TSAQOFAH
Jurnal Penelitian Guru Indonesia

p-ISSN: 2810-0395
e-ISSN: 2810-0042

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v5i3.5420

ANALISIS TINGKAT BAHAYA LONGSOR PADA RUAS JALAN SICINCIN-MALALAK-BALINGKA DAN RUAS JALAN PADANG LUA-MANINJAU DI KECAMATAN IV KOTO KABUPATEN AGAM

Landslide Hazard Level Analysis on the Sicincin-Malalak-Balingka Road Segment and the Padang Lua-Maninjau Road Segment in IV Koto District, Agam Regency

Karyn Ramadhani & Ttiyatno
Universitas Negeri Padang
karynramadhani22@gmail.com; triyatno@fis.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Mar 17, 2025	Mar 30, 2025	Apr 12, 2025	Apr 17, 2025

Abstract

This research aims to map the level of landslide danger and analyze the factors that cause landslides in IV Koto District, Agam Regency. The research method uses a quantitative approach with frequency ratios to determine the level of landslide danger and Pearson correlation to analyze the factors that cause landslides in District IV Koto. The research results show that the level of landslide danger is divided into four categories: not dangerous covering 48% (3.868,989 hectares), slightly dangerous 26% (2.033,912 hectares), dangerous 14% (1.137,001 hectares), and very dangerous 12% (949,303 hectares) of total area of the research area. Based on Pearson correlation analysis, the most dominant factor causing landslides in IV Koto District is geology with a positive correlation value of 0.894 to the level of landslide danger, indicating that the geological structure has a very strong influence on landslide events in the area.

Keywords: Frequency Ratio, Pearson Correlation, Landslide Hazard

Tsaqofah journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat bahaya longsor dan menganalisis faktor penyebab terjadinya longsor di Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan frekuensi rasio untuk menentukan tingkat bahaya longsor dan korelasi pearson untuk menganalisis faktor-faktor penyebab longsor di Kecamatan IV Koto. Hasil penelitian menunjukkan tingkat bahaya longsor terbagi menjadi empat kategori: tidak bahaya mencakup 48% (3.868,989 ha), sedikit bahaya 26% (2.033,912 ha), bahaya 14% (1.137,001 ha), dan sangat bahaya 12% (949,303 ha) dari total luas wilayah penelitian. Berdasarkan analisis korelasi Pearson, faktor penyebab longsor yang paling dominan di Kecamatan IV Koto adalah Geologi dengan nilai korelasi positif sebesar 0,894 terhadap tingkat bahaya longsor, menunjukkan bahwa struktur geologi memiliki pengaruh sangat kuat terhadap kejadian longsor di wilayah tersebut.

Kata Kunci: Frekuensi rasio, Korelasi pearson, Bahaya longsor

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang terletak di zona tektonik aktif, memiliki karakteristik geografis yang unik dan beragam. Keberadaan rangkaian pegunungan, lembah, dan dataran rendah yang tersebar di seluruh nusantara menciptakan lanskap yang indah namun juga rentan terhadap berbagai bencana alam. Bencana alam adalah suatu peristiwa yang tidak dapat dihindarkan yang terjadi tanpa campur tangan manusia (Albirru dkk., 2023). Salah satu bencana alam yang sering terjadi dan menimbulkan dampak signifikan adalah longsor.

Longsor merupakan pergerakan massa tanah atau batuan menuruni lereng akibat ketidakstabilan struktur tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Berbagai faktor dapat memicu terjadinya longsor, mulai dari kondisi geologi, topografi, hingga aktivitas manusia yang mengubah bentang alam. Curah hujan yang tinggi, gempa bumi, atau aktivitas vulkanik juga dapat menjadi pemicu terjadinya longsor (Fadilah dkk., 2019). Di Indonesia, kasus longsor sering terjadi terutama pada musim hujan, ketika tanah menjadi jenuh air dan meningkatkan beban pada lereng.

Provinsi Sumatera Barat, dengan topografi yang didominasi oleh perbukitan dan pegunungan, merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap bencana longsor. Kondisi geologi yang kompleks, ditambah dengan curah hujan yang tinggi, menjadikan wilayah ini sangat rentan terhadap longsor. Kabupaten Agam, sebagai salah satu kabupaten di Sumatera Barat, tidak luput dari ancaman ini. Terutama di Kecamatan IV Koto,

yang memiliki karakteristik topografi berbukit dan curah hujan yang tinggi, potensi terjadinya longsor menjadi perhatian serius bagi pemerintah daerah dan masyarakat setempat.

Dalam beberapa tahun terakhir, Kecamatan IV Koto telah mengalami beberapa kejadian longsor yang mengakibatkan kerugian material dan bahkan korban jiwa yang digambarkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1 Jumlah Kejadian Longsor di Kecamatan IV Koto Tahun 2012-2017

Tahun	**Desa/Nagari**	**Jumlah Kejadian**
2012-2017	Sianok VI Suku	7
	Balingka	7
	Sungai Landia	6
	Koto Panjang	4
	Koto Gadang	2
	Koto Tuo	0
	Guguak Tabek Sarojo	0

Sumber: BPBD Kabupaten Agam (2017)

Tabel di atas menampilkan data kejadian bencana longsor di Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam, dari tahun 2012 hingga 2017. Berdasarkan data dari BPBD Kabupaten Agam (2017), Nagari Sianok VI Suku dan Balingka mengalami jumlah kejadian longsor tertinggi, masing-masing sebanyak tujuh kali. Nagari Sungai Landia mengikuti dengan enam kejadian. Selanjutnya, Nagari Koto Panjang mengalami empat kejadian, sementara Nagari Koto Gadang hanya dua kejadian. Nagari Koto Tuo dan Guguak Tabek Sarojo tidak mengalami kejadian longsor selama periode tersebut. Data ini menunjukkan variasi frekuensi kejadian longsor di berbagai nagari dalam Kecamatan IV Koto, dengan beberapa nagari lebih rentan terhadap bencana ini dibandingkan yang lain.

Peristiwa longsor tidak hanya menimbulkan trauma bagi masyarakat, tetapi juga menyoroti pentingnya upaya mitigasi dan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana. Pemerintah daerah dan berbagai pihak terkait telah melakukan berbagai upaya untuk mengurangi risiko bencana, namun masih diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dan berbasis data untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang paling rentan terhadap longsor (Isneni dkk., 2020).

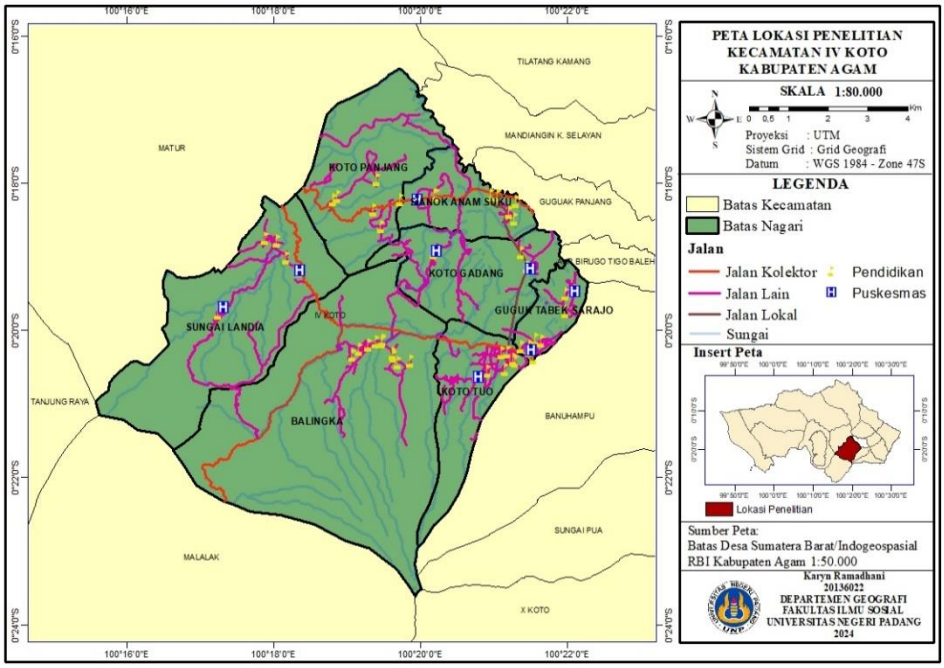
Dalam konteks inilah, pemetaan tingkat bahaya longsor menjadi sangat penting. Pemetaan ini tidak hanya memberikan gambaran visual tentang distribusi spasial daerah-daerah bahaya longsor, tetapi juga menyediakan informasi krusial untuk perencanaan tata ruang, mitigasi bencana, dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan risiko bencana. Dengan memahami tingkat bahaya longsor di berbagai lokasi di Kecamatan IV Koto, pihak berwenang dapat mengalokasikan sumber daya secara lebih efektif, merencanakan infrastruktur dengan lebih baik, dan mengembangkan strategi evakuasi yang tepat.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk memetakan tingkat bahaya longsor, mulai dari pendekatan kualitatif hingga kuantitatif yang melibatkan analisis statistik dan pemodelan spasial. Salah satu metode yang telah terbukti efektif dalam pemetaan bahaya longsor adalah metode frekuensi rasio. Metode ini menggunakan pendekatan probabilistik untuk menghitung rasio antara area longsor dan area total untuk setiap kelas faktor penyebab longsor (Nugroho dan Nugroho, 2020). Dengan mengintegrasikan berbagai faktor seperti kemiringan lereng, geologi, penggunaan lahan, curah hujan, dan jenis tanah, metode frekuensi rasio dapat menghasilkan peta bahaya longsor yang akurat dan dapat diandalkan.

