

Sebaran Hujan Ekstrem dan Penerapan Prediksi IBFWS dalam Menilai Risiko Longsor di Kawasan Jazirah Leihitu Pulau Ambon

Spatial Distribution of Extreme Rainfall and the Application of IBFWS Prediction for Landslide Risk Assessment in the Leihitu Peninsula, Ambon Island

Gina P. Batubara^{1,2}, Rafael M. Osok^{1*}, Maimuna La Habi¹, Talakua, S.M¹

¹⁾ Program Studi Magister Pengelolaan Lahan, Program Pascasarjana Universitas Pattimura Ambon

²⁾ Stasiun Meteorologi Kelas II Pattimura Ambon, Bandar Udara Pattimura Ambon

*Corresponding Author

E-mail: rafael.osok@lecturer.unpatti.ac.id

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-9789-6957>

Article Info: Submitted: 04 Maret 2026 | Revised: 12 Maret 2026 | Accepted: 10 Mei 2026 | Published 30 Juni 2026

Abstrak: Tanah longsor merupakan bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di wilayah Jazirah Leihitu, Pulau Ambon, dengan risiko yang dipengaruhi oleh kondisi topografi, curah hujan, dan tingkat kerentanan wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat risiko longsor, pola sebaran curah hujan saat kejadian longsor, serta mengevaluasi keakuratan sistem Impact-Based Forecast and Warning Services (IBFWS) dalam memprediksi potensi dampak longsor. Metodologi penelitian mencakup pemetaan spasial bahaya, kerentanan, kapasitas, serta overlay spasial dengan curah hujan untuk menghasilkan peta IBFWS. Uji validitas dilakukan menggunakan metode tabel kontingensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah tergolong dalam risiko sedang, sementara zona risiko tinggi tersebar di bagian barat dan tengah Leihitu Barat serta pesisir Salahutu. Validasi IBFWS menunjukkan tingkat akurasi moderat pada kejadian 8 Juli 2022 dengan akurasi 66,67% dan skill 0,6667, namun lebih rendah pada 24 Agustus 2022 dengan akurasi 33,33% dan skill 0,333. Penelitian ini menekankan pentingnya penguatan sistem peringatan dini berbasis dampak dalam mendukung upaya mitigasi dan kesiapsiagaan bencana tanah longsor di wilayah rentan.

Kata Kunci: tanah longsor, IBFWS, risiko bencana, curah hujan, Jazirah Leihitu

Abstract: Landslides are a common hydrometeorological disaster in the Jazirah Leihitu region of Ambon Island, influenced by topographical conditions, rainfall intensity, and the area's vulnerability level. This study aims to analyze landslide risk levels, assess rainfall distribution patterns during landslide events, and evaluate the accuracy of the Impact-Based Forecast and Warning Services (IBFWS) system in predicting potential landslide impacts. The research methodology involves spatial mapping of hazard, vulnerability, and capacity, followed by spatial overlay with 24-hour rainfall data to produce IBFWS maps. Validation was conducted using a contingency table method. Results indicate that the majority of the area falls into the medium-risk category, while high-risk zones are scattered across western and central Leihitu Barat and the coastal region of Salahutu. IBFWS validation showed moderate accuracy for the July 8, 2022 event, with 66.67% accuracy and a skill score of 0.6667, but lower performance on August 24, 2022, with 33.33% accuracy and a skill score of 0.333. This study highlights the importance of strengthening impact-based early warning systems to enhance disaster mitigation and preparedness efforts in vulnerable areas.

Keywords: landslide, IBFWS, disaster risk, rainfall, Jazirah Leihitu

Citation Guide: Batubara, G.P., Osok, R.M., La Habi, M., Talakua, S.M., 2026. Sebaran Hujan Ekstrem dan Penerapan Prediksi IBFWS dalam Menilai Risiko Longsor di Kawasan Jazirah Leihitu Pulau Ambon

GEOFORUM Jurnal Geografi dan Pendidikan Geografi, 5 (1), 11-25.

<https://doi.org/10.30598/geoforumvol5iss1pp26-39>



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana paling sering terjadi di Indonesia. Kondisi geologis yang kompleks dan variabilitas cuaca yang tinggi menyebabkan frekuensi kejadian longsor terus meningkat, terutama di wilayah dengan kemiringan lereng terjal dan curah hujan ekstrem. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2025) melaporkan bahwa pada tahun 2023 terjadi 591 kejadian tanah longsor, sedangkan pada 2024 tercatat 207 kejadian, yang menimbulkan kerugian fisik, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Longsor di Indonesia umumnya dipicu oleh intensitas hujan ekstrem dalam durasi pendek maupun panjang, serta diperparah oleh faktor-faktor fisik seperti jenis tanah yang mudah jenuh, kondisi lereng, dan penggunaan lahan yang tidak sesuai (Luhukay et al., 2022). Selain faktor biofisik, tekanan pembangunan dan degradasi lahan juga meningkatkan kerentanan wilayah terhadap longsor (Hanifudin et al., 2024; Talakua et al., 2024).

