

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Longsor merupakan bencana yang sering terjadi tanpa adanya ketidakpastian baik waktu ataupun lokasi. Ketidakpastian terjadinya longsor disebabkan oleh faktor-faktor penyebabnya [1]. Untuk itu, sangat penting untuk dilakukan penelitian tentang faktor – faktor yang sangat berpengaruh terhadap bencana longsor.

Penelitian yang dilakukan oleh [1] menunjukkan bahwa terjadinya tanah longsor ditandai dengan terjadinya deformasi konstan. Oleh karena itu pada penelitian ini dengan mengkombinasikan antara curah hujan dan RWL, maka deformasi tanah sangat dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi dan penurunan RWL dengan ditandai oleh efek hysteresis yang khas. Pada penelitian ini dengan menggunakan Model PSO-LSSVM untuk memprediksi perpindahan term Periodik yang dilakukan dengan mengambil lima variable input menggunakan analisis korelasi grey, termasuk curah hujan bulan sebelumnya, curah hujan dua bulan sebelumnya, perubahan RWL bulan sebelumnya dan periode perpindahan selama setengah tahun sebelumnya. Selain itu perpindahan term tren diprediksi menggunakan model kuadrat terkecil. Rasionalitas model PSO-LSSVM diverifikasi dengan membandingkan model BP dan model PSO-SVM berdasarkan MAE, dan RMSE.

Zhang J., dkk [2] mengambil studi kasus dari lereng barat daya di kabupaten Xiji untuk mengidentifikasi resiko awal dari bahaya, merupakan salah satu cara teknis dalam melakukan pencegahan serta pengendalian geologi. Dalam mengidentifikasi bencana longsor yang harus di ketahui terlebih dahulu adalah

resiko yang dapat menyebabkan terjadinya bencana tersebut. Teknik InSAR *time series* tradisional digunakan untuk mengidentifikasi tanah longsor, namun masih sulit untuk mengidentifikasi tanah longsor di daerah pegunungan dengan medan yang luas dan tutupan vegetasi yang tinggi karena pengaruh *inkoherensi spatiotemporal*. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan keunggulan teknologi SBAS-InSAR dan teknologi PS-InSAR dalam mengekstraksi informasi deformasi.

Penelitian berikutnya dari Watlet, A., dkk [4] menemukan bahwa kelembapan merupakan faktor utama terjadinya tanah longsor pada pegunungan yang memiliki iklim tropis dan subtropis di wilayah Munnar, India. Oleh karena itu, peneliti berinisiatif untuk melakukan pemantauan terhadap perubahan resistivitas listrik sebagai proksi kelembaban tanah di bawah permukaan lereng dangkal, yang rawan longsor di pegunungan western ghats (india) dengan menyelidiki transferabilitas metode dari penerapannya di daerah iklim sedang ke daerah pegunungan tropis. Pada penelitian ini menyajikan tentang penerapan sistem pemantauan ERT yang baru dikembangkan disebut dengan PRIME (*Proactive Infrastructure Monitoring and Evaluation*).

Penelitian di daerah tiongkok oleh Tan, W., dkk [5] menunjukkan bahwa teknik penambangan yang terbuka dalam skala yang besar, mengakibatkan peningkatan tajam dalam jumlah lereng yang tinggi dan curam. Dengan adanya perkembangan teknologi, maka pemantauan longsor lereng dalam skala besar dan jangka panjang tidak dapat dicapai menggunakan pengukuran lereng tradisional karena akan kesulitan untuk menampilkan tren keseluruhan deformasi lereng.

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, radar pemantau deformasi mikro telah banyak digunakan dalam pemantauan longsor lereng tambang terbuka. Radar ini mampu melakukan pemantauan waktu nyata jarak jauh dan semua cuaca, menggunakan perubahan fase gelombang elektromagnetik untuk mendapatkan informasi deformasi keseluruhan dari area target.

China merupakan salah satu negara yang paling banyak terdampak bencana longsor. Lin, Z., dkk [7] menemukan bahwa China sangat kondusif untuk terjadinya longsor, hal ini terjadi akibat dari pembangunan Waduk *Three Georgers* yang menimbulkan perpindahan pada tanah. Metode analisis *time series* sering diterapkan untuk menganalisis perpindahan tanah longsor dan membangun model prediksi tanah longsor. Data perpindahan tanah merupakan jenis data yang dapat mencerminkan stabilitas dan perubahan keadaan tanah longsor itu sendiri dengan perubahan waktu. Oleh karena itu, melihat masalah diatas maka sangat penting dan perlu untuk memprediksi perpindahan tanah longsor. Prediksi perpindahan tanah longsor merupakan kunci sistem peringatan tanah longsor. Prediksi perpindahan tanah longsor yang lebih baik, maka memungkinkan untuk mendapatkan keputusan yang lebih akurat mengenai rawan bahaya longsor pada lereng di Baishuihe.