Berdasarkan fenomena latar belakang di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian terhadap tingkat bahaya longsor. Untuk itu penulisakan melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Tingkat Bahaya Longsor Pada Ruas Jalan Sicincin-Malalak-Balingka dan Ruas Jalan Padang Lua-Maninjau di Kecamatan IV Koto Kabupaten Agam".

METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode frekuensi rasio untuk menganalisis tingkat bahaya longsor di Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat dengan peta lokasi penelitian sebagai berikut:



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September dengan data yang dikumpulkan melalui survei lapangan dan studi pustaka. Populasi penelitian mencakup sepanjang ruas jalan di wilayah Kecamatan IV Koto, dengan sampel berupa titik koordinat kejadian longsor di ruas jalan Sicincin-Malalak-Balingka dan ruas jalan Padang Lua-Maninjau yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan karakteristik relevan. Alat yang digunakan meliputi laptop, perangkat lunak ArcGIS 10.8, Avenza Maps, dan SPSS, sedangkan bahan penelitian terdiri dari data DEMNAS, curah hujan, peta geologi, jenis tanah, serta citra Sentinel 2A. Analisis data dilakukan melalui pemodelan spasial tingkat bahaya longsor menggunakan metode frekuensi rasio, yang dihitung berdasarkan hubungan antara faktor penyebab seperti curah hujan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, geologi, jenis tanah, serta jarak dari sungai dan jalan. Validasi data dilakukan menggunakan AUC melalui analisis ROC untuk mengukur akurasi peta bahaya longsor. Selain itu, analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel independen dengan tingkat bahaya longsor. Hasil penelitian menghasilkan peta klasifikasi bahaya longsor dalam empat kategori: tidak bahaya, sedikit bahaya, bahaya, dan sangat bahaya, dengan analisis signifikan yang mendukung interpretasi data secara statistik.

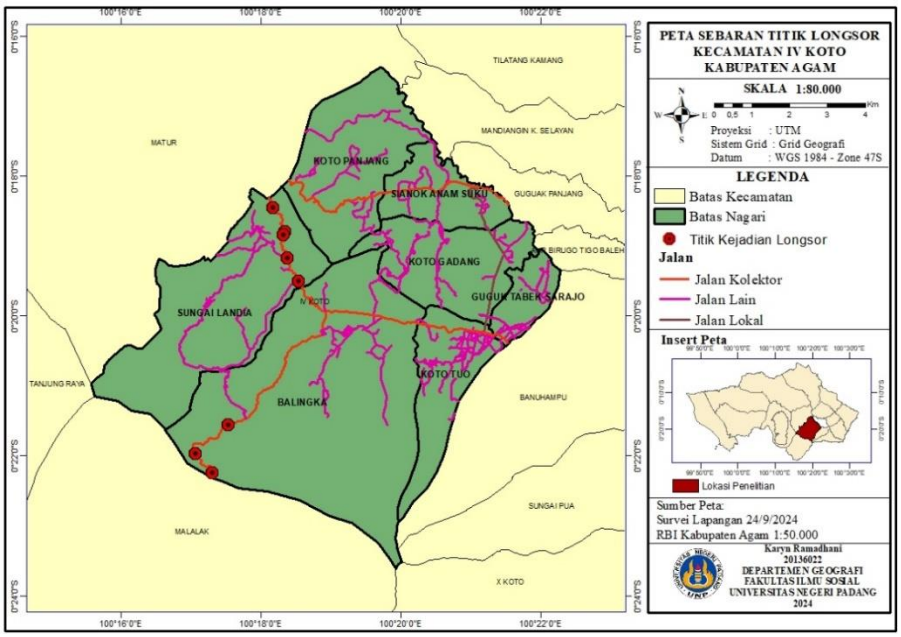
HASIL

1. Tingkat Bahaya Longsor Menggunakan Metode Frekuensi Rasio di Kecamatan IV Koto.

a. Inventarisasi Longsor

Peta tingkat bahaya longsor pada Kecamatan IV Koto diperoleh berdasarkan data acuan inventarisasi longsor berupa titik kejadian longsor yang telah dilakukan selama pengecekan lapangan. Proses ini melibatkan pencatatan titik-titik kejadian longsor yang terjadi di wilayah tersebut, yang selanjutnya digunakan sebagai data acuan untuk pembuatan peta.

Berdasarkan hasil pengecekan lapangan, diperoleh jumlah terjadinya longsor pada Kecamatan IV Koto sebanyak 8 kejadian (poligon) tahun 2024 dengan menggunakan Avenza Maps untuk yang mempermudah identifikasi dan pemetaan lokasi tersebut secara akurat. Hasil data tersebut dilakukan pembuatan polygon longsor dengan menggunakan Google Earth Pro, yang kemudian dikonversi menjadi data raster dan dianalisis menggunakan aplikasi ArcMap 10.8. berikut peta sebaran titik kejadian longsor di Kecamatan IV Koto.



Gambar 1 Peta Sebaran Titik Longsor di Kecamatan IV Koto

Berdasarkan peta sebaran titik kejadian longsor di Kecamatan IV Koto menunjukkan bahwa Nagari Sungai Landia tercatat sebagai nagari dengan jumlah

kejadian longsor terbanyak di Kecamatan IV Koto, dengan total sebanyak 5 kejadian longsor yang terjadi pada tahun 2024. Posisi kedua ditempati oleh Nagari Balingka, yang mengalami 3 kejadian longsor pada periode yang sama. Sementara itu, nagari-nagari lain yang berada di Kecamatan IV Koto, seperti Nagari Koto Tuo, Koto Panjang, Sianok Anam Suku, Koto Gadang, dan Guguak Tabek Sarojo, tidak tercatat mengalami kejadian longsor. Berikut data kejadian longsor di setiap nagari yang ada di Kecamatan IV Koto.

Tabel 2 Data TitikKejadian Longsor di Nagari Kecamatan IV Koto

No	Desa/Nagari	Sampel Titik Longsor
1	Sungai Landia	5
2	Balingka	3
3	Koto Tuo	0
4	Koto Panjang	0
5	Sianok Anam Suku	0
6	Koto Gadang	0
7	Guguak Tabek Sarojo	0
	Total	8

Sumber: Penelitian Lapangan (2024)

Data ini menunjukkan bahwa distribusi kejadian longsor di Kecamatan IV Koto tidak merata, dengan konsentrasi kejadian yang lebih tinggi terjadi di Nagari Sungai Landia dan Nagari Balingka, sedangkan nagari lainnya relatif bebas dari bencana longsor.