Pulau Ambon memiliki karakter fisiografi berbukit dan menerima curah hujan tinggi sepanjang tahun, sehingga menjadi salah satu kawasan dengan risiko longsor yang signifikan. Kawasan Jazirah Leihitu, yang merupakan bagian dari Pulau Ambon, memiliki bentang alam bergelombang hingga terjal serta daerah tangkapan air yang relatif terbatas, menjadikannya sangat rentan terhadap kejadian longsor. Meskipun berbagai penelitian terkait longsor di Pulau Ambon telah dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada wilayah Kota Ambon. Informasi ilmiah mengenai kawasan di luar pusat kota, termasuk Jazirah Leihitu, masih terbatas. Sejumlah metode seperti slope morphology, Indeks Storie, serta pemodelan kerentanan berbasis GIS telah digunakan dalam upaya pemetaan daerah rawan longsor di Pulau Ambon (Manakane et al., 2023; Latue et al., 2023; Rakuasa et al., 2022). Analisis spasial terhadap kerawanan bencana sangat penting sebagai langkah awal mitigasi bencana di wilayah rawan longsor (Ristya et al., 2019).

Menurut World Meteorological Organization (WMO, 2015), ketersediaan informasi cuaca konvensional belum cukup efektif dalam mengurangi risiko bencana hidrometeorologi. Di Indonesia, persepsi bahwa cuaca tropis hanya berkisar pada hujan atau tidak hujan membuat informasi prediksi sering dianggap kurang penting, meskipun kenyataannya sekitar 95% bencana nasional merupakan bencana hidrometeorologi. Untuk menjawab tantangan tersebut, WMO memperkenalkan paradigma

baru prediksi cuaca, yaitu Impact-Based Forecast (IBF) atau Prakiraan Berbasis Dampak. Dalam pendekatan ini, informasi tidak hanya sebatas kejadian meteorologis, tetapi juga potensi dampak yang ditimbulkan oleh cuaca ekstrem seperti hujan lebat (Boult et al., 2022; Kox & Lu, 2018; Taylor & Kaese, 2019). IBF mengintegrasikan komponen bahaya, keterpaparan, dan kerentanan untuk mengidentifikasi tingkat risiko (ESCAP, 2021; WMO, 2021) serta memprediksi lokasi, waktu, dan besarnya dampak yang mungkin terjadi (Merz et al., 2020; Weyrich et al., 2018). Sistem ini menuntut pemahaman berkelanjutan tentang bahaya hidrometeorologi yang dipadukan dengan pemetaan kerawanan berbasis kondisi lokal (Weyrich et al., 2018).

Indonesia menjadi salah satu negara yang mengadopsi pendekatan IBF untuk mendukung pengurangan risiko bencana. Beberapa penelitian telah menerapkannya, seperti (Dhuha et al., 2024) dan (Ali et al., 2021), terutama dalam manajemen risiko banjir berbasis wilayah terdampak. Namun, implementasi IBF untuk menilai risiko longsor, khususnya pada wilayah kepulauan seperti Pulau Ambon, masih sangat terbatas.

Melihat tingginya kejadian hujan ekstrem dan kerentanan fisik wilayah Jazirah Leihitu, pengembangan analisis risiko longsor berbasis prediksi dampak melalui IBFWS menjadi sangat penting. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan akurasi penilaian risiko melalui integrasi data bahaya, kerentanan, dan keterpaparan pada skala spasial yang lebih detail. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis sebaran hujan ekstrem serta menerapkan sistem prediksi berbasis dampak (IBFWS) untuk menilai tingkat risiko longsor di Kawasan Jazirah Leihitu, Pulau Ambon. Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi mitigasi longsor yang lebih efektif dan berbasis bukti.

METODE

Penelitian dilakukan di Jazirah Leihitu, Pulau Ambon, dengan fokus pada kejadian longsor tanggal 8 Juli 2022 (Kecamatan Leihitu & Leihitu Barat) serta 22 Agustus 2022 (Kecamatan Leihitu Barat). Data spasial yang digunakan, meliputi kemiringan lereng dari Digital Elevation Model (BIG), geologi (Kementerian ESDM), jenis tanah (Kementerian Pertanian), penggunaan lahan (BPKHTL Maluku Tengah, 2023), curah hujan dari Stasiun Meteorologi Pattimura Ambon, serta data

kerentanan dan kapasitas dari InaRISK BNPB. Data wilayah terdampak longsor diperoleh dari BPBD Maluku Tengah. Seluruh data diolah menggunakan ArcMap 10.8, QGIS, dan Microsoft Excel untuk validasi. Analisis data dalam penelitian ini meliputi:

Analisis dan Pemetaan Tingkat Bahaya Bencana Tanah Longsor

Pemetaan Kerentanan dan Kapasitas. Data kerentanan dan kapasitas bencana tanah longsor diunduh dari InaRISK BNPB dalam format shapefile. Data kemudian diimpor ke ArcMap dan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi, mengikuti standar klasifikasi InaRISK. Hasilnya berupa peta kerentanan dan kapasitas longsor.