Wang, N., dkk [8] mengambil studi kasus tanah longsor baota di kabupaten Yunyang yang berada di wilayah Waduk *Three Georgers* menemukan bahwa bencana longsor terjadi disebabkan karena faktor-faktor seperti air waduk dan curah hujan, faktor tersebut dapat mengakibatkan kestabilan tanah longsor dapat berubah pada derajat yang bervariasi dengan laju penurunan pada permukaan air yang berbeda. Oleh karena itu, mempelajari stabilitas tanah longsor yang diperlakukan

di bawah tingkat penurunan air waduk yang berbeda di tiga area reservoir ngarai tidak hanya teoritis yang kompleks, tetapi juga masalah implementasi utama dan penting dalam menganalisis serta mempelajari status stabilitas tanah longsor yang timbul dibawah aksi penurunan air reservoir. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa curah hujan merupakan faktor utama yang mempengaruhi stabilitas tanah longsor.

Secara teori tanah longsor dapat terus bergerak setelah gempa bumi Cao, Y., dkk [9] pada penelitiannya mengemukakan bahwa pola pergerakan tanah longsor co-seismik yang cepat serta koheren sangat sulit dipantau karena beberapa teknik yang digunakan tidak memiliki resolusi temporal untuk mengidentifikasi perubahannya. Untuk mengatasi masalah tersebut maka pada penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan pendekatan *time-series* berbasis fase-gradien InSAR baru untuk mendeteksi lokasi tanah longsor yang bergerak lambat akibat dari gempa bumi di area luas, sehingga sulit dipantau menggunakan Teknik InSAR biasa (D-InSAR, Stacking, atau SBAS – InSAR) akibat efek deformasi tektonik pasca-seismik, penundaan atmosfer, dan kemungkinan kesalahan yang tidak terpantau. Total 21 tanah longsor lambat yang di dipicu oleh gempa bumi Kaikoura 7,8 Mw 2016 terdeteksi.

Jaringan jalan di negara italia sangat dipengaruhi oleh bahaya alam Pecoraro, G., dkk [10] mengambil studi kasus tanah longsor yang bergerak lambat di dua wilayah italia yaitu Vaglio Basilicata dan Trivigno, dimana tanah longsor bergerak lambat dapat menghasilkan deformasi, retakan, dan kegagalan local. Kemajuan teknis dalam SIG, pengindraan jauh, dan komputasi lunak memungkinkan

penggunaan algoritma machine learning dapat mengungkap korelasi antara perkembangan tanah longsor dan faktor predisposisi. Akan tetapi model yang berbeda memiliki kelebihan dan kekurangannya, serta kinerjanya yang bervariasi. Oleh karena itu, tidak ada konsensus yang dicapai mengenai Teknik yang paling cocok dan efisien untuk setiap wilayah, serta kemampuan prediksi model sangat tergantung pada input data yang tersedia dan kondisinya. Penelitian ini dilakukan dengan mengusulkan suatu metodologi yang ditujukan untuk melakukan penilaian pada skala kota tingkat resiko (atau perhatian yang diperlukan) ruas jalan yang terpapar aktivitas terjadinya tanah longsor atau berpotensi bergerak lambat. Produk akhir dari analisis ini adalah klasifikasi menjadi empat kelas dengan deskripsi “sangat rendah”, “rendah”, “sedang”, dan “tinggi” – dari tingkat resiko (atau perhatian yang diperlukan) di sepanjang koridor jalan.