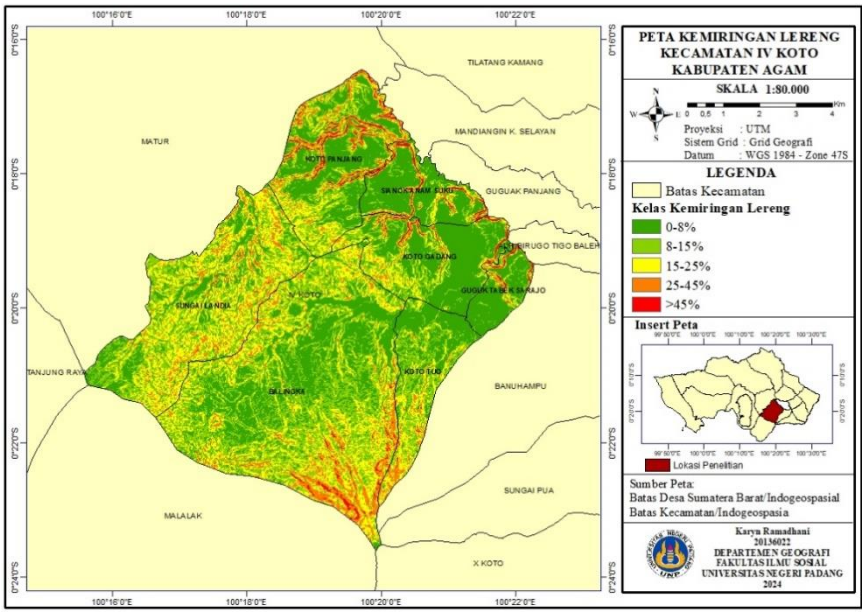
b. Parameter Tingkat Bahaya Longsor

Parameter yang memengaruhi terjadinya longsor ditentukan berdasarkan kombinasi antara studi literatur, kondisi spesifik lokasi penelitian, dan ketersediaan data. Pada Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam, penelitian ini mengidentifikasi tujuh faktor utama yang menjadi penyebab longsor, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, geologi, penggunaan lahan, jarak dari sungai, dan jarak dari jalan. Ketujuh faktor ini dipilih karena memiliki hubungan yang signifikan terhadap tingkat bahaya longsor, baik berdasarkan teori maupun kondisi nyata di lapangan.

Dalam analisis ini, setiap parameter dihitung nilai frekuensi rasionya untuk melihat sejauh mana pengaruh kelas pada masing-masing parameter berkontribusi terhadap kejadian longsor. Untuk menghitung nilai frekuensi rasio pada setiap kelas parameter tersebut, cell size atau ukuran pixel diubah dan diseragamkan menjadi 5 x 5 m. Hal ini sesuai dengan pendapat ESRI (2019) menyatakan bahwa apabila akan menggabungkan peta dengan resolusi yang berbeda, maka harus menyamakan ukuran pixel pada semua data yang digunakan agar diperoleh hasil yang optimal.

1) Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi terjadinya longsor di Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam. Pada penelitian ini menggunakan data *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai dasar untuk menghitung kemiringan lereng. Peta tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2 Peta Kemiringan Lereng Kecamatan IV Koto

Berdasarkan gambar 3, Kemiringan lereng yang terdapat di Kecamatan IV Koto memiliki variasi yang cukup signifikan, yang dibagi ke dalam beberapa kelas berdasarkan tingkat kemiringannya diantaranya yaitu lereng datar dengan kemiringan 0-8%, lereng landai dengan kemiringan 8-15%, lereng agak curam

dengan kemiringan 15-25%, lereng curam dengan kemiringan 25-45%, dan yang terakhir lereng sangat curam dengan kemiringan >45%. Pada setiap kelas kemiringan lereng tersebut diperoleh nilai pixel yang merepresentasikan luas wilayah pada setiap kategori kemiringan. Untuk menganalisis hubungan antara kemiringan lereng dan kejadian longsor, dilakukan perhitungan frekuensi rasio yaitu perbandingan antara jumlah kejadian longsor yang terjadi pada masing-masing kelas kemiringan dengan luas total wilayah pada kelas kemiringan tersebut. Nilai frekuensi rasio untuk masing-masing kelas kemiringan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 Nilai Frekuensi Rasio Pada Kemiringan Lereng

No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Kemiringan Lereng	0-8%	108	1.030.251	0,348	0,052
2		8-15%	305	993.350	1,019	0,152
3		16-25%	268	798.938	1,113	0,166
4		26-45%	257	325.515	2,620	0,391
5		>45%	28	57.833	1,607	0,240
Total					6,707	

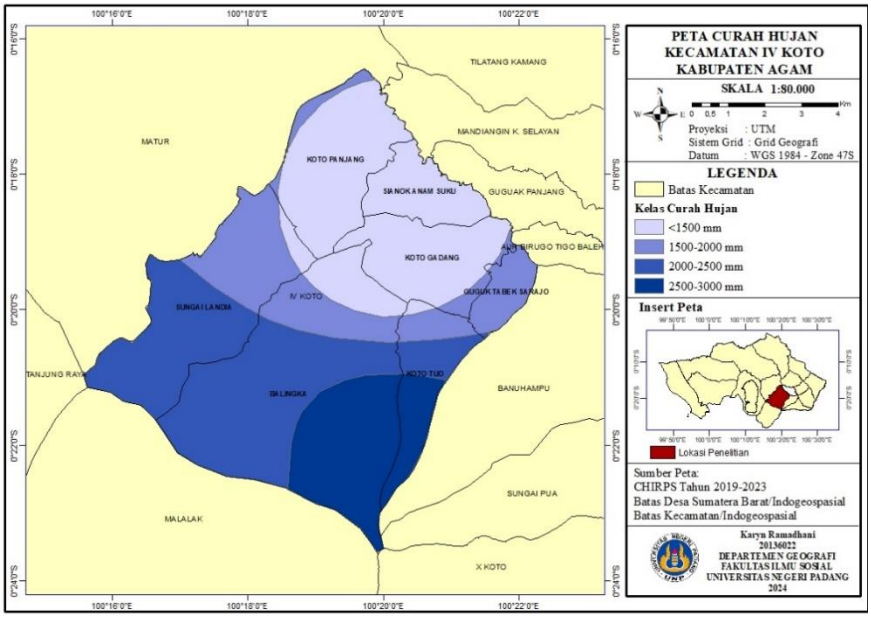
Sumber: Analisis data 2024

Dari tabel 3 diketahui bahwa Bentuk kemiringan lereng di Kecamatan IV Koto yang memiliki potensi longsor tertinggi berada pada lereng sangat curam (26-45 %) dengan nilai frekuensi rasio sebesar 2,620. Nilai frekuensi rasio yang lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa area ini sangat rentan longsor dibandingkan luas wilayahnya. Selanjutnya diikuti kemiringan lereng 8-15% dengan nilai rasio 1,019 dan kelas 16-25% dengan nilai rasio 1,113. Kedua kelas ini menunjukkan nilai frekuensi rasio sedikit di atas 1, yang berarti meskipun tanah relatif stabil, terdapat potensi longsor yang signifikan. Kelas >45% dengan nilai rasio sebesar 1,607 yang dimana kelas tersebut juga rentan terjadinya longsor, walaupun lebih curam dari kelas 26-45%, nilai frekuensi rasio lebih rendah, karena wilayah dengan lereng >45% ini cenderung lebih kecil atau jarang ditempati. Sedangkan kelas 0-8% hanya memiliki rasio 0,348 atau <1 yang dapat

dikatakan pengaruh kelas ini rendah terhadap longsor. Lereng datar secara alami stabil, sehingga kejadian longsor jarang terjadi.

2) Curah Hujan

Curah hujan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitas lereng, terutama melalui dua mekanisme utama, yaitu penurunan kuat geser tanah dan penambahan beban pada lereng. Untuk menganalisis pengaruh curah hujan terhadap kejadian longsor di Kecamatan IV Koto Kabupaten Agam, dilakukan pemodelan curah hujan berbasis data selama lima tahun terakhir, dari tahun 2019 hingga 2023. Data curah hujan diperoleh dari CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations*), yang menyediakan data curah hujan global berbasis satelit yang dikombinasikan dengan data stasiun cuaca darat untuk meningkatkan akurasi. Data tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8, dengan penerapan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) untuk menginterpolasi nilai curah hujan dari titik-titik pengamatan ke dalam format raster yang menggambarkan distribusi spasial curah hujan di wilayah penelitian. Peta permodelan curah hujan di Kecamatan IV Koto dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4 Peta Curah Hujan Kecamatan IV Koto

Untuk menganalisis hubungan antara curah hujan dengan kejadian longsor, digunakan perhitungan frekuensi rasio, yang merupakan perbandingan antara jumlah kejadian longsor pada setiap kelas curah hujan dengan luas total wilayah pada kelas curah hujan. Adapun nilai frekuensi rasio pada setiap kelas curah hujan dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4 Nilai Frekuensi Rasio Pada Curah Hujan

