

SKRIPSI

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TANAH LONGSOR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK* DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BINANGAE**

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD LUTHFI ALFITRA

M011191058



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TANAH LONGSOR DENGAN
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI BINANGAE**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD LUTHFI ALFITRA
M011 19 1058**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin

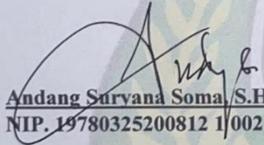
Pada tanggal 29 Desember 2023

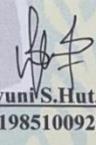
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

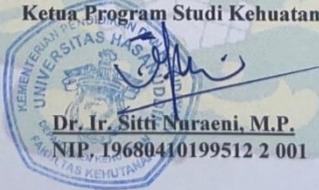
Pembimbing Pendamping


Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., Ph.D
NIP. 19780325200812 1 002


Wahyuni S.Hut., M.Hut.
NIP. 198510092015042001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan,


Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P.
NIP. 19680410199512 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Luthfi Alfitra

NIM : M011191058

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TANAH LONGSOR DENGAN
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI BINANGAE”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat di buktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 29 Desember 2023

Yang menyatakan



Muhammad Luthfi Alfitra

ABSTRAK

Muhammad Luthfi Alfitra (M011191058). Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Dangaena Menggunakan Metode *Artificial Neural Network* di Daerah Aliran Sungai Binangae, Di bawah Bimbingan Andang Suryana Soma Dan Wahyuni

Tanah longsor seringkali sulit diprediksi secara tepat lokasi dan waktu kejadiannya. Namun, peluang terjadinya tanah longsor dapat diantisipasi melalui peta kerawanan tanah longsor. Peta ini memiliki peran krusial dalam mendukung serta menjadi acuan untuk mitigasi dan adaptasi terhadap bencana tanah longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Binangae. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran tanah longsor dan menganalisis pengaruh dari 9 faktor dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network/ANN*) guna menghasilkan peta indeks kerawanan tanah longsor. Peta indeks ini dibuat dengan menggunakan nilai normalisasi frekuensi rasio dari faktor-faktor yang berpengaruh. Dari sembilan faktor yang dianalisis, metode *artificial neural network* menghasilkan peta indeks kerawanan tanah longsor yang terklasifikasi dalam lima kelas kerawanan, dengan nilai validasi AUC yang Dimana nilai kesuksesannya sebesar 0,78 dan nilai prediksi sebesar 0,77. Hasil validasi ini masuk ke dalam kategori cukup, menunjukkan bahwa metode *artificial neural network* memiliki peran penting dalam mendukung perencanaan mitigasi bencana di DAS Binangae.

Kata Kunci: Longsor, Frekuensi Rasio, *Artificial Neural Network*, DAS Binangae

KATA PENGANTAR



Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul “**Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor dengan menggunakan Metode Artificial Neural Network di Daerah Aliran Sungai Binangae**” Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini, yaitu untuk menyelesaikan studi yang saat ini ditempuh di Universitas Hadanuddin Makassar dan untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan.

Tugas Akhir ini penulis dedikasikasikan kepada kedua orang tua yang penulis sayangi dan cintai, Ayahanda **Edios Alfar S.IP** dan Ibunda **Fitriani** yang telah berjuang dengan sepenuh hati untuk membiayai keperluan penulis selama perkuliahan serta dorongan yang telah diberikan, bimbingan dan kasih sayang yang tulus serta doa yang tiada hentinya dipanjatkan kepada Allah SWT demi kesuksesan penulis selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini. Selain itu, terima kasih kepada kakak penulis **Muftihatul Nur Rahma** dan **Lutfia Nur Zairina S.E.** yang telah mendukung dan selalu menanti momen kelulusan penulis, sehingga dapat menjadi motivasi bagi penulis untuk memberikan yang terbaik pada tugas akhir ini sehingga dapat diselesaikan tepat waktu serta seluruh keluarga penulis yang tiada henti mendoakan serta memberi dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih dengan rasa se hormat-hormatnya kepada :

1. Bapak **Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., Ph.D** dan Ibu **Wahyuni S.Hut., M.Hut** selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 atas segala bantuannya dalam memberikan saran, membantu dan mengarahkan penulis mulai dari pemilihan tema, judul, metode hingga selesainya skripsi ini.
2. Ibu **Rizki Amaliah, S.Hut., M.Hut** dan Bapak **Prof. Dr. H. Supratman, S.Hut., M.P** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan skripsi ini.
3. Ketua Departemen Kehutanan Ibu **Dr. Ir. Nuraeni, M.P.** dan **Seluruh Dosen**

Pengajar serta **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar.

