BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat kerawanan bencana yang tinggi akibat kondisi geografis, geologis, dan iklim yang beragam. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), bencana hidrometeorologi seperti banjir, tanah longsor, dan cuaca ekstrem masih mendominasi kejadian bencana di Indonesia dalam beberapa tahun tercatat 3.472 kejadian bencana, dimana 3.449 kejadian di antaranya merupakan bencana hidrometeorologi. Tingginya frekuensi kejadian tersebut menunjukkan bahwa ancaman bencana hidrometeorologi masih menjadi tantangan serius bagi pemerintah maupun masyarakat. Di antara berbagai jenis bencana yang terjadi, banjir merupakan salah satu bencana yang paling sering menimbulkan dampak luas terhadap keselamatan jiwa, kerusakan infrastruktur, serta terganggunya aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa upaya mitigasi dan penanganan bencana banjir perlu terus ditingkatkan untuk mengurangi risiko kerugian yang ditimbulkan.

Provinsi Aceh merupakan salah satu wilayah yang terdampak bencana banjir besar pada tahun 2025 akibat curah hujan berintensitas tinggi yang terjadi sejak pertengahan November. Banjir tersebut melanda berbagai kabupaten dan kota serta menyebabkan kerugian yang signifikan berupa korban jiwa, kerusakan infrastruktur, dan terganggunya aktivitas masyarakat. Salah satu wilayah yang terdampak adalah Kota Lhokseumawe. Berdasarkan laporan BPBD Kota Lhokseumawe, banjir yang terjadi menyebabkan kerusakan pada fasilitas umum, sarana pendidikan, fasilitas kesehatan, jembatan, bangunan tempat tinggal, serta mengganggu aktivitas ekonomi dan transportasi masyarakat. Selain itu, terdapat korban jiwa akibat tenggelam maupun terbawa arus banjir. Dampak tersebut menunjukkan bahwa banjir tidak hanya menimbulkan kerugian material, tetapi juga berpotensi menghambat proses penyelamatan masyarakat pada saat kondisi darurat.

Kecamatan Muara Satu merupakan salah satu kecamatan yang terdampak banjir pada kejadian bencana yang melanda Provinsi Aceh tahun 2025 (BPBD Lhokseumawe, 2025). Berdasarkan laporan Posko Penanganan Darurat BPBD Kota Lhokseumawe, banjir menyebabkan genangan di sejumlah gampong dan mengakibatkan 57 kepala keluarga atau sekitar 300 jiwa mengungsi di Gampong Blang Naleung Mameh, sementara beberapa akses jalan terganggu sehingga proses evakuasi masyarakat menjadi lebih sulit. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa banjir tidak hanya menimbulkan kerugian material, tetapi juga menghambat mobilitas masyarakat untuk mencapai lokasi pengungsian secara cepat dan aman. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu menentukan jalur evakuasi menuju shelter secara cepat, tepat, dan efisien berdasarkan jaringan jalan yang tersedia sehingga dapat mendukung proses penyelamatan masyarakat ketika banjir terjadi.

Permasalahan penentuan jalur evakuasi dapat diselesaikan melalui pemanfaatan teknologi informasi, khususnya teori graf dan algoritma pencarian jalur terpendek. Dalam konsep teori graf, jaringan jalan direpresentasikan sebagai graf yang terdiri atas simpul (*node*) dan sisi (*edge*), dimana setiap sisi memiliki bobot tertentu yang menggambarkan jarak atau biaya perjalanan antar lokasi. Pendekatan ini memungkinkan proses pencarian rute dilakukan secara sistematis dan terukur berdasarkan struktur jaringan jalan yang tersedia. Dengan memanfaatkan algoritma jalur terpendek, sistem dapat membantu masyarakat memperoleh rekomendasi rute menuju lokasi aman secara lebih cepat dibandingkan pengambilan keputusan yang hanya berdasarkan pengalaman atau pengetahuan pribadi. Oleh karena itu, penerapan algoritma pencarian jalur terpendek menjadi salah satu solusi yang relevan dalam mendukung mitigasi bencana banjir.

Penelitian mengenai penentuan jalur evakuasi bencana banjir telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan memanfaatkan berbagai algoritma pencarian jalur. (Zhu *et al*., 2022) mengembangkan metode perencanaan jalur evakuasi banjir menggunakan algoritma *Dijkstra* tiga dimensi yang dimodifikasi dengan mempertimbangkan f*aktor* lebar jalan, kemiringan, kepadatan pejalan kaki, dan lebar jalur non-kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode

tersebut mampu meningkatkan efisiensi evakuasi pada berbagai tingkat risiko banjir dibandingkan pendekatan *Dijkstra* konvensional. Selanjutnya, (Humune *et al*., 2024) menerapkan Algoritma *Dijkstra* untuk menentukan jalur terpendek evakuasi bencana banjir di Kota Manado melalui representasi jaringan jalan berbasis graf dan menghasilkan rute evakuasi berdasarkan bobot jarak antar ruas jalan. Selain itu, (Liang *et al*., 2025) mengembangkan model perencanaan jalur pada kondisi banjir perkotaan menggunakan algoritma A* yang dimodifikasi dengan mempertimbangkan kondisi genangan dan penugasan tim penyelamat secara dinamis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan algoritmik mampu membantu proses penentuan rute dan mendukung penanganan bencana secara lebih efektif.