No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Curah Hujan	<1500 mm	0	1.048.914	0,000	0,000
2		1500-2000 mm	114	598.193	0,635	0,194
3		2000-2500 mm	852	1.075.238	2,640	0,806
4		2500-3000 mm	0	496.555	0,000	0,000
Total					3,275	

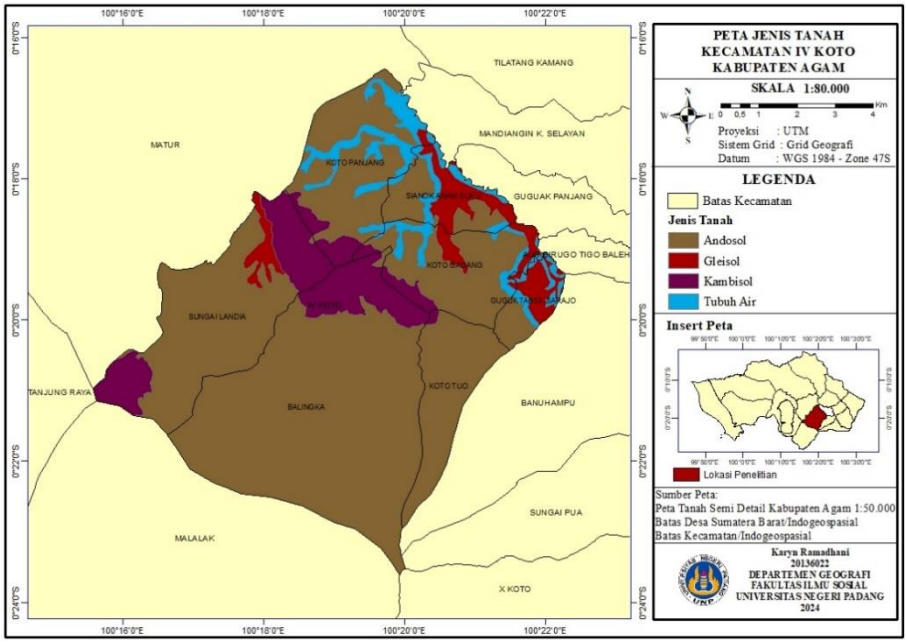
Sumber: Analisis data 2024

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa intensitas curah hujan dengan kelas 2.000-2.500 mm menunjukkan nilai frekuensi rasio tertinggi, yaitu sebesar 2,640. Nilai ini menunjukkan bahwa wilayah dengan curah hujan pada rentang tersebut memiliki risiko kejadian longsor yang jauh lebih tinggi dibandingkan rata-rata. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya intensitas hujan yang meningkatkan tekanan air pada pori-pori tanah, sehingga mengurangi stabilitas lereng dan memicu terjadinya longsor, terutama pada area dengan topografi curam atau sistem drainase yang kurang optimal. Selanjutnya, kelas intensitas curah hujan 1.500-2.000 mm memiliki nilai frekuensi rasio sebesar 0,635. Meskipun lebih rendah dibandingkan kelas 2.000-2.500 mm, nilai ini masih menunjukkan adanya risiko longsor, meskipun dengan tingkat bahaya yang lebih kecil. Pada kelas intensitas curah hujan lainnya, seperti <1.500 mm atau >2.500 mm, tidak ditemukan kejadian longsor sehingga nilai frekuensi rasio untuk kelas tersebut adalah nol. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah dengan curah hujan sangat rendah atau sangat tinggi pada parameter ini tidak teridentifikasi sebagai daerah bahaya longsor dalam data yang tersedia. Pada kelas

dengan curah hujan sangat rendah (<1.500 mm), tanah cenderung lebih stabil karena tidak mengalami kejenuhan air yang dapat mengurangi kekuatan lereng. Sementara itu, pada kelas dengan curah hujan >2.500 mm, ketidakhadiran kejadian longsor disebabkan oleh kondisi topografi yang mendukung dan pengelolaan lingkungan yang baik.

3) Jenis Tanah

Tanah merupakan material utama yang sangat berpengaruh pada suatu kejadian longsor, karena sifat fisik dan kimianya dapat menentukan tingkat kestabilan lereng. Data mengenai jenis tanah di Kecamatan IV Koto diperoleh dari Peta Tanah Semi Detail Kabupaten Agam skala 1:50.000 yang diterbitkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Sebaran jenis tanah di Kecamatan IV Koto dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5 Peta Jenis Tanah Kecamatan IV Koto

Berdasarkan Peta Tanah Semi Detail Kabupaten Agam skala 1:50.000, Kecamatan IV Koto memiliki tiga jenis tanah utama: Andosol (tanah vulkanik yang gembur dan mampu menyerap air besar), Gleisol (tanah di daerah rendah dengan genangan air tinggi), dan Kambisol (tanah mineral yang relatif stabil). Nilai frekuensi rasio jenis tanah dapat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5 Nilai Frekuensi Rasio Pada Jenis Tanah

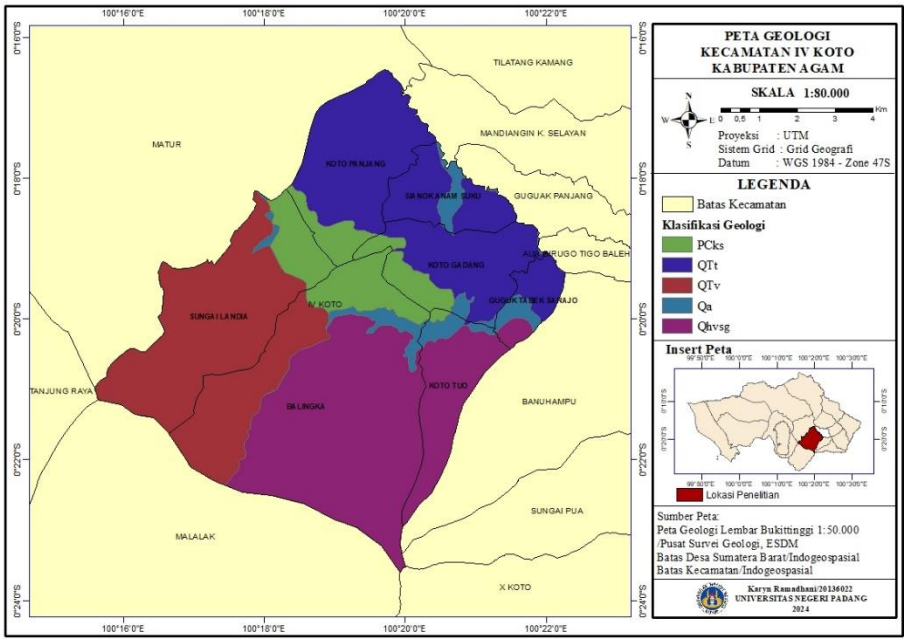
No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Jenis Tanah	Andosol	852	2.441.135	1,163	0,549
2		Gleisol	0	215.227	0,000	0,000
3		Kambisol	114	397.929	0,954	0,451
4		Tubuh Air	0	163.709	0,000	0,000
	Total				2,117	

Sumber: Analisis data 2024

Hasil analisis frekuensi rasio menunjukkan bahwa Andosol memiliki nilai rasio tertinggi sebesar 1,163 (>1), mengindikasikan hubungan kuat dengan kejadian longsor. Kambisol memiliki nilai rasio 0,954 (<1), menunjukkan pengaruh yang lebih kecil. Sementara Gleisol dan tubuh air memiliki nilai rasio 0, menandakan tidak ada pengaruh signifikan terhadap kejadian longsor di wilayah tersebut.

4) Geologi

Data geologi diperoleh dari peta geologi lembar Bukittinggi skala 1:50.000 dengan Permodelan peta jenis tanah Kecamatan IV Koto dapat disajikan pada gambar berikut.