4. Terima kasih kepada teman-teman penulis yang telah memberi bantuan serta dukungan selama penulis melakukan penelitian khususnya dalam hal pengambilan data lapangan yaitu **Nurveni S.Hut., Annisa S.Hut., Fajrin Pasbah, Jeamshen Christian Simon S.Hut., Risaldi Marcel, dan Sehryna Ishak S.Hut.**
5. Kepada keluarga besar **Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai** dan terkhusus teman teman **Leonidas 19** serta kakanda **Muh. Dandy Rachmat Ramadhan, S.Hut** yang telah membantu dan menolong dalam segala hal sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Sahabat terdekat penulis **Yusnita Agnia Jamil S.Ds** atas inspirasi, dorongan, dan dukungan secara moril yang senantiasa diberikan, terima kasih telah menempuh jalan bersama dengan tujuan yang berbeda.
7. Serta sahabat sahabatku **Bukan Sahabat tebobs** dan **Ayang** yang tiap saat menemani penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Seluruh teman **Olympus 19** terkhusus untuk teman-teman kelas **Kehutanan A**, dan **KKNT 109 Perhutanan Sosial Posko 1** yang sama-sama berjuang dan selalu memberikan banyak bantuan, semangat, motivasi serta dukungan.

Sebagai penutup, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang tidak sempat disebutkan di atas yang dimana telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini. Walaupun penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyelesaikan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis berharap dapat menerima masukan dan kritik yang membangun untuk dijadikan landasan perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Makassar, 29 Desember 2023

Muhammad Luthfi Alfitra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I. PENDAHULUAN	12
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	14
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	15
2.1 Tanah Longsor.....	15
2.2 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor.....	17
2.3 Pembuatan Peta Kerawanan Tanah Longsor.....	22
2.4 Metode <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	23
2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	25
III. METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Tempat	27
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Prosedur Penelitian	29
3.4 Analisis Data	30
3.4.1. Identifikasi Tanah Longsor.....	30
3.4.2. Faktor Penyebab Tanah Longsor.....	30
3.4.3. Pengelolaan data	34
3.4.4. Analisis Peta Kerawanan Tanah Longsor.....	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Identifikasi dan Inventarisasi Tanah Longsor	38
4.2 Faktor Penyebab Tanah Longsor.....	41
4.3 Metode <i>Frequency Ratio</i>	42

4.3.1 Curah Hujan.....	45
4.3.2 Lereng.....	46
4.3.3 Jarak Dari Sungai.....	47
4.3.4 Litologi.....	48
4.3.5 Ketinggian.....	50
4.3.6 Jarak Dari Patahan.....	51
4.3.7 Penutupan Lahan.....	53
4.3.8 Arah Lereng.....	56
4.3.9 Kelengkungan Bumi.....	57
4.4 Metode <i>Artificial Neural Network</i>	58
4.5 Validasi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor.....	59
4.6 Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor.....	62
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Alat yang digunakan dalam proses penelitian	28
Tabel 3.2	Bahan yang di digunakan dalam proses penelitian.....	28
Tabel 3.3	Bentuk matriks konfusi.....	33
Tabel 4.1	Nilai Frekuensi Rasio dan Nilai Normalisasi Frekuensi Rasio dengan faktor-faktor penyebab tanah longsor	43
Tabel 4.2	Luas Klasifikasi Penutupan Lahan	53
Tabel 4.3	Nilai Iterasi pada pemodelan Longsor.....	60
Tabel 4.4	Nilai AUC dari hasil analisis ROC untuk tingkat kesuksesan dan prediksi	61
Tabel 4.5	Kelas indeks kerawanan tanah longsor.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur Artificial Neural Network	24
Gambar 2.2	Arsitektur jaringan saraf tiruan pada penelitian ini	24
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian DAS Binangae	27
Gambar 3.2	Bagan alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1	Kejadian Tanah Longsor di DAS Binangae (2018-2022)	38
Gambar 4.2	Bentuk interpretasi kejadian tanah longsor bagian, (a) prediksi menggunakan <i>Google Earth</i> , dan (b) Validasi aktual di lapangan	39
Gambar 4.3	Bentuk interpretasi kejadian tanah longsor bagian, (a) prediksi menggunakan <i>Google Earth</i> , dan (b) Validasi aktual di lapang....	40
Gambar 4.4	Bentuk interpretasi kejadian tanah longsor bagian, (a) prediksi menggunakan <i>Google Earth</i> , dan (b) Validasi aktual di lapangan	40
Gambar 4.5	Peta sebaran titik longsor DAS Binangae	41
Gambar 4.6	Peta 9 Faktor Kejadian Tanah Longsor.....	42
Gambar 4.7	Grafik Nilai FR pada Faktor Curah Hujan	45
Gambar 4.8	Grafik Nilai FR pada Faktor Lereng	46
Gambar 4.9	Grafik Nilai FR pada Faktor Jarak Dari Sungai	48
Gambar 4.10	Grafik Nilai FR pada Faktor Litologi.....	49
Gambar 4.11	Grafik Nilai FR pada Faktor Ketinggian	50
Gambar 4.12	Grafik Nilai FR pada Faktor Jarak Patahan.....	52
Gambar 4.13	Grafik Nilai FR pada Faktor Penutupan Lahan	54
Gambar 4.14	Grafik Nilai FR pada Faktor Arah Lereng	56
Gambar 4.15	Grafik Nilai FR pada Faktor Kelengkungan Bumi.....	57
Gambar 4.16	Kurva uji akurasi tingkat kesuksesan <i>Artificial Neural Network</i> ..	61
Gambar 4.17	Kurva uji akurasi tingkat prediksi <i>Artificial Neural Network</i>	61
Gambar 4.18	Presentase Luas Area Kerawanan Tanah Longsor	63
Gambar 4.19	Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Dokumentasi hasil <i>ground check</i> Lapangan.....	74
Lampiran 2	Dokumentasi penutupan lahan di DAS Binangae	76
Lampiran 3	Validasi Penutupan Lahan (<i>Confusion Matrix</i>) DAS Binangae....	78
Lampiran 4	Peta Lokasi Penelitian DAS Binangae	79
Lampiran 5	Peta Sebaran Titik Tanah Longsor DAS Binangae	80
Lampiran 6	Peta Curah Hujan DAS Binangae.....	81
Lampiran 7	Peta Lereng DAS Binangae.....	82
Lampiran 8	Peta Jarak dari Sungai DAS Binangae	83
Lampiran 9	Litologi DAS Binangae	84
Lampiran 10	Peta Ketinggian DAS Binangae	85
Lampiran 11	Peta Jarak dari Patahan	86
Lampiran 12	Peta Penutupan Lahan DAS Binangae	87
Lampiran 13	Peta Arah Lereng DAS Binangae.....	88
Lampiran 14	Peta Kelengkungan Bumi DAS Binangae	89
Lampiran 15	Peta 9 (Sembilan) Faktor Kerawanan Tanah Longsor DAS Binangae	90
Lampiran 16	Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor di DAS Binangae	91
Lampiran 17	Titik Data Curah Hujan tahun 2018-2022 di DAS Binangae.....	92