Pemetaan Risiko Tanah Longsor. Tingkat risiko dianalisis berdasarkan formula: $R = (\text{Bahaya} \times \text{Kerentanan}) / \text{Kapasitas}$. Seluruh layer (bahaya, kerentanan, kapasitas) dikombinasikan dalam format raster, selanjutnya, nilai risiko yang diperoleh diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu: risiko rendah, sedang dan tinggi.

Pemetaan Sebaran Curah Hujan. Pemetaan curah hujan dilakukan menggunakan data akumulasi hujan 24 jam pada tanggal kejadian longsor (8 Juli dan 22 Agustus 2022). Titik pos hujan dan datanya diolah di QGIS menggunakan metode interpolasi Inverse Distance Weighting (IDW). Hasil interpolasi disajikan dalam peta raster dan diklasifikasikan menjadi empat kelas intensitas: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Peta ini digunakan untuk melihat keterkaitan antara intensitas hujan dan risiko longsor.

Analisis Sebaran Hujan Ekstrim dan Penyusunan Peta IBFWS

Analisis sebaran hujan ekstrim. Analisis terhadap sebaran hujan ekstrim 24 jam dilakukan untuk data tanggal 8 Juli 2022 dan 24 Agustus 2022, yaitu saat kejadian longsor. Data hujan diambil dari 6 pos pencatat, yaitu stasiun Hila, Pattimura, Hatu, Negeri Lima, Waai, dan stasiun Tapi.

Penyusunan peta IBFWS. Peta IBFWS dibuat melalui overlay antara kelas risiko longsor dan kelas curah hujan menggunakan ArcGIS. Klasifikasi dilakukan berdasarkan matriks risiko IBFWS, yang mengombinasikan aspek likelihood (intensitas hujan) dan impact (tingkat risiko longsor), dan hasilnya adalah kategori peringatan yang dikelompokkan ke dalam skala Waspada (level 1–5), Siaga (level 6–9), dan Awas (level 10). Output berupa peta poligon IBFWS yang menunjukkan level peringatan berbasis dampak di Jazirah Leihitu.

Uji Validitas. Uji validitas dilakukan untuk menilai kemampuan IBF dalam memprediksi kejadian longsor dengan membandingkan hasil prakiraan terhadap data kejadian sebenarnya.

Evaluasi dilakukan menggunakan tabel kontingensi yang mengelompokkan kecocokan antara prakiraan dan observasi (Tabel 1).

Tabel 1. Tabel Kontingensi

Frekuensi	Observasi		Jumlah
	Yes	No	
Forecast	Yes	a	a + b
	No	c	c + d
Jumlah	a + c	b + d	n = a + b + c + d

Notasi a = prakiraan *ya* dan observasi *ya*, b = prakiraan *ya* tetapi observasi *tidak*, c = prakiraan *tidak* tetapi observasi *ya*, d = prakiraan *tidak* dan observasi *tidak*. Berdasarkan tabel tersebut, dilakukan perhitungan tiga parameter verifikasi, yaitu akurasi, bias, dan skill, dengan rumus: Akurasi = $(a + d) / n$, Bias = $(a + b) / (a + c)$, dan Skill = $a / (a + b + c)$. Nilai ketiga parameter tersebut berada pada rentang 0–1, di mana nilai 1 menunjukkan prakiraan yang sangat baik. Nilai bias > 1 mengindikasikan prakiraan cenderung overestimate, sedangkan nilai bias < 1 menunjukkan prakiraan underestimate. Parameter-parameter ini memberikan dasar kuantitatif untuk menilai kinerja IBF dalam mendeteksi potensi longsor di wilayah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor-Faktor Penyebab Tanah Longsor