Gambar 6 Peta Geologi Kecamatan IV Koto

Dari peta di atas menunjukkan lima formasi batuan utama di Kecamatan IV Koto: Endapan Aluvium (Qa), Endapan Gunung Api Tua (QTv), Formasi Tutut (QTt), Batuan Gunung Api Kuarter Muda (Qhvsg), dan Formasi Kuantan (PCks). Formasi batuan tersebut memiliki nilai frekuensi rasio untuk menganalisis hubungan pada masing-masing kategori jenis batuannya terhadap kejadian longsor yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6 Nilai Frekuensi Rasio Pada Geologi

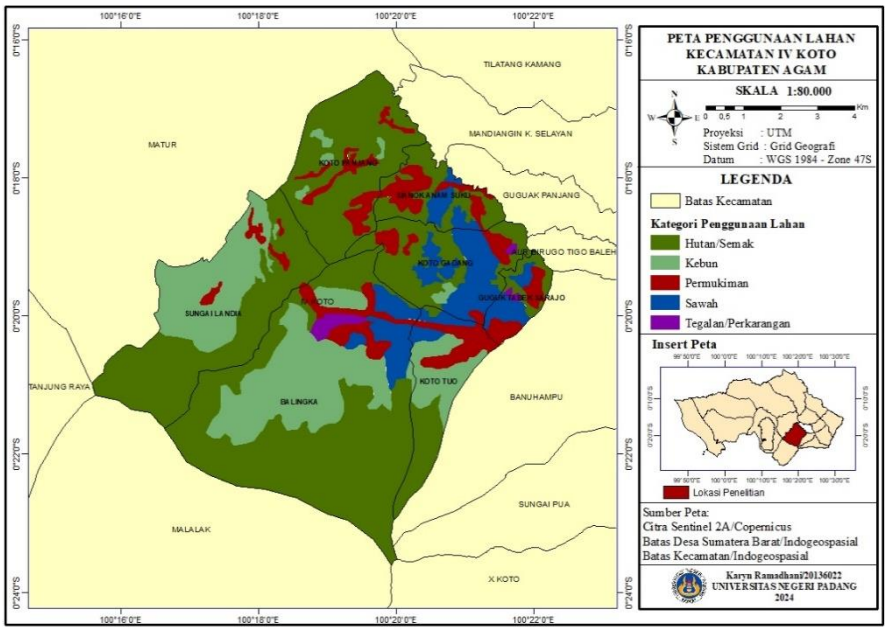
No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Geologi	PCks	90	345.666	0,868	0,198
2		Qa	0	140.994	0,000	0,000
3		Qhvsg	0	1.059.274	0,000	0,000
4		QTt	0	843.124	0,000	0,000
5		QTv	876	829.742	3,518	0,802
Total					4,385	

Sumber: Analisis data 2024

Analisis frekuensi rasio menunjukkan bahwa Endapan Gunung Api Tua (QTv) memiliki nilai tertinggi sebesar 3,518, mengindikasikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap kejadian longsor. Formasi Kuantan (PCks) memiliki nilai rasio 0,868, menunjukkan pengaruh yang lebih rendah. Formasi batuan lainnya (Qa, QTt, dan Qhvsg) memiliki nilai rasio 0, yang berarti tidak memiliki pengaruh terhadap kejadian longsor di wilayah tersebut.

5) Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan menjadi salah satu faktor utama yang memiliki dampak signifikan terhadap stabilitas tanah dan potensi terjadinya longsor, terutama di daerah yang memiliki karakteristik berbukit atau berlereng curam seperti Kecamatan IV Koto. Peta Penggunaan lahan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7 Peta Penggunaan Lahan Kecamatan IV Koto

Berdasarkan analisis citra Sentinel 2A, penggunaan lahan di Kecamatan IV Koto terbagi menjadi lima kategori: hutan/semak, kebun, permukiman, sawah, dan tegalan/pekarangan.

Tabel 7 Nilai Frekuensi Rasio Pada Penggunaan Lahan

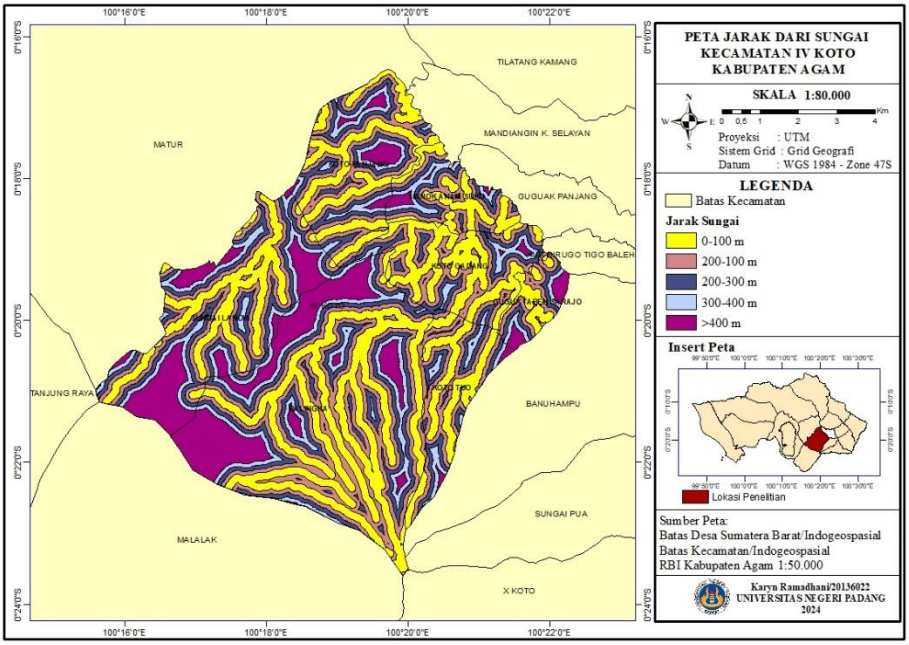
No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Penggu-naan Lahan	Hutan/Semak	654	1.824.856	1,194	0,390
2		Kebun	230	784.366	0,977	0,319
3		Permukiman	82	307.094	0,890	0,291
4		Sawah	0	278.323	0,000	0,000
5		Tegalan/Perkarangan	0	23.861	0,000	0,000
Total					3,061	

Sumber: Analisis data 2024

Hasil analisis frekuensi rasio menunjukkan bahwa kelas hutan/semak memiliki nilai tertinggi sebesar 1,194, menandakan pengaruh signifikan terhadap kejadian longsor. Kategori kebun dan permukiman memiliki nilai rasio masing-masing 0,977 dan 0,890, menunjukkan pengaruh sedang. Sementara sawah dan tegalan/pekarangan memiliki nilai rasio 0, mengindikasikan tidak ada pengaruh terhadap kejadian longsor.

6) Jarak Dari Sungai

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap jarak dari sungai dengan menggunakan metode buffering yang bertujuan untuk memahami sebaran risiko longsor di sekitar sungai berdasarkan jaraknya. Permodelan buffering sungai di Kecamatan IV Koto dapat disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 8 Peta Jarak dari Sungai Kecamatan IV Koto

Analisis jarak dari sungai dibagi menjadi lima kategori: 0-100 m, 100-200 m, 200-300 m, 300-400 m, dan >400 m.

Tabel 8 Nilai Frekuensi Rasio Pada Jarak dari Sungai

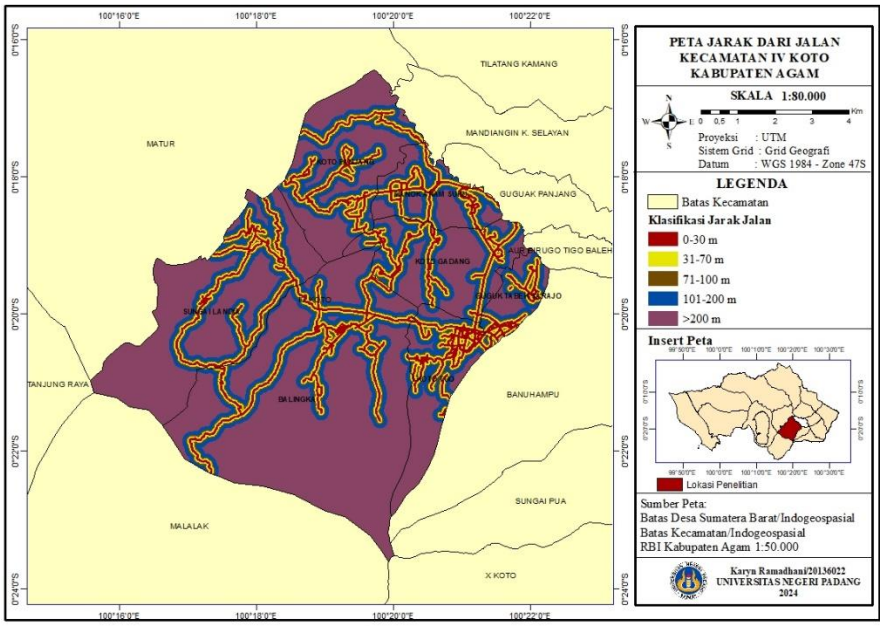
No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Jarak dari Sungai	>400 m	422	448.328	3,136	0,396
2		400-300 m	416	346.204	4,003	0,506
3		300-200 m	120	537.118	0,744	0,094
4		200-100 m	8	831.700	0,032	0,004
5		0-100 m	0	1.055.050	0,000	0,000
Total					7,916	

Sumber: Analisis data 2024

Hasil perhitungan frekuensi rasio menunjukkan pola yang menarik dimana jarak yang lebih jauh dari sungai justru memiliki pengaruh lebih besar terhadap kejadian longsor. Jarak 300-400 m memiliki nilai rasio tertinggi sebesar 4,003, diikuti jarak >400 m dengan nilai 3,136. Jarak 200-300 m dan 100-200 m memiliki nilai rasio lebih rendah (0,744 dan 0,032), sementara jarak 0-100 m memiliki nilai rasio 0. Hal ini menunjukkan bahwa di Kecamatan IV Koto, longsor lebih sering terjadi pada area yang lebih jauh dari sungai.

