

Efektivitas *Early Warning System* Berbasis Kecerdasan Buatan dalam Memprediksi Banjir

Alden Luthfi A. (2206028932) - MPPI B

Abstrak – Banjir adalah bencana yang sulit diprediksi karena sifatnya yang non-linear dan dinamis [1]. Walaupun sistem-sistem fisik dan statistik sudah cukup akurat dalam memprediksi datangnya banjir, perlu ada sistem yang dapat lebih akurat lagi memprediksi terjadinya banjir terutama dalam mengantisipasi potensi kerusakan dan kerugian yang disebabkan oleh banjir. Tulisan ini menggunakan hasil dari beberapa penelitian dan artikel terdahulu untuk menunjukkan bahwa banyak model *early warning system* banjir berbasis kecerdasan buatan yang bisa diandalkan dalam memprediksi serta mengevaluasi potensi kerugian yang disebabkan banjir secara lebih akurat.

Kata Kunci – Kecerdasan buatan, prediksi banjir, *early warning system*, *artificial neural network*

PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena alam yang destruktif dan berpotensi untuk menyebabkan kerugian besar. Oleh karena itu, sistem untuk mengkomunikasikan potensi terjadinya banjir kepada pihak yang terdampak secepat mungkin untuk mengurangi terjadinya kerugian baik secara fisik maupun ekonomi yang disebabkan banjir. Tulisan ini bertujuan untuk mengevaluasi beberapa *early warning system* untuk banjir yang telah diterapkan di beberapa negara dan menentukan apakah sistem yang berbasis kecerdasan buatan bisa lebih akurat dan efektif dalam mengatai masalah bencana banjir.

STUDI LITERATUR

Bagian ini akan mendefinisikan teori-teori yang berkaitan dengan studi literatur yang dilakukan, serta keterikatan masing-masing teori dengan bahasan umum yang dikaji pada tulisan ini.

Early warning system untuk memprediksi banjir adalah suatu mekanisme yang digunakan untuk

memperingati daerah yang rawan akan banjir bahwa banjir akan berpotensi untuk terjadi dan langkah preventif untuk memitigasi kerusakan yang terjadi perlu dilakukan [1], [3], [6]. Sebuah *early warning system* menggunakan data yang dapat diambil dari data geografis, geologis dan meteorologis *real-time* ataupun menggunakan sebuah *predictive model* untuk meramal datangnya banjir [2].

Artificial neural network atau jaringan syaraf buatan adalah salah satu bentuk implementasi dari kecerdasan buatan dimana sebuah mesin dapat melakukan perbaikan model berdasarkan hasil dari iterasi sebelumnya dalam proses yang disebut *machine learning*.

Fuzzy algorithm adalah metode komputasi yang menggunakan prinsip logika *fuzzy* untuk menangani informasi yang tidak pasti dan tidak akurat. Algoritma ini umumnya digunakan dalam sistem *fuzzy inference* untuk memproses data masukan dan membuat keputusan berdasarkan aturan *fuzzy*. Algoritma *fuzzy* dirancang untuk meniru penalaran

manusia dan dapat efektif menangani situasi yang kompleks dan ambigu. Fuzzy algorithm telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pengenalan pola, sistem kontrol, dan proses pengambilan keputusan [6].

Regression algorithm adalah metode komputasi yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen. Tujuannya adalah untuk memprediksi nilai numerik kontinu dari variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen. Algoritma regresi dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti peramalan, analisis tren, dan prediksi [3].

METODOLOGI

Tulisan ini menggunakan metode studi literatur dengan sumber artikel dari jurnal yang bertemakan mitigasi dan prediksi bencana banjir. Kata kunci yang dijadikan dasar studi literatur ini adalah kecerdasan buatan, *early warning system*, dan prediksi banjir. Setelah menemukan beberapa artikel yang sesuai dengan kata kunci diatas, penulis menggunakan beberapa teknik mengolah seperti *compare and contrast*, *criticize*, *summarize*, dan *synthesize* untuk menghasilkan kajian yang komprehensif dan kesimpulan yang sesuai atas batasan masalah yang ada.

PEMBAHASAN

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, beberapa *early warning system* berbasis kecerdasan buatan terbukti lebih akurat dalam menyajikan

informasi mengenai datangnya banjir dan potensi kerusakan yang dapat terjadi. Kajian terhadap penerapan *early warning system* untuk banjir, baik yang berbasis kecerdasan buatan maupun tidak telah dilakukan di beberapa negara di dunia. Pada studi literatur ini, sampel negara-negara yang dikaji antara lain Malaysia, Pakistan, Iran, Tiongkok, Semenanjung Korea dan Amerika Serikat.