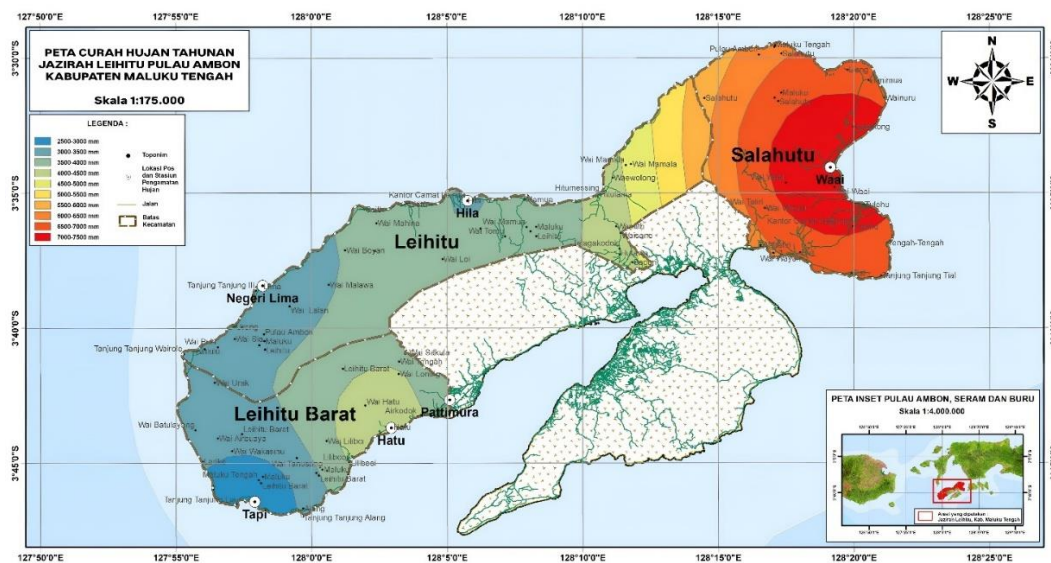
Bahaya tanah longsor di wilayah penelitian dipengaruhi oleh kombinasi kondisi hidrometeorologi, topografi, dan karakteristik tanah yang membentuk tingkat kerentanan alami suatu lereng. Pada aspek curah hujan (Gambar 1), wilayah Leihitu dan Leihitu Barat menerima curah hujan tahunan yang tinggi, yaitu sekitar 3.000–6.000 mm, dengan beberapa area pesisir barat seperti Negeri Lima dan Tanjung Urak memiliki curah hujan lebih rendah, yaitu 2.500–3.000 mm per tahun. Intensitas hujan tinggi berfungsi sebagai pemicu utama longsor karena meningkatkan tekanan pori dan mengurangi kekuatan geser tanah sejalan dengan temuan penelitian hidrometeorologi terbaru (Zhang et al., 2021; Liu et al., 2025; Di Napoli et al., 2023).

Kondisi topografi di lokasi penelitian juga berperan signifikan dalam meningkatkan kerentanan longsor (Gambar 2). Kemiringan lereng bervariasi dari datar (0–3%) hingga sangat curam (>65%), dengan kelas lereng miring (15–30%) menjadi kelas yang dominan. Lereng dengan kemiringan menengah hingga terjal dikenal lebih rentan terhadap ketidakstabilan karena gaya gravitasi yang lebih besar dan potensi terjadinya pelapukan mekanik yang lebih intens, sebagaimana dijelaskan dalam studi terbaru tentang stabilitas lereng tropis (Pertiwi et al., 2025).

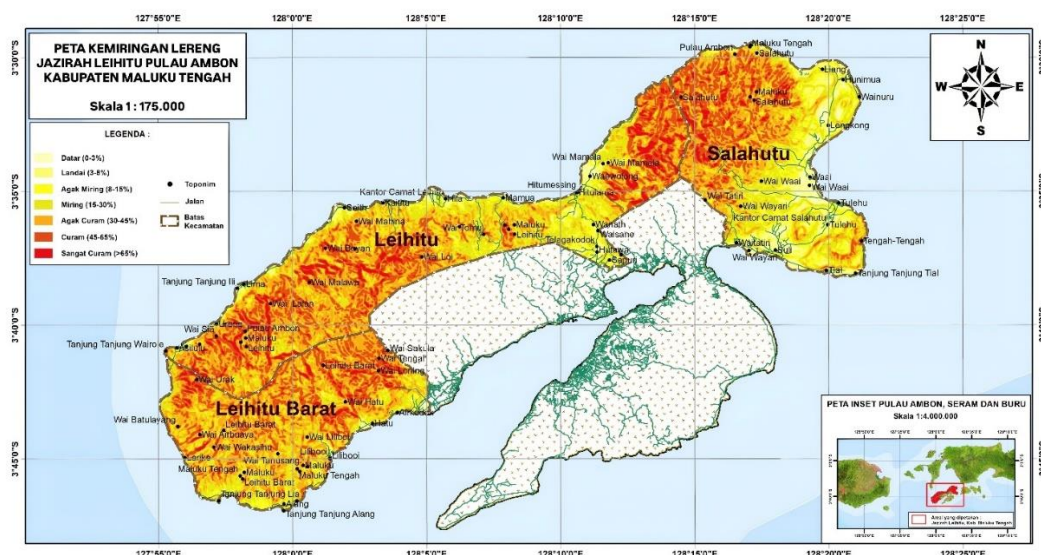
Jenis tanah juga memainkan peran penting (Gambar 3). Wilayah penelitian didominasi oleh Oksisol dan Kambisol. Oksisol merupakan tanah tua dengan tingkat pelapukan sangat tinggi, struktur remah, serta kandungan liat rendah, sehingga memiliki kapasitas menahan air yang terbatas. Sebaliknya, Kambisol merupakan tanah muda dengan struktur yang belum stabil dan kandungan liat yang relatif lebih tinggi, sehingga lebih sensitif terhadap perubahan kadar air. Kombinasi sifat fisik kedua jenis tanah ini dapat memicu penurunan kekuatan geser ketika jenuh oleh air hujan, konsisten dengan temuan pedologi dan geoteknik terbaru di kawasan tropis basah