7) Jarak Dari Jalan

Dalam penelitian ini, data yang digunakan untuk menganalisis hubungan jarak jalan terhadap longsor bersumber dari data jalan dalam peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) yang menggunakan proses *buffering* pada data jalan. Peta Jarak Jalan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9 Peta Jarak dari Jalan Kecamatan IV Koto

Analisis jarak dari jalan dibagi dalam lima kategori: 0-30 m, 31-70 m, 71-100 m, 101-200 m, dan >200 m.

Tabel 9 Nilai Frekuensi Rasio Pada Jarak dari Jalan

No	Parameter	Kelas	Piksel Longsor	Piksel Kelas	Frekuensi Rasio	Frekuensi Relatif
1	Jarak dari Jalan	>200 m	0	1.843.865	0,000	0,000
2		101-200 m	0	562.688	0,000	0,000
3		71-100 m	0	223.674	0,000	0,000
4		31-70 m	292	290.202	3,352	0,308
5		0-30 m	674	297.971	7,536	0,692
Total					10,888	

Sumber: Analisis data 2024

Hasil analisis frekuensi rasio menunjukkan bahwa area terdekat dengan jalan memiliki risiko longsor tertinggi. Jarak 0-30 m memiliki nilai rasio tertinggi sebesar 7,536, diikuti jarak 31-70 m dengan nilai 3,352. Ketiga kategori jarak lainnya (71-100 m, 101-200 m, dan >200 m) memiliki nilai rasio 0, mengindikasikan tidak ada pengaruh signifikan terhadap kejadian longsor. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat dengan jalan, semakin tinggi potensi terjadinya longsor di Kecamatan IV Koto.

c. Tingkat Bahaya Longsor

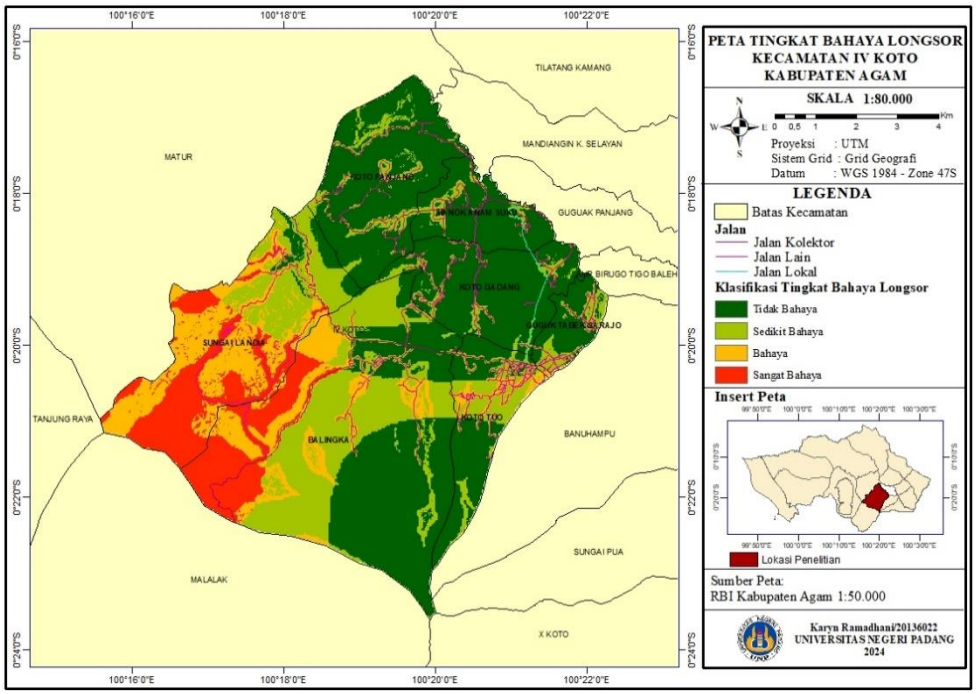
Indeks bahaya longsor dihitung dengan menggunakan pendekatan yang melibatkan perhitungan frekuensi relatif (RF) dan tingkat prediksi (PR) pada setiap faktor penyebabnya. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan *Raster Calculation* pada perangkat lunak ArcGIS. Frekuensi relatif (RF) dan tingkat prediksi (PR) merupakan indikator penting dalam penilaian risiko, di mana keduanya dihitung berdasarkan hasil perhitungan frekuensi rasio (FR) dari setiap kelas pada setiap parameter. Setiap parameter yang ada dinormalisasi dengan inputan minimum dan maksimum untuk mendapatkan nilai tingkat prediksi (PR).

Tabel 10 Nilai Prediction Rate Pada Setiap Parameter Longsor

No	Parameter	Tingkat Prediksi
1	Kemiringan Lereng	3,459
2	Curah Hujan	6,245
3	Jenis Tanah	1,000
4	Geologi	6,163
5	Penggunaan Lahan	1,010
6	Jarak dari Sungai	5,122
7	Jarak dari Jalan	3,918

Sumber: Analisis data 2024

Peta bahaya longsor diklasifikasikan dengan menggunakan metode natural breaks (jenks). Peta tingkat bahaya longsor dapat disajikan pada peta berikut



Gambar 10 Peta Tingkat Bahaya Longsor Kecamatan IV Koto

Berdasarkan hasil analisis, peta tingkat bahaya longsor di Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam, menunjukkan empat kategori bahaya. Daerah berwarna hijau tua menandakan wilayah yang aman dari bahaya longsor, hijau muda menggambarkan wilayah dengan bahaya longsor yang rendah, warna jingga menunjukkan potensi bahaya longsor yang tinggi, dan warna merah menandakan wilayah dengan potensi bahaya

longsor yang sangat tinggi. Luas wilayah dengan berbagai kategori bahaya longsor di Kecamatan IV Koto dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 11. Luas Persentase Kategori Tingkat Bahaya Longsor

No	Kategori	Luas (Ha)	Persentase
1	Tidak Bahaya	3.868,989	48%
2	Sedikit Bahaya	2.033,912	26%
3	Bahaya	1.137,001	14%
4	Sangat Bahaya	949,303	12%
	Total		100%

Sumber: Analisis data 2024

Hasil analisis peta tingkat bahaya longsor di Kecamatan IV Koto menunjukkan variasi zonasi bahaya dengan distribusi: zona sangat bahaya mencakup 12% (949,303 ha), zona bahaya 14% (1.137,001 ha), zona sedikit bahaya 26% (2.033,912 ha), dan zona aman 48% (3.868,989 ha) dari total luas wilayah. Adapun kategori tingkatan bahaya berdasarkan nagarinya sebagai berikut.