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang rawan terjadi bencana alam. Hal ini dikarenakan letak geografis Indonesia yang terletak di antara dua benua dan dua samudra serta dilintasi jalur pegunungan yang terbentang dari ujung barat pulau Sumatera hingga ujung timur pulau Papua, sehingga topografi Indonesia bervariasi yang membuat Indonesia rentan terjadinya bencana alam (Tjandra, 2018). Bentang alam di Sulawesi Selatan Indonesia, terutama pada daerah pegunungan seperti Kabupaten Tana Toraja, Kabupaten Enrekang, Kabupaten Barru dan Kabupaten Maros sering terjadi bencana tanah longsor, biasanya terjadi pada saat musim hujan. Nugroho (2016) dalam Susanti, dkk (2017), menyampaikan bahwa telah terjadi 1.681 bencana yang menyebabkan korban jiwa sebanyak 259 orang, yang sebagian besar merupakan korban bencana tanah longsor. Longsor atau sering disebut gerakan tanah/ atau batuan adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena adanya pergerakan tanah atau batuan pada suatu lereng. Longsor merupakan salah satu bencana alam yang banyak terjadi pada daerah lereng (Brahmantyo dan Yulianto, 2014). Tanah longsor diakibatkan oleh dua faktor utama, yaitu Faktor pengendali dan faktor pemicu. Faktor pengendali adalah faktor yang mempengaruhi kondisi material itu sendiri, seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, litologi, kerusakan, dan pertemuan batuan. Pemicunya adalah faktor yang menyebabkan material tersebut berpindah, seperti hujan, gempa bumi, erosi dasar lereng, dan aktivitas manusia (Naryanto, 2013; Naryanto, 2017).

Kejadian tanah longsor seringkali sulit diprediksi secara tepat di mana dan kapan akan terjadi, serta berapa tingkat kerusakan yang ditimbulkan. Namun peluang terjadinya tanah longsor dapat diprediksi dalam bentuk peta kerawanan longsor (Naryanto dkk., 2006; Bachri dkk., 2021) Banyak peneliti telah membuat

peta kerawanan tanah longsor pada kondisi geografis yang beragam, diperuntukkan untuk kondisi tertentu. Metode dan teknik analisis untuk pemodelan kerawanan tanah longsor telah berkembang terus menerus dari waktu ke waktu. Beberapa metode yang pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya untuk memetakan kerawanan tanah longsor seperti *frequency ratio* (Fadhila, 2016), *fuzzy logic* (Effendi dan Hariyanto, 2016), *Regression logistic* (Ayalew and Yamagishi 2005; Rasyid dkk. 2016; Soma dan Kubota 2017), dan *Artificial Neural Network* (Dou dkk., 2015; Ortiz dan Martínez Graña, 2018; QiqingWang dkk., 2019; Bachri dkk., 2021). Penelitian ini memilih metode ANN dibandingkan metode lainnya dikarenakan menurut Nandi (2020) kemampuan ANN untuk menangani data yang lebih kompleks. ANN dapat digunakan untuk menangani data yang kompleks dan tidak linear, seperti data yang terkait dengan faktor-faktor lingkungan dan geologis yang berkontribusi terhadap tanah longsor. Serta Jayanti, dkk (2020) mengemukakan bahwa menggunakan metode ANN menghasilkan data output yang memiliki tingkat koreksi yang lebih tinggi.