(Rahardjo et al., 2019; Oliveira et al., 2024; Luhukay, et al., 2022; Osok et al., 2018).

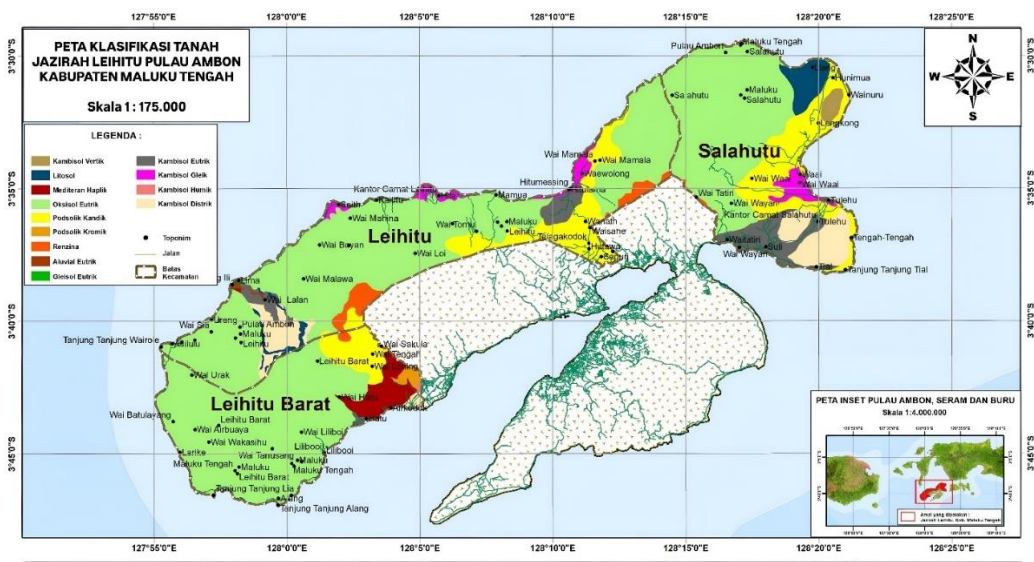
Kondisi lingkungan wilayah penelitian menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki potensi bahaya longsor yang tinggi, terutama pada periode puncak musim hujan.



Gambar 1. Kondisi curah hujan tahunan di lokasi penelitian.



Gambar 2. Kondisi topografi (kemiringan lereng) di lokasi penelitian.

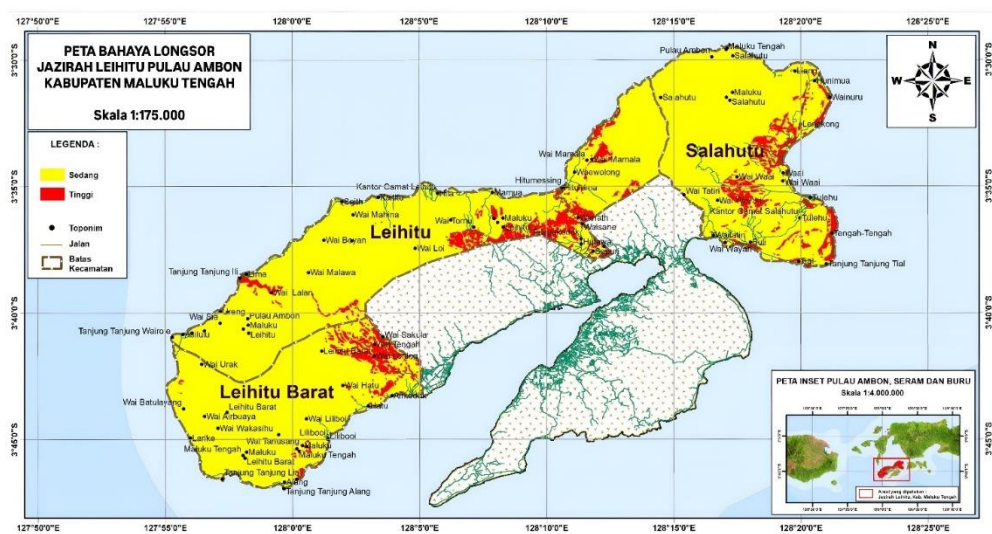


Gambar 3. Kondisi tanah di lokasi penelitian.