Meskipun penelitian mengenai jalur evakuasi banjir telah berkembang cukup pesat, sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan Algoritma *Dijkstra* maupun variasinya sebagai metode utama dalam menyelesaikan permasalahan jalur terpendek. Padahal perkembangan terbaru dalam bidang teori graf menunjukkan adanya algoritma yang memiliki efisiensi teoritis lebih baik pada kasus tertentu. Salah satu perkembangan tersebut adalah Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* yang diperkenalkan pada tahun 2025 untuk menyelesaikan permasalahan *Single Source Shortest Path* (SSSP). Algoritma ini memiliki kompleksitas waktu $O(m\ log^{2/3} n)$ pada graf berbobot non-negatif dan menjadi salah satu terobosan penting dalam penelitian jalur terpendek karena berhasil melampaui batas kompleksitas yang selama ini dicapai oleh Algoritma *Dijkstra* pada graf jarang (Duan *et al*., 2025). Kehadiran algoritma ini membuka peluang baru untuk meningkatkan efisiensi pencarian rute pada jaringan graf yang berukuran besar.

Keunggulan utama Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* terletak pada kemampuannya mengurangi jumlah simpul yang harus diproses melalui pendekatan *Bounded Multi-Source Shortest Path* (BMSSP). Pendekatan tersebut memungkinkan proses pencarian jalur dilakukan secara lebih efisien tanpa mengurangi ketepatan hasil yang diperoleh. Sebagai salah satu algoritma *Single Source Shortest Path* (SSSP) deterministik modern, Algoritma *Duan-Mao-Mao-*

Shu-Yin merupakan pengembangan terbaru dalam penyelesaian permasalahan jalur terpendek pada graf berbobot non-negatif dengan menawarkan kompleksitas teoritis yang lebih baik dibandingkan beberapa algoritma deterministik sebelumnya. Karakteristik tersebut menjadikan *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* berpotensi diterapkan pada jaringan jalan berskala besar yang memiliki jumlah simpul dan sisi yang banyak, sehingga efisiensi komputasi menjadi aspek yang sangat penting. Meskipun demikian, berdasarkan hasil penelusuran literatur, penelitian yang mengimplementasikan Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* pada bidang mitigasi bencana masih sangat terbatas. Hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang menerapkan algoritma tersebut pada penentuan jalur evakuasi banjir di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini penting dilakukan sebagai upaya menyediakan informasi jalur evakuasi banjir menuju shelter bagi masyarakat di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe melalui penerapan Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin*. Penelitian ini berfokus pada penerapan algoritma *Single Source Shortest Path* (SSSP) deterministik modern dalam menentukan jalur evakuasi berdasarkan jaringan jalan yang tersedia. Tujuan penelitian adalah menghasilkan rekomendasi jalur evakuasi menuju shelter secara efektif serta mengkaji penerapan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* pada permasalahan nyata di bidang mitigasi bencana. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu komputer, khususnya pada bidang teori graf, algoritma jalur terpendek, dan penerapan sistem informasi geografis dalam penanggulangan bencana. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat memperoleh informasi jalur evakuasi yang lebih cepat, tepat, dan efisien sehingga mendukung kesiapsiagaan dalam menghadapi potensi bencana banjir. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengangkat judul "Penerapan Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dalam Sistem Penentuan Jalur Evakuasi Banjir Menuju Shelter di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe."

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dan algoritma *Dijkstra* dalam sistem jalur evakuasi banjir berbasis web di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe?
2. Bagaimana hasil perbandingan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dan algoritma *Dijkstra* dalam menentukan jalur evakuasi banjir terdekat berdasarkan jaringan jalan di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun sistem jalur evakuasi banjir berbasis web dengan penerapan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dan algoritma *Dijkstra* di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe.
2. Mengetahui hasil perbandingan Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dan Algoritma *Dijkstra* dalam menentukan jalur evakuasi banjir terdekat berdasarkan jaringan jalan di Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu komputer, khususnya pada bidang teori graf, algoritma pencarian jalur terpendek (*shortest path*), Sistem Informasi Geografis, serta penerapan Algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dalam mendukung mitigasi bencana.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan penentuan jalur evakuasi berbasis algoritma graf dan pemanfaatannya dalam sistem informasi kebencanaan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe dalam memperoleh informasi jalur evakuasi banjir terdekat menuju titik evakuasi yang aman sehingga dapat mendukung proses evakuasi saat terjadi bencana.

4. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai hasil penerapan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dibandingkan dengan Algoritma *Dijkstra* dalam menentukan jalur evakuasi banjir terdekat.
5. Penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai penggunaan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* pada sistem jalur evakuasi banjir sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan sistem mitigasi bencana yang lebih efektif di masa mendatang.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Agar penelitian tidak melebar dan tetap fokus pada permasalahan yang diteliti, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di wilayah Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh.
2. Penelitian fokus pada pengembangan sistem jalur evakuasi banjir berbasis web.
3. Data yang digunakan meliputi data titik evakuasi banjir yang diperoleh dari BPBD Kota Lhokseumawe serta data jaringan jalan Kecamatan Muara Satu yang diperoleh dari *OpenStreetMap*.
4. Pemodelan jaringan jalan direpresentasikan dalam bentuk graf berbobot, di mana simpul (*node*) merepresentasikan persimpangan jalan dan sisi (*edge*) merepresentasikan ruas jalan.
5. Penentuan jalur evakuasi dilakukan menggunakan algoritma *Duan-Mao-Mao-Shu-Yin* dan *Dijkstra* sebagai *baseline* pembanding.
6. jalur evakuasi yang dihitung adalah rute dari pemukiman *User* (titik evakuasi awal) menuju bangunan pengungsian yang aman (shelter).
7. Sistem yang dibangun hanya berfokus pada pencarian jalur evakuasi banjir terdekat dan tidak mencakup fitur prediksi bencana maupun sistem peringatan dini banjir.