Model *Artificial Neural Network* (ANN), yaitu model pemrosesan informasi yang terinspirasi dari bagaimana sistem biologis, khususnya otak manusia, bekerja untuk memecahkan masalah. Sebuah model ANN terdiri dari beberapa unit pemrosesan (*neuron*) yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk memecahkan suatu masalah tertentu (Másson dan Wang, 1990 dalam Bachri dkk., 2021). Setiap *neuron* menerima sinyal dari elemen (*data input*) yang diproses secara matematis hingga untuk menghasilkan sinyal *output*. Dalam penelitian kerawanan longsor, pemilihan faktor yang digunakan sangat mempengaruhi akurasi output neuron.

Lokasi penelitian berada di DAS Binangae, DAS Binangae memiliki luas sekitar 6.992,18 ha. Secara administrasi Das Binangae mencakup dua kabupaten yakni Kabupaten Barru (Kecamatan Barru, Kelurahan Coppo, Mangempang, Seppee, Sumpang Binangae, Tuwung, Desa, Anabanua, Galung, Palakka, Siawung,

dan Tompo) dan Soppeng (Kecamatan Lalabata). Berdasarkan laporan yang dihimpun oleh Pusat Pengendalian Operasi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (Pusdalops BNPB) pada bulan Februari Tahun 2023 terdapat empat kecamatan terdampak peristiwa banjir dan tanah longsor, meliputi Kecamatan Barru (Kelurahan Seppee, Tuwung, Mangempang dan Coppo) dan Kecamatan Balusu (Kelurahan Takalasi). Pelaksana Tugas Kepala Pusat Data dan Komunikasi Kebencanaan BNPB Muhari (2023) menjelaskan kejadian ini menyebabkan kerugian materil yang meliputi 1.149 rumah terendam banjir serta akses jalan tertutup tertutup material longsor. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis tingkat kerawanan longsor di DAS Binangae dengan metode *Artificial Neural Network*.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi sebaran tanah longsor priode Tahun 2018-2022 di DAS Binangae.
2. Menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor di DAS Binangae.
3. Membuat peta kerawanan tanah longsor dengan menggunakan metode ANN.

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi bagi masyarakat juga pemerintah mengenai tingkat kerawanan tanah longsor dengan melihat faktor penyebabnya, serta sebagai acuan mitigasi dan adaptasi bencana tanah longsor di DAS Binangae.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

Bencana merupakan peristiwa atau rangkaian peristiwa yang tidak menyenangkan dan mengganggu kehidupan dan mata pencaharian masyarakat yang terkena dampak. Baik faktor alam maupun faktor non-alam, serta faktor manusia yang menyebabkan kerugian di kehidupan manusia, kerusakan lingkungan, kehilangan kekayaan dan dampak psikologis (BNPB, 2007). Menurut Suratman Woro Suprojo (2012) Bencana alam telah menjadi masalah besar dan mendapat perhatian khusus. Hal ini merupakan dampak dan kerusakan besar yang ditimbulkan oleh bencana alam serta masa pasca bencana. Salah satu bencana yang sering terjadi adalah tanah longsor.

Longsor merupakan pergerakan material pembentuk lereng berupa batuan, puing-puing, tanah, atau material terkait ke bawah atau menjauhi lereng. Dari sudut pandang geologi, tanah longsor adalah peristiwa geologis dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau bongkahan tanah yang besar (Nandi, 2007). Sementara Djati (2016) menjelaskan Longsor merupakan suatu proses yang mengganggu keseimbangan lereng sehingga menyebabkan massa batuan berpindah ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang menahan massa tanah menuruni lereng dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan sudut geser tanah yang bekerja sepanjang lereng. Perubahan gaya tersebut disebabkan oleh pengaruh perubahan alam dan perbuatan manusia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) juga mendefinisikan tanah longsor sebagai suatu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, yang bergerak turun atau menuruni lereng akibat gangguan pada lereng. Stabilitas tanah atau batuan pembentuk lereng. Merujuk dari pengertian di atas semuanya memiliki satu kesamaan yaitu pergerakan massa tanah dalam jumlah yang besar. Gerak tanah adalah salah satu proses

perpindahan massa tanah/batuan dalam arah mendatar atau miring ke posisi semula akibat pengaruh gravitasi, aliran air dan beban luar. (Novianto, dkk., 2004). Menurut Nandi (2007) Tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan pada lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba, jatuhnya bebatuan dan kerikil yang rapuh.