Penelitian yang dilakukan oleh G. Wee et al. berfokus pada dampak yang disebabkan banjir di daerah aliran sungai Kenyaman, Malaysia [6]. Metodologi dari penelitian ini melibatkan pengembangan sistem prediksi banjir berbasis dampak banjir menggunakan teknik *fuzzy inference*. Sistem ini terdiri dari lima modul utama: unduh dan impor Data, peramalan banjir berbasis kecerdasan buatan, statistik, *fuzzy IBF*, dan tampilan. Model berbasis kecerdasan buatan digunakan untuk meramalkan peta genangan banjir wilayah secara maju beberapa langkah, sementara modul *fuzzy IBF* menilai dampak banjir pada desa-desa menggunakan model *fuzzy inference* tiga lapisan. Penilaian dampak menggabungkan penilaian bahaya, paparan, dan kerentanan daerah dengan mempertimbangkan berbagai indikator dan sub-indikator. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk menyediakan informasi risiko banjir yang akurat dan ramah pengguna kepada pemangku kepentingan untuk mengambil keputusan.

Pengembangan serupa juga dilakukan oleh Randhawa et al. dalam mengembangkan *AquaEye*, sebuah *early warning system* untuk banjir di sekitar

Lahore, Pakistan [1]. Sistem ini menggunakan algoritma *computer vision*, sistem tertanam Raspberry Pi, dan teknologi SMS untuk mendeteksi dan memprediksi potensi bahaya banjir. Algoritma *computer vision* menggunakan deteksi blob untuk mengukur tingkat air berdasarkan tanda linear. Sistem ini juga mencakup dashboard web untuk telemetry tingkat air secara real-time. Teknologi SMS digunakan untuk menyebarkan peringatan banjir yang ditargetkan kepada nomor-nomor ponsel aktif di daerah rawan banjir. Sistem ini bertujuan untuk menjadiefisien biaya, kokoh, dan mudah diterapkan tanpa memerlukan sensor khusus atau pengawasan yang bersifat khusus.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Rostami et al. Melibatkan pemanfaatan produk *Google Earth Engine* (GEE) dan data penginderaan jauh untuk mengembangkan Sistem *Fuzzy-based Flood Warning System* (FFWS) untuk deteksi dini banjir [4]. Studi ini difokuskan pada wilayah Lorestan, Iran dan menganalisis berbagai parameter seperti tutupan vegetasi, suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan evapotranspirasi untuk mengidentifikasi anomali dan menilai kontribusi mereka terhadap terjadinya banjir. FFWS didasarkan pada aturan-aturan fuzzy dan melibatkan pemilihan parameter, deteksi anomali, *fuzzy inference*, dan *defuzzification* untuk memperkirakan probabilitas terjadinya banjir. Akurasi metode yang diusulkan dievaluasi dengan menggunakan anomali yang diamati dan dibandingkan dengan metode

deteksi anomali lainnya seperti M-IQR, MLP, dan RNN.

Penelitian yang dilakukan oleh Zang et al. di Zhengzhou, Tiongkok menggunakan metodologi yang melibatkan beberapa langkah [5]. Pertama, jenis penggunaan lahan di area studi dibagi menggunakan kombinasi peta presisi tinggi, interpretasi visual, pengetahuan pakar, dan peta perencanaan perkotaan. Kemudian, SWMM (*Storm Water Management Model*) digunakan untuk mensimulasikan dan mendapatkan informasi hidrologi seperti kedalaman dan luas genangan di area sub-das. Kerugian banjir dihitung berdasarkan hubungan antara kedalaman genangan, tingkat kerusakan, dan nilai kerugian untuk berbagai jenis properti bangunan. Teknik analisis data pengelompokan yang mengatur diri secara iteratif (ISODATA) digunakan untuk pembagian ambang data kerugian banjir. *ArcGIS Engine* digunakan untuk membangun platform peringatan dini multi-informasi yang memberikan informasi tentang titik genangan, jenis properti bangunan, curah hujan, genangan, dan informasi bencana. Kerentanan banjir dan kerugian ekonomi dianalisis berdasarkan tingkat peringatan dini dari jenis properti bangunan. Studi ini juga menyoroti perlunya penelitian tentang respons darurat, evakuasi, dan penyelamatan di area perumahan dan komersial. Secara keseluruhan, metodologi ini menggabungkan klasifikasi penggunaan lahan, simulasi hidrologi, perhitungan kerugian banjir,

pembagian ambang, dan pengembangan sistem peringatan dini.