Tabel 12. Kategori Tingkatan Bahaya Berdasarkan Nagarinya

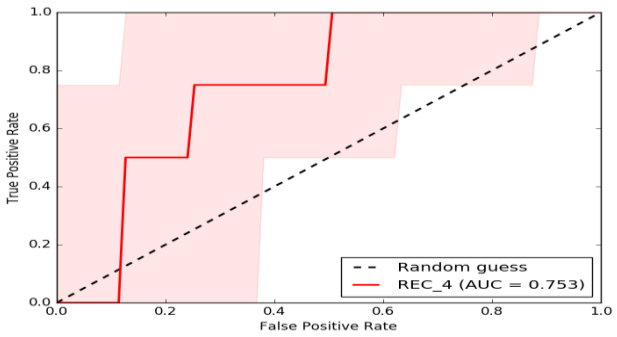
No	Desa/Nagari	Luas (ha)				Total Luas Lahan
		Tidak Bahaya	Sedikit Bahaya	Bahaya	Sangat Bahaya	
1	Sungai Landia	87,766	377,533	636,224	531,539	1,633,062
2	Balingka	1.203,552	1.060,546	430,671	417,792	3.112,555
3	Koto Tuo	340,315	196,476	67,301	0,000	604,092
4	Koto Panjang	921,415	155,801	0,417	0,000	1,077,216
5	Koto Gadang	740,455	95,777	0,098	0,000	836,232
6	Guguak Tabek Sarojo	163,012	87,061	2,223	0,000	252,296
7	Sianok Anam Suku	412,345	60,607	0,000	0,000	472,952

Sumber: Analisis Data 2024

Berdasarkan data luas lahan yang terpengaruh oleh bahaya di beberapa nagari menunjukkan Balingka memiliki lahan terluas (3.112,555 ha), didominasi kategori Sedikit Bahaya dan Bahaya. Sungai Landia (1.633,062 ha) lebih dari 70% masuk kategori

Bahaya dan Sangat Bahaya. Sianok Anam Suku (472,952 ha) sebagian besar Tidak Bahaya. Nagari seperti Koto Tuo, Koto Panjang, dan Koto Gadang tergolong aman. Umumnya, tingkat bahaya bervariasi, dengan Balingka dan Sungai Landia paling terpapar.

Validasi akurasi model menggunakan analisis ROC (Receiver Operating Characteristic) dengan 8 titik sampel representatif menghasilkan nilai AUC (Area Under Curve) sebesar 75%, yang ditunjukan pada gambar 11 dengan tingkat akurasi yang cukup baik dalam memprediksi potensi longsor. Model prediksi ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam perencanaan penggunaan lahan, pemilihan lokasi pembangunan, serta perancangan program pencegahan dan mitigasi bencana longsor untuk mengurangi risiko bagi masyarakat dan lingkungan.



Gambar 11 Kurva Nilai AUC

d. Faktor Penyebab Longsor di Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam

Kabupaten Agam, yang terletak di Provinsi Sumatera Barat, memiliki karakteristik geografis yang kompleks dengan topografi berbukit dan curah hujan yang tinggi, menjadikannya salah satu wilayah yang rentan terhadap bencana longsor. Berdasarkan hasil analisis statistik yang telah dilakukan, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat bahaya longsor di wilayah ini dengan tingkat signifikansi yang berbeda-beda. Berikut adalah analisis korelasi yang menunjukkan hubungan antar variabel dalam penelitian ini. Analisis korelasi Pearson dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan arah hubungan antara variabel independen (X1-X7) dengan variabel dependen (Y) yang menggambarkan tingkat bahaya longsor di Kecamatan IV Koto. Hasil analisis korelasi ditampilkan dalam matriks korelasi yang mencakup nilai koefisien korelasi Pearson, signifikansi (p-value), dan jumlah sampel (N) untuk setiap pasangan variabel.

Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson yang ditunjukkan pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa terdapat variasi dalam kekuatan dan arah hubungan antar variabel. Koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai yang mendekati ±1 menunjukkan hubungan yang kuat, sementara nilai yang mendekati 0 menunjukkan hubungan yang lemah. Tanda positif mengindikasikan hubungan searah, sedangkan tanda negatif menunjukkan hubungan yang berlawanan arah.

Tabel 12 Hasil Uji Korelasi Pearson

Correlations

		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y
X1	Pearson Correlation	1	.812	-.896	-.504	-.184	-.813	-.548	-.250
	Sig. (2-tailed)		.188	.104	.496	.816	.187	.452	.750
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
X2	Pearson Correlation	.812	1	-.671	-.080	-.241	-.490	.025	-.537
	Sig. (2-tailed)	.188		.329	.920	.759	.510	.975	.463
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
X3	Pearson Correlation	-.896	-.671	1	.790	.570	.538	.473	.507
	Sig. (2-tailed)	.104	.329		.210	.430	.462	.527	.493
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
X4	Pearson Correlation	-.504	-.080	.790	1	.638	.244	.585	.313
	Sig. (2-tailed)	.496	.920	.210		.362	.756	.415	.687
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
X5	Pearson Correlation	-.184	-.241	.570	.638	1	-.386	-.243	.894
	Sig. (2-tailed)	.816	.759	.430	.362		.614	.757	.106
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
X6	Pearson Correlation	-.813	-.490	.538	.244	-.386	1	.793	-.358
	Sig. (2-tailed)	.187	.510	.462	.756	.614		.207	.642
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
X7	Pearson Correlation	-.548	.025	.473	.585	-.243	.793	1	-.499

	Sig. (2-tailed)	.452	.975	.527	.415	.757	.207		.501
	N	8	8	8	8	8	8	8	8
Y	Pearson Correlation	-.250	-.537	.507	.313	.894	-.358	-.499	1
	Sig. (2-tailed)	.750	.463	.493	.687	.106	.642	.501	
	N	8	8	8	8	8	8	8	8

Analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa Geologi (X5) memiliki pengaruh paling dominan dengan nilai korelasi positif 0,894 terhadap tingkat bahaya longsor (Y), mengindikasikan bahwa kondisi geologi memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap kejadian longsor di Kecamatan IV Koto. Curah hujan (X2) menunjukkan korelasi negatif -0,537, kemungkinan dipengaruhi oleh sistem drainase dan vegetasi penutup yang baik. Kemiringan lereng (X1) memiliki korelasi negatif -0,250, menunjukkan interaksi dengan faktor lain seperti kondisi geologi dan penggunaan lahan. Jarak dari sungai (X3) berkorelasi positif 0,507, dimana potensi longsor meningkat di area yang lebih jauh dari sungai. Geologi (X4) memiliki korelasi positif 0,313, menandakan pengaruh moderat kondisi batuan terhadap longsor. Penggunaan lahan (X6) berkorelasi negatif -0,358, dan jenis tanah (X7) berkorelasi negatif -0,499, menunjukkan pentingnya pengelolaan lahan dan karakteristik tanah dalam menentukan stabilitas lereng.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan data menggunakan metode frekuensi rasio, Kecamatan IV Koto diklasifikasikan ke dalam empat tingkat bahaya longsor, yang menunjukkan distribusi bahaya longsor di wilayah penelitian. Tingkat bahaya longsor dengan kategori "tidak bahaya" mencakup luas wilayah sebesar 3.868,989 ha atau sekitar 48% dari total wilayah penelitian. Menurut Lee dan Pradhan (2007), wilayah dengan tingkat bahaya rendah ini biasanya memiliki karakteristik topografi yang relatif datar, jenis tanah yang stabil, dan tutupan vegetasi yang baik, yang secara efektif dapat mencegah terjadinya longsor. Zona ini merepresentasikan hampir separuh dari wilayah Kecamatan IV Koto, menunjukkan kestabilan alami tanah yang cukup tinggi. Wilayah dengan tingkat bahaya longsor "sedikit bahaya" mencakup luas sebesar 2.033,912 ha atau 26% dari total wilayah. Selanjutnya, tingkat bahaya longsor dengan kategori "bahaya" mencakup 1.137,001 ha atau 14% dari total wilayah

penelitian. Daerah ini memiliki karakteristik yang lebih rawan dan berpotensi, seperti kemiringan lereng yang curam dan tanah dengan stabilitas rendah. Menurut Dai dan Lee (2002), wilayah dengan tingkat bahaya ini membutuhkan pengelolaan risiko yang lebih intensif, seperti kontrol erosi, rehabilitasi lahan kritis, atau pengawasan aktivitas pembangunan yang ketat. Kategori terakhir adalah wilayah dengan tingkat bahaya longsor "sangat bahaya" mencakup 949,303 ha atau 12% dari total wilayah penelitian. Meskipun luasnya relatif kecil, zona ini menunjukkan tingkat risiko tertinggi, yang sering kali berada di wilayah dengan kombinasi kemiringan ekstrem, tanah yang sangat mudah tererosi, struktur batuan yang lemah dan curah hujan tinggi. Sebagaimana diungkapkan oleh Guzzetti et al. (2005), wilayah ini perlu mendapatkan prioritas dalam langkah mitigasi, seperti pemasangan sistem drainase, pengendalian lereng, dan relokasi penduduk dari zona rawan longsor.

Uji akurasi peta tingkat bahaya longsor yang telah dilakukan didapatkan AUC pada kurva yang menunjukkan akurasinya 75%. Menurut Gholami, dkk. (2019), bahwa model yang memiliki nilai *Area Under Curve* (AUC) yang baik dianggap memiliki nilai >70%.