Beberapa ciri atau karakteristik daerah yang rawan akan gerakan tanah/tanah longsor, yaitu (Darsoatmodjo dan Soedrajat, 2002 dalam Subhan,2006):

- a. Adanya gunung api yang menghasilkan endapan batuan vulkanik yang umumnya belum padu dan dengan proses fisik dan kimiawi maka batuan akan melapuk, berupa lempung pasir atau pasir lempungan yang bersifat sarang, gembur dan mudah meresapkan air.
- b. Adanya bidang luncur antara batuan dasar dengan tanah pelapukan, bidang luncuran tersebut merupakan bidang lemah yang licin dapat berupa batuan lempung yang kedap air atau batuan breksi yang kompak dan bidang luncuran tersebut miring ke arah lereng yang terjal.
- c. Pada daerah pegunungan dan perbukitan terdapat lereng yang terjal, pada daerah jalur patahan/sesar juga dapat membuat lereng menjadi terjal dan dengan adanya pengaruh struktur geologi dapat menimbulkan zona retakan sehingga dapat memperlemah kekuatan batuan setempat.
- d. Pada daerah aliran sungai tua dapat mengakibatkan lereng menjadi terjal, akibat pengikisan air sungai ke arah lateral, bila daerah tersebut disusun oleh batuan yang kurang kuat dan tanah pelapukan yang bersifat lembek dan tebal maka mudah untuk longsor.
- e. Faktor air, yaitu bila di lereng bagian atas terdapat adanya saluran air tanpa tembok, persawahan, kolam ikan, bila saluran tersebut jebol atau bila turun hujan air permukaan tersebut meresap ke dalam tanah akan mengakibatkan kandungan air dalam massa tanah akan lewat jenuh, berat

massa tanah bertambah dan membuat tanah bergeser setra, menurun serta daya ikat tanah menurun sehingga gaya pendorong pada lereng bertambah yang dapat mengakibatkan lereng tersebut goyah dan bergerak menjadi longsor.

Salah satu penelitian yang membahas hubungan antara tanah longsor dan daerah aliran sungai adalah penelitian oleh Wu et al. pada tahun 2017 yang berjudul "*Influence of landslides on fluvial network topology and channel properties: a study of the Tangjiashan landslide, China*". Penelitian ini menunjukkan bahwa tanah longsor dapat mempengaruhi kondisi dan karakteristik sungai seperti perubahan topologi dan sifat aliran sungai. Pengelolaan DAS bagian hulu sering menjadi fokus perhatian, mengingat kawasan DAS bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi, sehingga kesalahan penggunaan lahan daerah hulu akan berdampak pada masyarakat di daerah hilir. Terbukanya lahan yang berbukit di daerah hulu baik karena penerapan cara pengelolaan tanah yang keliru menyebabkan terjadinya erosi dan tanah longsor (Atmojo, 2008). Apabila fungsi dari suatu DAS terganggu, maka sistem hidrologi akan terganggu, penangkapan curah hujan, resapan dan penyimpanan airnya sangat berkurang, atau memiliki aliran permukaan (*run off*) yang tinggi. Aliran permukaan menurut Arsyad (2006) adalah bagian air hujan yang mengalir ke sungai atau saluran, danau, atau laut berupa aliran di atas permukaan tanah atau aliran di bawah permukaan tanah yang masuk kedalam tanah yang telah jenuh kemudian keluar kembali ke permukaan dan mengalir ke danau, sungai atau tempat yang lebih rendah.

2.2 Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Tanah longsor memiliki dimensi spasial dan temporal. Tanah longsor dapat terjadi hanya di lereng atau di atas bukit, gunung, tepi sungai atau struktur bendungan. Tanah longsor dapat diidentifikasi dengan mengidentifikasi pemicu

dan pemicu terjadinya tanah longsor. (Muntohar, 2012). Arsyad (2006) mengemukakan bahwa tanah longsor terjadi jika tiga syarat terpenuhi, yaitu:

- a. Adanya lereng yang cukup curam memungkinkan adanya pergerakan atau kelongsoran massa tanah.
- b. Di bawah permukaan massa tanah terdapat lapisan yang agak kedap air dan lunak, yang berubah menjadi bidang bergerak
- c. Ada cukup air di dalam tanah untuk menjenuhkan massa tanah tepat di atas lapisan kedap air.