Untuk menganalisis salah satu penyebab banjir yaitu hujan lebat, Wang et al. di Semenanjung Korea membagi penelitiannya menjadi dua tahap [3]. Pada tahap pertama, pentingnya variabel radar dalam meramalkan hujan deras dievaluasi menggunakan teknik regresi *machine learning* (ML) yang diawasi. Empat metode regresi ML yang digunakan, termasuk Lasso, *random forest regression* (RFR), *supporting vector regression* (SVR), dan *artificial neural network* (ANN). Model ML dikalibrasi dengan dataset pelatihan dan metrik kepentingan permutasi dihitung untuk setiap variabel input. Berdasarkan metrik yang dihasilkan, variabel input yang relevan dipilih dan model regresi ML dikalibrasi ulang dan diuji pada dataset validasi. Pada tahap kedua, model klasifikasi ML yang diawasi berdasarkan metode pemodelan *convolutional neural network* (CNN) dikembangkan untuk memprediksi lokasi badai. Hasil pemodelan regresi dari bagian pertama diterapkan untuk membuat ramalan kondisi hujan deras dan memberikan peringatan dini. Model klasifikasi ML dilatih dengan data lokasi badai dan variabel radar. Secara keseluruhan, metodologi ini menggabungkan teknik regresi dan klasifikasi ML untuk mengukur pentingnya variabel radar, memprediksi lokasi badai, dan memberikan peringatan dini untuk peristiwa hujan deras.

Penelitian yang terakhir dilakukan oleh Mousavi et al. melibatkan penerapan pendekatan berbasis data

untuk prediksi banjir [2]. Studi ini difokuskan pada DAS Brandywine-Christina di Pennsylvania, Amerika Serikat dan menggunakan data yang dikumpulkan dari empat stasiun pengukuran, dengan tiga stasiun terletak di hulu dan satu stasiun di hilir. Data input terdiri dari data curah hujan yang diamati di stasiun-stasiun hulu, sedangkan data output adalah data debit di stasiun hilir. Tiga model prediksi *machine learning*, yaitu MLP, LSTM, dan GRU, digunakan untuk menganalisis data dan membuat ramalan banjir. Kinerja model dievaluasi menggunakan kriteria seperti regresi R, NSE, dan RMSE. Selain itu, studi ini mencakup penggunaan Jaringan Luas Low Power (LPWAN) dan LoRaWAN sebagai protokol komunikasi dan arsitektur jaringan untuk mentransmisikan data dari stasiun pengukuran ke server jaringan berbasis awan.

KESIMPULAN

Teknologi kecerdasan buatan adalah aspek teknologi yang terus berkembang di masa yang akan datang, tidak terlepas dari dunia kebencanaan. Oleh karena itu, kecerdasan buatan menyajikan beberapa solusi untuk membantu baik masyarakat maupun pemegang kepentingan untuk lebih baik mengambil langkah yang tepat saat terjadinya bencana khususnya bencana banjir. Dengan adanya kajian literatur ini, penulis berharap penerapan sistem-sistem berbasis kecerdasan buatan dapat diintegrasikan di kehidupan sehari-hari secara lebih merata di masa yang akan datang.

REFERENSI

- [1] R. H. Randhawa, R. Mahmood and T. Ahmad. (2018). "AquaEye: A Low Cost Flood Early Warning System for Developing Countries," *International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)*, Islamabad, Pakistan, pp. 345-349.
- [2] F. S. Mousavi, S. Yousefi, H. Abghari and A. Ghasemzadeh. (2021). "Design of an IoT-based Flood Early Detection System using Machine Learning," *26th International Computer Conference, Computer Society of Iran (CSICC)*, Tehran, Iran, pp. 1-7.
- [3] Y. V. Wang et al. (2021). "Relative Importance of Radar Variables for Nowcasting Heavy Rainfall: A Machine Learning Approach," in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 61, pp. 1-14.
- [4] Amirhossein Rostami, Mehdi Akhoondzadeh, Meisam Amani. (2022). "A fuzzy-based flood warning system using 19-year remote sensing time series data in the Google Earth Engine cloud platform," *Advances in Space Research*, vol 70, pp. 1406-1428.
- [5] Yawen Zang, Yu Meng, Xinjian Guan, Hong Lv, Denghua Yan. (2022). "Study on urban flood early warning system considering flood loss," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol 77.
- [6] Gary Wee, Li-Chiu Chang, Fi-John Chang, Mohd Zaki Mat Amin. (2023). "A flood Impact-Based forecasting system by fuzzy inference techniques," *Journal of Hydrology*, vol 625, pt. B.