He, Y., dkk [11] melakukan penelitian terhadap fenomena terjadinya tanah longsor di Lanzhou yang terjadi akibat faktor curah hujan yang lebat sehingga menimbulkan deformasi pada permukaan tanah. Metode SBAS-InSAR merupakan teknologi baru yang telah banyak digunakan dan sangat cocok untuk memantau dan melacak deformasi permukaan tanah yang digunakan untuk identifikasi awal zona longsor potensial. LSA digunakan untuk prediksi spasial tanah longsor dengan cara menginventarisasi tanah longsor serta faktor yang mempengaruhinya agar bisa dibangun sebuah model untuk memprediksi spasial potensi tanah longsor. Kemudian akan digunakan *Multilayer perceptron* (MLP) untuk membuat kerentanan tanah longsor yang akurat. Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan dua metode dalam upaya untuk mengidentifikasi zona longsor

potensial dengan cepat. Berdasarkan hasil LSA, InSAR, dan MLP sebuah model threshold diusulkan untuk mengintegrasikan hasil longsoran dari kedua metode tersebut untuk mencapai ekstraksi zona potensi longsor yang akurat.

Luo, W., dkk [12] mengemukakan bahwa prediksi perpindahan tanah longsor yang akurat dan andal adalah pendekatan yang berguna untuk mengurangi bahaya tanah longsor. Pergeseran kumulatif tanah longsor mengacu pada kondisi geologis, lingkungan hidrologis, curah hujan, dan faktor pemicu eksternal lainnya. Untuk mempertahankan sistem peringatan dini longsor, maka pada penelitian ini dirancang model hybrid LMD-ETS-TCN untuk memprediksi perpindahan kumulatif longsor. Dibandingkan dengan metode lain seperti ARIMA, SVR, dan LSTM, maka model TCN memberikan hasil yang paling baik, tidak hanya dalam akurasi prediksi tetapi juga dalam bias prediksi. Sementara itu penelitian ini menemukan bahwa model DL lebih baik dari model tradisional. Mempertimbangkan total sampel yang kecil, maka bisa disimpulkan bahwa model DL yang dirancang untuk data sekuensial dapat mengungguli model mesin learning tradisional.

Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu

No	Focus	Based Of Theory	Results	Reference
1	Memanfaatkan Model PSO-LSSVM yang digunakan untuk memprediksi perpindahan tanah longsor.	1. Model PSO, 2. Model LSSVM, 3. Model PSO-LSSVM	Hasil menunjukkan bahwa model PSO-LSSVM memiliki akurasi yang baik dan memiliki nilai penerapan tertentu dalam memprediksi longsor	[1]

Lanjutan Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu

No	Focus	Based Of Theory	Results	Reference
2	Menggabungkan keunggulan teknologi SBAS-InSAR dan teknologi PS-InSAR dalam mengekstraksi informasi deformasi.	1. Model InSAR, 2. Model SBAS-InSAR, 3. Model PS-InSAR	Hasil yang diberikan bencana longsor dapat diprediksi dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat 6 jam sebelumnya.	[2]
3	Memantau perubahan resistivitas listrik sebagai proksi kelembaban tanah	1. Sistem ERT 2. Sistem PRIME	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ERT sebagai metode pemantauan bisa berhasil di daerah pegunungan tropis.	[4]
4	DOD dihitung dengan menerapkan parameter perpindahan seperti perpindahan deformasi, koherensi, dan volume deformasi.	Metode DOD	Hasilnya dengan diperkenalkan volume deformasi dan koherensi, metode ini dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini tepat waktu dan efektif sebelum longsor target dan hasil prediksi yang lebih akurat dan masuk akal bagi pengelolaan.	[5]
5	Menggabungkan model EWMA untuk mempertimbangkan karakteristik data time series longsor dan model BiLSTM dalam memproses data time series dengan tepat dalam memprediksi perpindahan tren.	1. Model EWMA, 2. Model BiLSTM	Hasil dari penelitian ini ditemukan bahwa model EWMA dan BiLSTM dapat memberikan hasil prediksi perpindahan longsor yang akurat dan secara efektif dapat meningkatkan penilaian orang awam dalam mengambil keputusan tentang longsor yang sering terjadi akibat dari ketidakpastian waktunya.	[7]
6	Menerapkan metode simulasi numerik jenuh-tak jenuh, bidang rembesan air tanah dihitung ketika permukaan air waduk naik dan turun.	<i>Saturated-Unsaturated Numerical Simulation Method</i>	Hasil simulasi rembesan menunjukkan bahwa garis rembesan air tanah berbentuk cembung, yang menunjukkan bahwa air tanah di lereng membutuhkan waktu tertentu untuk mengalir keluar dari lereng, dan terdapat "lag" dibandingkan dengan penurunan muka air waduk.	[8]
7	Dalam penelitian ini, longsor/slump batuan besar yang koheren diasumsikan bergerak secara lambat dan sebagai pemicu pertama kali atau diaktifkan Kembali oleh gempa bumi menjadi focus utama.	Metode pendekatan time series berbasis fase-gradien InSAR baru.	Hasilnya penelitian ini menemukan karakteristik pembusukan dari evolusi temporal tanah longsor sejak gempa bumi, kecepatan pasca-seismiknya akan meluruh 90% dan pulih ke tingkat mendekati pra-seismik, Ini mungkin mengindikasikan penyembuhan diri dari tanah longsor yang bergerak lambat yang dipicu oleh gempa bumi dalam beberapa derajat.	[9]
8	Menggabungkan data berikut: inventaris tanah longsor, peta tematik,	Model DInSAR	Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa pada Vaglio Basilicata, sekitar 9,73 km (33%) jalan tergolong	[10]