Penyebab longsor dapat diartikan sebagai faktor yang cenderung rentan atau longsohnya lereng pada tempat dan waktu tertentu. Faktor penyebab dapat disebut sebagai faktor yang menyebabkan keruntuhan struktur lereng, yang kemudian membuat lereng menjadi tidak stabil. Pemicu adalah peristiwa yang pada akhirnya dapat menyebabkan tanah longsor. Dari sini dapat disimpulkan bahwa gabungan dari faktor-faktor penyebab menyebabkan memburuknya kondisi lereng bangunan, sedangkan faktor primer pada akhirnya menyebabkan keruntuhan/pergerakan biasanya, faktor pemicu mudah ditentukan setelah terjadinya tanah longsor.

Nandi (2007) juga menulis bahwa tanda umum longsor adalah munculnya retakan di sepanjang arah pegunungan, yang biasanya muncul setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba, serta batu dan kerikil halus. Faktor lainnya adalah:

- a) Curah hujan

Faktor penting penyebab tanah longsor adalah curah hujan, dimana curah hujan yang tinggi dalam waktu lama menyebabkan air hujan turun dan meresap, merusak struktur batuan yang padat dan kedap air. Lama kelamaan batuan tersebut pecah dan material batuan tersebut terbawa aliran air sehingga menyebabkan tanah longsor (Nandi, 2007). Musim kemarau yang panjang mengakibatkan penguapan air yang sangat besar

dari permukaan tanah. Hal ini menyebabkan munculnya rongga tanah yang menyebabkan retakan dan retakan tanah di permukaan. Saat hujan, air akan merembes ke bagian yang retak sehingga menyebabkan tanah cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu yang singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang membuat air akan masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral (Nandi, 2007).

b) Lereng

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180° apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsohnya datar (Nandi, 2007).

c) Jarak dari sungai

Tidak berfungsinya drainase dengan baik akan memicu besarnya aliran permukaan. Air akan berusaha mencari tempat yang lebih rendah dan sebagian akan berinfiltrasi kedalam tanah. Air akan menyebabkan tanah menjadi jenuh dan ketika air tidak dapat terinfiltrasi maka akan mengakibatkan aliran permukaan (*run off*). Air ini akan merembes masuk ke dalam rekahan batuan yang akan mengurangi kestabilan lereng (Achmad, 2010). Potensi tanah longsor secara umum meningkat dengan berkurangnya jarak ke sungai. Aliran sungai berdampak buruk terhadap stabilitas dari mengikisnya lereng atau bagian bawah material yang mengalami kejenuhan, sehingga hasilnya permukaan air meningkat (Eranoglu dan Gekceoglu, 2004 dalam Tazik dkk., 2014). Pengaruh

aliran dalam mengerosi dasar sungai dan sisi lereng (lembah) berperan besar dalam mengurangi kestabilan lereng.

d) Batuan/litologi Batuan

Endapan gunung api dan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal (Nandi, 2007). Menurut Barus (1999), hubungan litologi dengan longsor terlihat jelas yaitu bahan sedimen tersier dari kombinasi pasir dan liat memberikan intensitas longsor paling tinggi, diikuti oleh bahan piroklastik.

e) Ketinggian

Elevasi adalah istilah lain dari ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Lahan pegunungan berdasarkan elevasi dibedakan dataran medium (350-700 mdpl) dan dataran tinggi (>700 mdpl). Badan Pertanahan Nasional menetapkan lahan pada ketinggian di atas 1.000 mdpl lereng >45% sebagai kawasan usaha terbatas, dan diutamakan kawasan hutan lindung. Sementara, Departemen Kehutanan menetapkan lahan dengan ketinggian >2.000 mdpl dan/atau lereng >40% sebagai kawasan lindung (Risdiyanto, 2011). Ketinggian merupakan salah satu penentu kerawanan tanah longsor. Semakin tinggi suatu tempat, semakin besar kekuatan tanah yang terjatuh karena adanya pengaruh gravitasi. Beberapa peneliti menggunakan ketinggian sebagai parameter pengendali longsor dan telah menemukan bahwa aktivitas longsor dengan cekungan tertentu terjadi pada ketinggian tertentu (Tazik dkk, 2014).

f) Jarak dari patahan/sesar

Lereng-lereng terjal yang dipengaruhi struktur geologi seperti patahan, rekahan, lipatan, lebih rentan terhadap gejala longsor, apalagi jika arah perlapisan batuan searah dengan kemiringan lereng dan terdapat patahan aktif. Secara geomorfologi, tanah longsor memperlihatkan gawir (tebing terjal) berbentuk lurus-melengkung, lereng yang miring ke belakang, relief berbukit-bukit tak beraturan, serta adanya rekahan-rekahan dan kelurusan-kelurusan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Fadilah dkk., (2019) didapatkan bahwa, semakin dekat dengan jarak patahan kemungkinan terjadinya tanah longsor akan meningkat, terlebih jika terdapat patahan aktif dan saling bergesekan yang bisa menyebabkan patahan semakin terbuka dikarenakan menghilangkan kekuatan tanah sehingga tingkat terjadinya longsor semakin meningkat.