Tingkat Bahaya Longsor

Gambar 4 menunjukkan bahwa lokasi penelitian didominasi oleh kelas bahaya longsor sedang, disusul oleh kelas bahaya tinggi. Zona bahaya tinggi terutama teridentifikasi di Kecamatan Leihitu Barat, khususnya pada area dengan kemiringan lereng curam hingga sangat curam. Sementara itu, di Kecamatan Leihitu dan Salahutu, bahaya longsor tinggi umumnya muncul pada lereng miring hingga agak curam, meskipun luasan kelas ini tidak sebesar di Leihitu Barat. Tingkat bahaya di ketiga wilayah tersebut dipengaruhi oleh kombinasi faktor fisik, yaitu curah hujan, jenis tanah, tutupan lahan, dan kemiringan lereng. Curah hujan yang tinggi berkontribusi terhadap peningkatan tekanan pori

dan berkurangnya kekuatan geser tanah, sementara jenis tanah seperti Oksisol dan Kambisol memiliki karakteristik fisik yang mempengaruhi kestabilan lereng. Hasil ini sejalan dengan Paramaddina et al., (2024) yang menegaskan bahwa interaksi antara curah hujan, tanah, tutupan lahan, dan kemiringan lereng merupakan faktor penentu utama tingkat kerawanan longsor. Selain itu, Naryanto et al., (2019) serta Syah & Mulyasari, (2022) menekankan bahwa topografi curam hingga sangat curam secara langsung meningkatkan potensi ketidakstabilan lereng, sehingga memperbesar peluang terjadinya longsor.



Gambar 4. Peta bahaya longsor di lokasi penelitian.

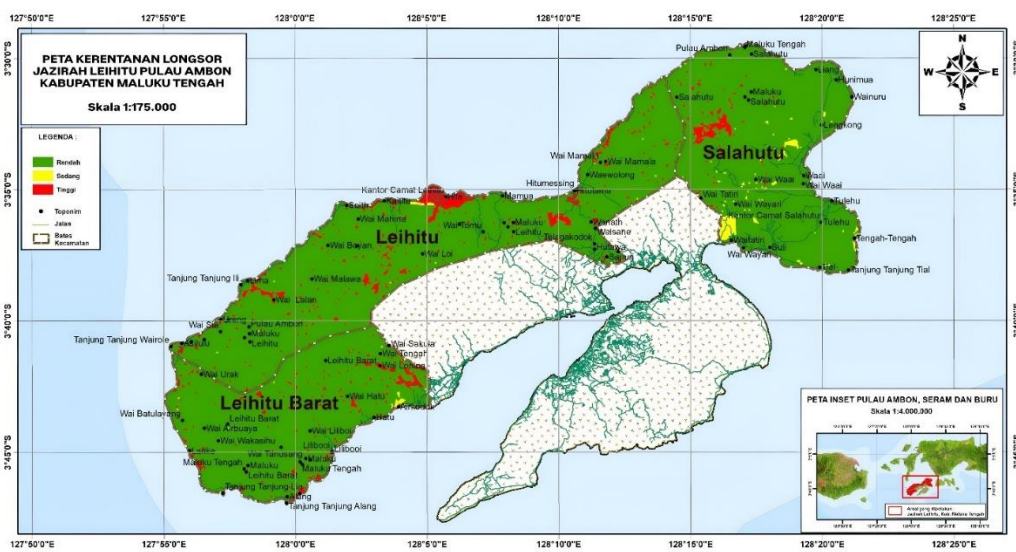
Kerentanan, Kapasitas Dan Risiko Terhadap Tanah Longsor

Gambar 5 menunjukkan bahwa kerentanan tanah longsor di wilayah penelitian didominasi oleh kelas rendah, sedangkan zona