	pengukuran perpindahan yang berasal dari pemrosesan interferometrik gambar radar aperture sintetik (DInSAR) dan catatan kerusakan yang diperoleh dari Google Street View.		berisiko tinggi atau sedang dan sekitar 10,58 km (36%) membutuhkan perhatian tinggi atau sedang. Di Trivigno, sekitar 9,73 km (60%) jalan diklasifikasikan sebagai jalan dengan risiko tinggi atau sedang dan sekitar 4,36 km (26%) dengan perhatian tinggi atau sedang.	
9	Tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan laju deformasi dua dimensi dari dua orbital; Mendapatkan LSA berdasarkan faktor pengaruh longsor; Membangun model ambang berdasarkan tingkat deformasi dua dimensi.	Model LSA berbasis InSAR dan MLP	Hasilnya dari penelitian ini menunjukkan bahwa model ambang yang diusulkan sangat transposable dan dapat disesuaikan secara fleksibel dengan keadaan individu dari daerah target untuk mencapai identifikasi yang akurat dari potensi tanah longsor.	[11]
10	Model hybrid dirancang untuk memprediksi perpindahan longsor baijiabao sebagai kasus pengaplikasian secara nyata.	2. Model LMD 3. Model ETS 4. Model TCN	Pada penelitian ini ditemukan bahwa bagian tanah longsor yang tidak stabil dapat menyebabkan akurasi prediksi yang lebih buruk. Selama periode tanah longsor yang langkahnya mirip, urutan perpindahan meningkat dengan cepat dari minimum ke maksimum sehingga menghasilkan kesalahan prediksi yang besar.	[12]

Dari beberapa penelitian sebelumnya ditemukan bahwa terjadinya tanah longsor ditandai dengan perpindahan tanah yang dipicu oleh faktor-faktor seperti curah hujan [1][11], kelembapan tanah [4], penambangan [5], stabilitas tanah [8], gempa bumi [9], kondisi geologis, dan lingkungan hidrologis [12]. Beberapa model ML dan DL menggunakan data *time series* seperti PSO-LSSVM [1], InSAR [2], SBAS-InSAR [2], PS-InSAR [2], ERT [4], PRIME [4], DOD [5], EWMA [7], BiLSTM [7], DiNSAR [10], LSA berbasis InSAR [11], MLP [11], LMD [12], ETS [12], dan TCN [12] telah dimanfaatkan untuk memprediksi perpindahan tanah dengan mengidentifikasi faktor-faktor pemicunya. Hasil dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa model serta metode yang diterapkan dalam memprediksi tanah longsor telah memberikan nilai akurasi yang lebih baik dari model tradisional. Akan tetapi setiap wilayah memiliki karakteristiknya masing-masing, menurut penelitian

[11] mengemukakan bahwa tidak ada konsesus yang dicapai mengenai teknik yang paling cocok dan efisien untuk setiap wilayah, serta kemampuan prediksi model sangat tergantung pada input data faktor pemicunya. Sedangkan penelitian [12] menyatakan bahwa masih diperlukan penelitian untuk mendapatkan lebih banyak data time-series tentang prediksi perpindahan tanah longsor yang berfokus pada faktor-faktor pemicu tanah longsor yang lebih korelatif. Dari hasil perbandingan terhadap penelitian sebelumnya, maka kebaharuan pada penelitian ini adalah menganalisa secara korelatif terhadap faktor pemicu terjadinya perpindahan tanah berdasarkan data *time series* yang menyebabkan terjadinya longsor menggunakan model SARIMA-TCN.