Berdasarkan hasil analisis faktor-faktor penyebab longsor menggunakan korelasi pearson, geologi merupakan faktor yang paling dominan dalam kejadian longsor di Kecamatan IV Koto, dengan nilai korelasi positif sebesar 0,894 terhadap tingkat bahaya longsor. Hal ini sejalan dengan pandangan Guzzetti, dkk. (2005) yang menyatakan bahwa geologi merupakan salah satu faktor utama dalam analisis risiko longsor, karena karakteristik batuan dan tanah sangat memengaruhi respons wilayah terhadap tekanan eksternal.

Karakteristik geologi di Kecamatan IV Koto yang didominasi oleh batuan vulkanik dan sedimen telah mengalami pelapukan intensif, menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi kestabilan lereng. Formasi batuan yang terdapat di wilayah ini cenderung memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap pergerakan massa tanah, terutama ketika terkena pengaruh faktor pemicu seperti curah hujan tinggi atau aktivitas seismik. Hal ini juga selaras dengan pernyataan Arsyad, dkk, (2018) bahwa batuan yang kurang kuat umumnya batuan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran pasir, kerikil, dan liat yang kurang kuat. Kondisi ini menjadikan daerah sekitar jalan yang memiliki lereng, rawan terhadap keruntuhan tanah terutama jika pembangunan jalan tidak memperhatikan aspek stabilitas lereng dan konservasi tanah yang memadai.

Berdasarkan hasil analisis ini, beberapa rekomendasi yang dapat diusulkan meliputi:

a. Pemetaan detail zona-zona dengan kondisi geologi rentan untuk prioritas mitigasi.
b. Pengembangan sistem drainase yang efektif terutama di sekitar jalan dan curah hujan yang tinggi.
c. Penerapan teknik stabilisasi lereng yang sesuai dengan karakteristik geologi dan tanah setempat.
d. Pengaturan tata guna lahan yang mempertimbangkan aspek kerentanan longsor.
e. Perencanaan pembangunan jalan yang lebih memperhatikan aspek kestabilan lereng.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang tingkat bahaya longsor di Kecamatan IV Koto, ditemukan bahwa wilayah ini memiliki empat kategori tingkat bahaya dengan distribusi: 48% (1.547.443 piksel) area tidak bahaya, 26% (813.768 piksel) sedikit bahaya, 14% (454.594 piksel) bahaya, dan 12% (379.864 piksel) sangat bahaya. Analisis korelasi Pearson mengidentifikasi faktor jarak dari jalan sebagai penyebab utama longsor dengan nilai korelasi positif 0,894, menunjukkan pengaruh yang sangat dominan terhadap tingkat bahaya longsor di wilayah tersebut. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun sebagian besar wilayah Kecamatan IV Koto termasuk dalam kategori tidak bahaya, namun masih terdapat area signifikan yang memerlukan perhatian khusus dalam upaya mitigasi bencana longsor, terutama di wilayah dengan kondisi geologi yang rentan.

DAFTAR PUSTAKA

Albirru, G. M., Nurtjahjaningtyas, I., & Hidayah, E. (2023). Pemetaan Kerawanan Longsor di Hulu DAS Tanggul. *Rekayasa Sipil*, *17*(2), 199–210. https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.02.12

Arsyad. U., Barkey. R., Wahyuni, dan Matandung. K. K. (2018). Karakteristik Tanah Longsor di Daerah Aliran Sungai Tangka. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. Vol. 10 (1), 203-214.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) (2017). Data Kejadian Bencana di Kabupaten Agam.

Badan Pusat Statistik Kecamatan IV Koto. (2023). *Kecamatan IV Koto dalam angka 2023*.

Nugroho, Danang Dwi dan Hary Nugroho. (2020). Analisis Kerentanan Tanah Longsor Menggunakan Metode Frequency Ratio di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Jurnal Geoid. Vol. 16, No. 1, Hal. 08-18.

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) (2005). Pengenalan Gerakan Tanah, ESDM. Available at: https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Gerakan_Tanah.p df.

Dinata, A., & Dhiniati, F. (2019). Analisis Tingkat Bahaya Tanah Longsor di Kota Pagar Alam. *Seminar Nasional AVoER XI*, 1, 1074–1078.

Fadilah, N., Arsyad, U., & Soma, A. S. (2019). Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode Frekuensi Rasio Di Daerah Aliran Sungai Bialo. *Perennial*, *15*(1), 42. https://doi.org/10.24259/perennial.v15i1.6317

Gholami, M., Ghachkanlu, E. N., Khosravi, K., & Pirasteh, S. (2019). Landslide Prediction Capability by Comparison of Frequency Ratio, Fuzzy Gamma and Landslide Index Method. Journal of Earth System Science, 128(2), 1-22.

Guzzetti, F. (2005). Landslide Hazard and Risk Assessment. PhD Thesis. *Mathematics-Scientific Faculty, University of Bonn, Bonn, Germany*, 389 pp.https://www.researchgate.net/publication/209803000_Landslide_Hazard_and _Risk_Assessment_PhD_Thesis/citation/download

Halim, L.N., & Panjaitan, T. W. (2016). Perancangan Dokumen Hazard Identification Risk Assessment control (HIRARC) Pada Perusahaan Furniture. *Titra*, Vol. 4, No. 2 : 279-284

Isneni, A. N., Putranto, T. T., & Trisnawati, D. (2020). Analisis Sebaran Daerah Rawan Longsor Menggunakan Remote Sensing dan Analytical Hierarchy Process (AHP) di Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, *3*(3), 149–160. https://doi.org/10.14710/jgt.3.3.2020.149-160

Jaafari, A. (2014). GIS-Based Frequency Ratio and Index of Entropy Models for Landslide Suspectibility Assesment in the Caspian Forest, Northern Iran. *International Journal of Environmental Science and Tech,* 11:909-926.

Lee, S. & Pradhan, B. (2006). Probabilistic landslide hazards and risk mapping on Penang Island , Malaysia. 6, 661–672.

Nugroho, D. D., & Nugroho, H. (2020). Analisis Kerentanan Longsor Menggunakan Metode Frequency Ratio di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. *Geoid*, *16*(1), 8. https://doi.org/10.12962/j24423998.v16i1.7680

Parmelian, V., Siregar, A. D., & Said, Y. M. (2022). Geology and Potential Flash Flood Vulnerability of Sungai Jernih Village and Surroundings, Pondok Tinggi District, Kerinci Regency, Jambi. *Jurnal Geocelebes*, *6*(1), 24–36. https://doi.org/10.20956/geocelebes.v6i1.14824

Puslit Tanah. (2004*).* Klasifikasi intensitas curah hujan. Bogor: Puslit Tanah.

Ramli, S. (2010). Pedoman Praktis Manajemen Risiko Dalam Perspektif K3 OHS Risk Management. Jakarta: Dian Rakyat.

Siregar, Sofyan. (2016). *Statistika Deskriptif untuk Penelitian Dilengkapi Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Sitawati, A., & Situmorang, R. (2019). *Tata guna dan pengembangan lahan* (Edisi 1, 3 SKS, Modul 1-9). Universitas Terbuka.

Soma, A. S., & Kubota, T. (2017). The Performance of Land Use Change Causative Factor on Landslide Susceptibility Map in Upper Ujung-Loe Watersheds South Sulawesi, Indonesia. *Geoplanning J*. Geomatics Plan, 4, 157-170.

Sugianti, K., Mulyadi, D., & Sarah, D. (2014). Pengkelasan tingkat kerentanan gerakan tanah daerah Sumedang Selatan menggunakan metode Storie. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 24(2), 93-104.

Sugiyono, (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*(M.Dr. Ir. Sutopo, S.Pd (ed); ke2 ed)

Supriyadi, Ramdan, F. (2017). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko pada Divisi Boiler Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (Hirarc). *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health. 1* (2). 161-177.

Supriyono, P. (2014).*Seri Pendidikan Pengurangan Risiko Bencana Longsor. 1st edn*. Yogyakarta: ANDI.

Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 873/Kpts/Um/11/1980 tentang tata cara penetapan hutan lindung

Wibowo, K. M. W. M., Kanedi, I., and Jumadi, J. (2015). Sistem informasi geografis (sig) menentukan lokasi pertambangan batu bara di provinsi bengkulu berbasis website. *Jurnal Media Infotama, 11*(1).