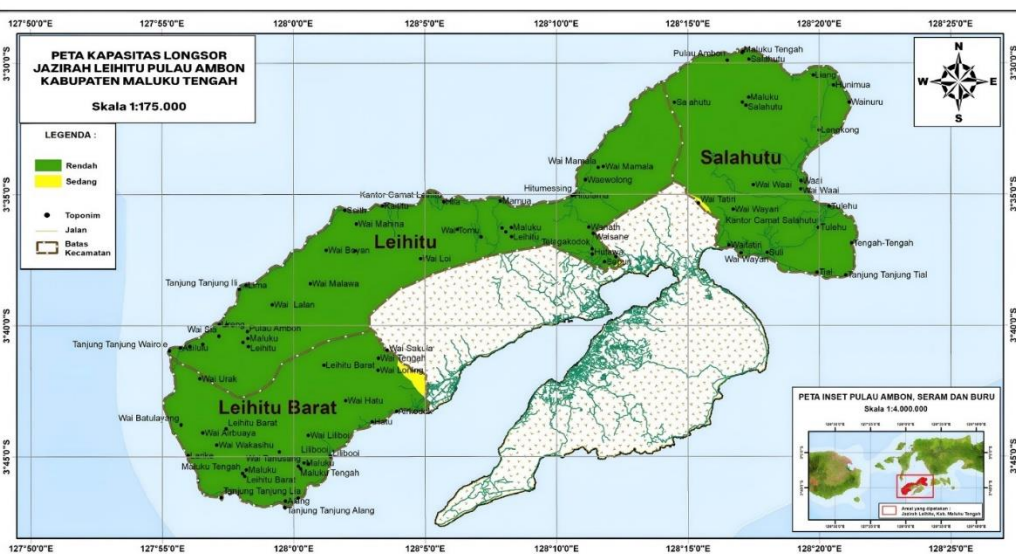
kerentanan tinggi tersebar secara tidak merata, terutama di Kecamatan Leihitu bagian utara dan timur, Salahutu bagian tengah dan utara, serta beberapa lokasi di Leihitu Barat. Kerentanan sedang terdistribusi lebih terbatas dan umumnya berada pada area dengan kombinasi faktor lingkungan seperti lereng miring, perubahan tutupan lahan, serta keberadaan permukiman pada zona peralihan geomorfologi. Selanjutnya hasil pemetaan kapasitas memperlihatkan bahwa kapasitas terhadap tanah longsor di wilayah penelitian didominasi oleh kelas rendah (Gambar 6). Hal ini mengindikasikan keterbatasan infrastruktur mitigasi, rendahnya kesiapsiagaan masyarakat, serta minimnya sistem peringatan dini di sebagian besar desa pada ketiga kecamatan

tersebut. Sedangkan kelas kapasitas sedang ditemukan secara lebih terbatas, terutama pada zona transisi antara Kecamatan Leihitu dan Leihitu Barat, yang secara umum memiliki aksesibilitas lebih baik dan berada lebih dekat dengan pusat layanan publik.

Hasil ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara tingkat kerentanan dan kapasitas masyarakat dalam menghadapi ancaman tanah longsor. Kombinasi kerentanan sedang–tinggi dengan kapasitas rendah pada sebagian wilayah menandakan perlunya prioritas intervensi mitigasi struktural maupun nonstruktural.



Gambar 5. Peta kerentanan terhadap tanah longsor di lokasi penelitian



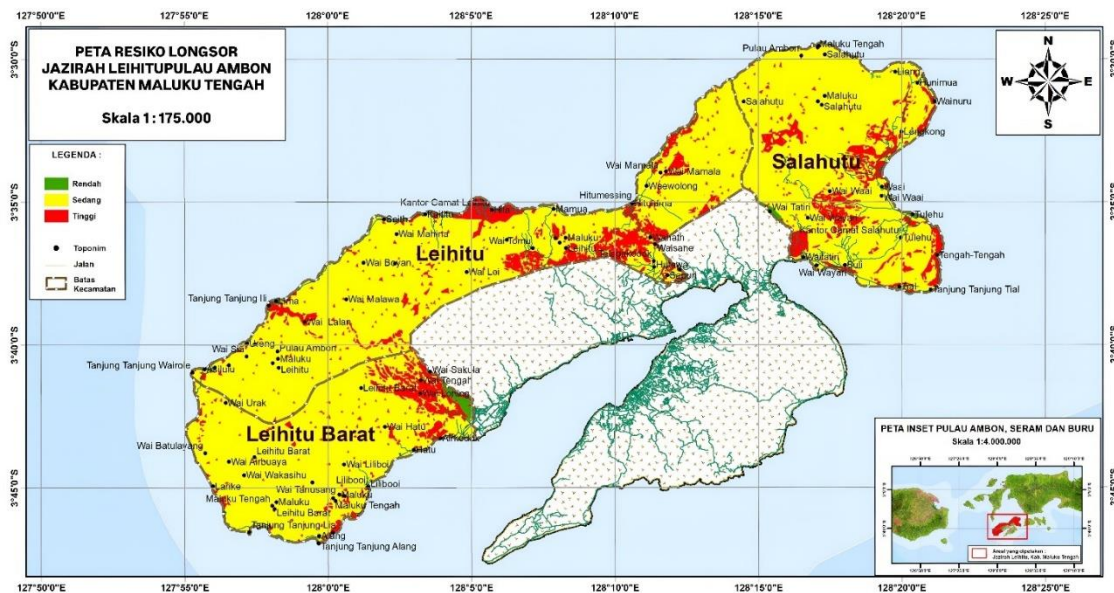
Gambar 6. Peta kapasitas terhadap tanah longsor di lokasi penelitian

