrasonik memiliki rentang pengukuran antara 20 cm hingga 600 cm, sementara sensor MH-RD dapat mengukur curah hujan dengan rentang nilai dari 0 hingga 4095. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini kemudian dikirimkan secara otomatis melalui jaringan nirkabel ke server backend berbasis Django, dan ditampilkan dalam bentuk visualisasi interaktif melalui dashboard web.

Selain visualisasi data aktual, sistem ini juga dilengkapi dengan model prediksi berbasis machine learning yang dikembangkan menggunakan data historis dari sensor. Model ini dirancang untuk memprediksi kondisi ketinggian air dan curah hujan dalam jangka waktu tertentu. Dengan integrasi AI prediction, sistem yang dikembangkan pada Tugas Akhir ini tidak hanya bersifat reaktif terhadap data yang sedang terjadi, tetapi juga proaktif dalam memberikan estimasi kondisi ke depan. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dalam mitigasi risiko banjir.

1.5 Tahapan Pengerjaan

Tahapan pengerjaan dalam Tugas Akhir ini mengadopsi metodologi pengembangan perangkat lunak berbasis rekayasa sistem, dengan pendekatan *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk membangun sistem pemantauan banjir yang mampu mendeteksi parameter lingkungan secara otomatis dan menampilkan data secara *real-time* melalui *dashboard web*. Sistem ini juga dilengkapi dengan model prediksi berbasis *Artificial Intelligence* (AI) untuk memproyeksikan kondisi lingkungan berdasarkan data sensor yang ada. Proses utama dalam pengembangan sistem ini dijelaskan dalam beberapa tahapan pengerjaan yang dilakukan:

1. Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi mengenai konsep dasar *Internet of Things* (IoT), *Artificial Intelligence*, teknologi sensor lingkungan, serta sistem *monitoring* dan *dashboard web*. Proses ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai penerapan IoT dalam mitigasi bencana, khususnya dalam pemantauan banjir. Selain itu, dilakukan analisis terhadap penelitian terdahulu yang relevan dan studi kasus sistem pemantauan banjir di wilayah serupa, terutama di Shah Alam, Malaysia. Di akhir tahap ini, dilakukan pemilihan perangkat keras yang sesuai, yaitu ESP32 untuk pengendalian dan komunikasi data, ESP32-CAM untuk pengambilan gambar, sensor AJ-SR04 untuk pengukuran ketinggian air, dan sensor MH-RD untuk mendeteksi intensitas curah hujan. Selain itu, dipilih juga model AI berbasis *supervised learning* dengan pendekatan *time-series forecasting* untuk melakukan prediksi kondisi lingkungan.

2. Perancangan dan Pengujian Sistem

Pada tahap ini, dilakukan perancangan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem pemantauan banjir. Sistem terdiri dari ESP32 yang berfungsi sebagai pengendali utama, ESP32-CAM untuk pengambilan gambar, serta sensor AJ-SR04 untuk mengukur ketinggian air dan MH-RD untuk mendeteksi intensitas hujan. Sistem ini akan mengirimkan data ke server yang terhubung dengan *dashboard web* melalui Wi-Fi. Perancangan juga mencakup antarmuka *dashboard web* yang akan menampilkan data secara *real-time* dengan cara yang mudah dipahami oleh pengguna. Pada tahap ini, integrasi dengan model AI *prediction forecasting* juga dilakukan, di mana data yang dikirimkan oleh sensor diproses oleh model untuk menghasilkan prediksi. Proses perancangan ini mencakup pembuatan diagram blok sistem, diagram alur data, dan spesifikasi teknis dari setiap komponen. Setelah perancangan selesai, dilakukan pengujian terhadap masing-masing komponen, termasuk sensor untuk memastikan akurasi data, serta pengujian modul komunikasi untuk memastikan data dapat ditransmisikan dengan baik secara *real-time*. Pengujian juga mencakup *dashboard web* untuk menilai visualisasi data, kecepatan pembaruan, serta kemudahan penggunaan. Pada tahap ini, diperlukan perangkat lunak untuk

membantu melakukan debugging code, seperti Arduino IDE untuk debugging dan pengujian sensor AJ-SR04 dan MH-RD, serta pemrograman ESP32, dan Visual Studio Code untuk pembuatan *dashboard web* menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript.

3. Implementasi Sistem

Pada tahap implementasi, dilakukan perakitan perangkat keras yang terdiri dari ESP32 yang mengendalikan sensor AJ-SR04 untuk mengukur ketinggian air, sensor MH-RD untuk mendeteksi hujan, serta ESP32-CAM untuk pengambilan gambar. Program dikembangkan untuk membaca data dari sensor, memprosesnya, dan mengirimkannya ke server yang terhubung dengan *dashboard web* menggunakan jaringan Wi-Fi. Selain itu, model AI juga diterapkan untuk memprediksi kondisi lingkungan berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor-sensor tersebut. Setelah sistem terpasang, dilakukan pengujian internal untuk memastikan bahwa setiap komponen perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik. Pengujian mencakup pengumpulan data dari sensor, transmisi data melalui jaringan, penerapan model prediksi AI, dan tampilan data pada *dashboard*. Prediksi yang dihasilkan oleh model AI akan diintegrasikan dengan data sensor yang diterima, sehingga menghasilkan grafik visual yang menampilkan data *real-time* dan data prediksi secara berdampingan pada *dashboard*.