g) Penggunaan lahan

Penggunaan lahan (*land use*) adalah setiap bentuk intervensi manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual. Penggunaan lahan merupakan hasil interaksi antara manusia dengan lingkungan alami. Tanaman yang menutupi lereng bisa mempunyai efek penstabilan yang negatif dan positif. Akar bisa mengurangi larinya air atas (aliran permukaan) dan meningkatkan kohesi tanah, atau sebaliknya bisa memperlebar keretakan dalam permukaan batuan dan penguatan peresapan. Sering dijumpai pada lereng yang longsor sawah basah pada tebing lereng, tegal/kebun pada lereng terjal dan kolam-kolam berpotensi untuk meresapkan air ke dalam lereng. Aktivitas semacam inilah yang mempunyai pengaruh besar terhadap gerakan tanah (Falahnsia, 2015).

h) Arah Lereng

Aspek atau arah lereng merupakan salah satu faktor penyebab tanah longsor. Aspek memainkan peran penting dalam penilaian stabilitas lereng (Chauhan, dkk., 2010; Soma dan Kubota, 2018). Parameter yang berhubungan dengan aspek seperti paparan sinar matahari, angin kering, curah hujan (kebasahan atau derajat kejenuhan) dan diskontinuitas dapat mengontrol terjadinya tanah longsor (Tazik, dkk., 2014).

i) Kelengkungan Bumi

Istilah kelengkungan secara teoritis didefinisikan sebagai laju perubahan gradien lereng atau aspek, biasanya dalam arah tertentu (Pourghasemi 2012). Kelengkungan permukaan pada suatu titik adalah kelengkungan garis yang dibentuk oleh persimpangan permukaan dengan bidang orientasi yang spesifik, dengan melewati titik tersebut. Bentuk lengkungan atau kemiringan memiliki tiga kategori; 1) cekung (nilai negatif), 2) cembung (nilai positif) dan 3) datar (nilai nol) (Gholami dkk, 2019). Parameter ini merupakan salah satu faktor yang mengendalikan tanah longsor.

2.3 Pembuatan Peta Kerawanan Tanah Longsor

Pembuatan peta kerawanan tanah longsor dapat melibatkan berbagai metode, tergantung pada ketersediaan data dan informasi yang dibutuhkan untuk analisis. Jenis metode pembuatan peta kerawanan tanah longsor, seperti analisis citra satelit, data spasial, analisis lapangan, metode indeks kerawanan dan metode sistem informasi geografis. Salah satu metode tersebut mampu memberikan solusi dan kemudahan yang repetitif, konsisten, cepat dan akurat dalam analisis spasial, metode ini menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Menurut Effendi (2016) bahaya tanah longsor dapat diidentifikasi secara cepat melalui sistem informasi geografis dengan menggunakan metode tumpang susun atau *overlay*

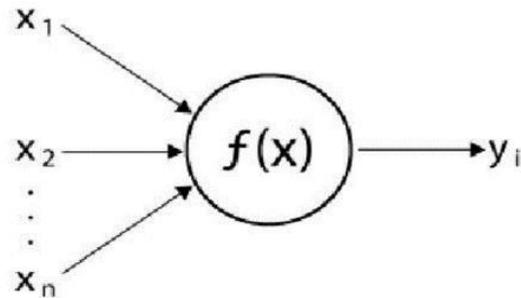
terhadap parameter-parameter penyebab tanah longsor seperti: curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, ketinggian, dan tutupan lahan. Melalui sistem informasi geografis diharapkan akan mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat kerawanan tanah longsor serta dapat menganalisis dan memperoleh informasi baru dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang menjadi sasaran tanah longsor. Dalam konteks pemodelan dan prediksi dalam pembuatan peta kerawanan tanah longsor dengan mempelajari hubungan ini, ANN dapat digunakan untuk memprediksi daerah-daerah yang memiliki risiko tinggi untuk terjadinya tanah longsor dikarenakan ANN dapat mempelajari hubungan antara faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya tanah longsor.

Salah satu contoh penelitian yang menggabungkan ANN dan SIG adalah penelitian oleh Zhang dan Chen pada tahun 2019 yang berjudul "*A combined artificial neural network and geographic information system approach for urban growth modeling*". Dalam penelitian ini, ANN digunakan untuk memprediksi pertumbuhan perkotaan berdasarkan data historis, sedangkan SIG digunakan untuk menyimpan data spasial dan menampilkan hasil prediksi. Dalam Penelitian ini, ANN dan SIG digunakan bersama sama mencapai hasil yang lebih baik dalam analisis dan pemetaan spasial. ANN menyediakan kemampuan prediksi yang tinggi, sedangkan SIG memberikan kemampuan analisis spasial yang canggih. Gabungan kedua teknologi ini dapat menghasilkan solusi yang lebih baik untuk masalah pemetaan dan analisis spasial

2.4 Metode *Artificial Neural Network* (ANN)

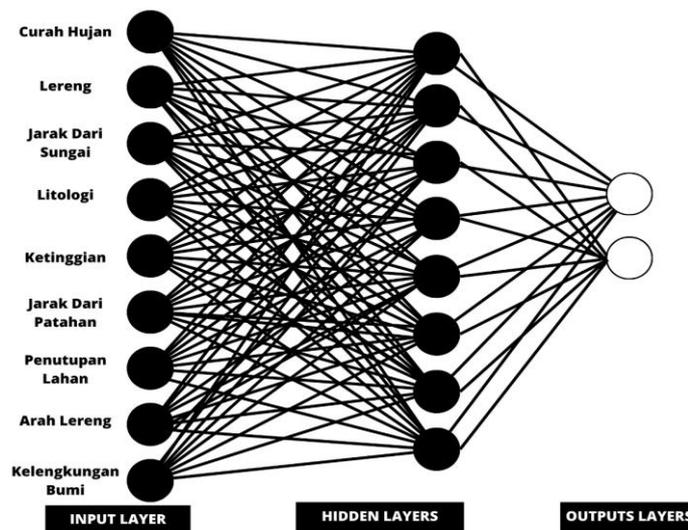
Artificial Neural Network (ANN), suatu metode pemrosesan informasi seperti sistem saraf, yang memecahkan beberapa masalah dalam bentuk peramalan, yang digunakan dalam praktik memprediksi curah hujan dan untuk

memprediksi bencana alam seperti banjir atau tanah longsor (Rizaldi, dkk, 2021). Adapun Struktur ANN dapat di lihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Artificial Neural Network

Gambar di atas menunjukkan struktur ANN, dimana juga terdapat tiga bagian didalamnya yaitu *input layer* (x), *hidden layer* ($f(x)$) dan *output layer* (y). Informasi akan diterima oleh *input layer* menggunakan bobot yang ditentukan. Bobot akan dikumpulkan dan diakumulasikan oleh *hidden layer*. Kemudian hasil penjumlahan tersebut dibandingkan dengan ambang yang ditentukan sebagai nilai aktifasi. Informasi yang masuk memenuhi syarat akan dilanjutkan ke *output layer* (Silva, dkk, 2017). Untuk lebih jelasnya arsitektur jaringan saraf tiruan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arsitektur jaringan saraf tiruan pada penelitian ini

Neural Network terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan informasi (*neuron*) yang saling terhubung dan bekerja bersama-sama untuk menyelesaikan sebuah masalah tertentu, yang pada umumnya adalah masalah klasifikasi ataupun prediksi. ANN merupakan sistem adaptif yang dapat mengubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal (Noviando, dkk, 2016). Menurut Jayadianti, dkk, (2020) ANN memiliki metode yang dapat memeriksa pola data dengan baik dibandingkan dengan metode lainnya. Proses menggabungkan data pembelajaran dan data *output* menghasilkan tingkat koreksi yang lebih tinggi. Dengan menggunakan metode ANN akan menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang merupakan suatu parameter dalam peramalan untuk menguji keakuratan hasil peramalan yang dihasilkan (Gofur, dkk, 2015). Dengan memanfaatkan metode ANN dapat memprediksi data curah hujan kedepannya sehingga membantu dalam melakukan antisipasi sebelum terjadinya banjir serta data tersebut dapat pula digunakan sebagai salah satu parameter sistem peringatan dini bencana tanah longsor. Dalam konteks analisis data geografis, ANN dapat digunakan untuk memprediksi nilai-nilai pada suatu titik lokasi tertentu berdasarkan nilai-nilai pada lokasi-lokasi sekitarnya. Sementara itu, SIG dapat digunakan untuk memvisualisasikan dan menganalisis data spasial, seperti data citra satelit, data demografi, dan data iklim, dengan cara yang memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik.

2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi terkomputerisasi untuk menyimpan, mengelola, menganalisis, dan mengambil data geografis yang telah berkembang pesat selama lima tahun terakhir. Keunggulan SIG adalah membantu pengguna atau pengambil keputusan untuk mengidentifikasi kebijakan yang perlu diambil, terutama kebijakan yang berkaitan

dengan aspek keruangan (spasial). Dengan adanya teknologi ini menjadi lebih mudah dalam hal pemetaan lahan (Wibowo, dkk 2015).

Budiyanto (2016) juga menjelaskan bahwa Sistem informasi geografis (SIG) yaitu mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan data untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, dan menampilkan berbagai bentuk informasi geografis. Sistem informasi geografis mengambil berbagai data dari dunia nyata di bumi. Dalam perkembangannya saat ini, sistem informasi geografis mengumpulkan data base informasi selama periode geografis untuk meningkatkan analisis dan pengambilan keputusan. Sistem informasi geografis banyak digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan atau sebagai sarana penyebaran informasi kepada masyarakat.