Gambar 7 menunjukkan bahwa zona risiko rendah hanya mencakup area yang sangat terbatas dan tersebar terutama di bagian barat

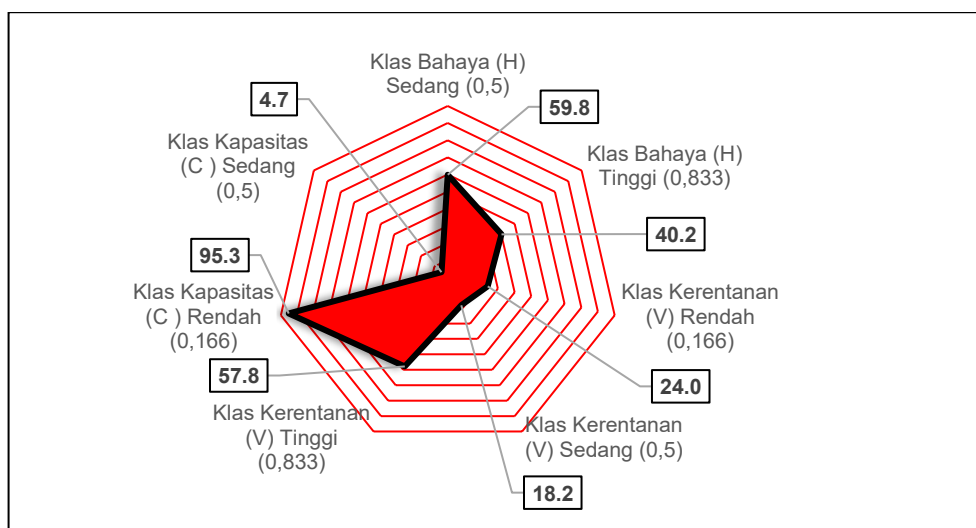
daya Kecamatan Leihitu Barat. Zona risiko sedang merupakan kelas yang paling dominan dan tersebar merata di lokasi penelitian, yaitu wilayah

kecamatan Leihitu bagian tengah dan utara, Salahutu bagian barat dan utara, serta beberapa bagian dataran di Leihitu Barat. Zona risiko tinggi tersebar cukup luas di bagian barat dan tengah Kecamatan Leihitu Barat, wilayah tertentu di Kecamatan Leihitu, serta wilayah timur dan pesisir Kecamatan Salahutu. Analisis lebih mendalam terhadap zona berisiko tinggi (Gambar 8) memperlihatkan bahwa faktor bahaya didominasi oleh kelas bahaya sedang (0,5) dengan frekuensi 59,8%, namun masih terdapat porsi signifikan kelas bahaya tinggi (0,833) sebesar 40,2%. Faktor kerentanan di zona risiko tinggi menunjukkan dominasi kelas kerentanan tinggi (0,833) dengan proporsi 57,8%, diikuti oleh kerentanan sedang (0,5) sebesar 18,2%. Sementara itu, faktor kapasitas di wilayah risiko tinggi sangat didominasi oleh

kapasitas rendah (0,166) sebesar 95,3%, sedangkan kapasitas sedang (0,5) hanya 4,7%. Hasil ini menegaskan bahwa zona berisiko tinggi umumnya merupakan kombinasi antara bahaya sedang–tinggi, kerentanan tinggi, dan kapasitas masyarakat yang rendah. Kondisi menunjukkan bahwa meningkatkan risiko bencana di lokasi penelitian akibat tingginya kerentanan yang tidak diimbangi oleh kapasitas yang memadai. Sehingga, semakin tinggi bahaya dan kerentanan, serta semakin rendah kapasitas, maka tingkat risiko tanah longsor akan meningkat. Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Hastanti & Miardini, 2021 yang menyatakan bahwa wilayah dengan kerentanan tinggi hingga sangat tinggi memiliki potensi ancaman yang besar dan dapat menimbulkan dampak signifikan terhadap masyarakat dan lingkungan.



Gambar 7. Peta risiko terhadap tanah longsor di lokasi penelitian



Gambar 8. Analisis tingkat risiko longsor tinggi berdasarkan tingkat bahaya longsor,

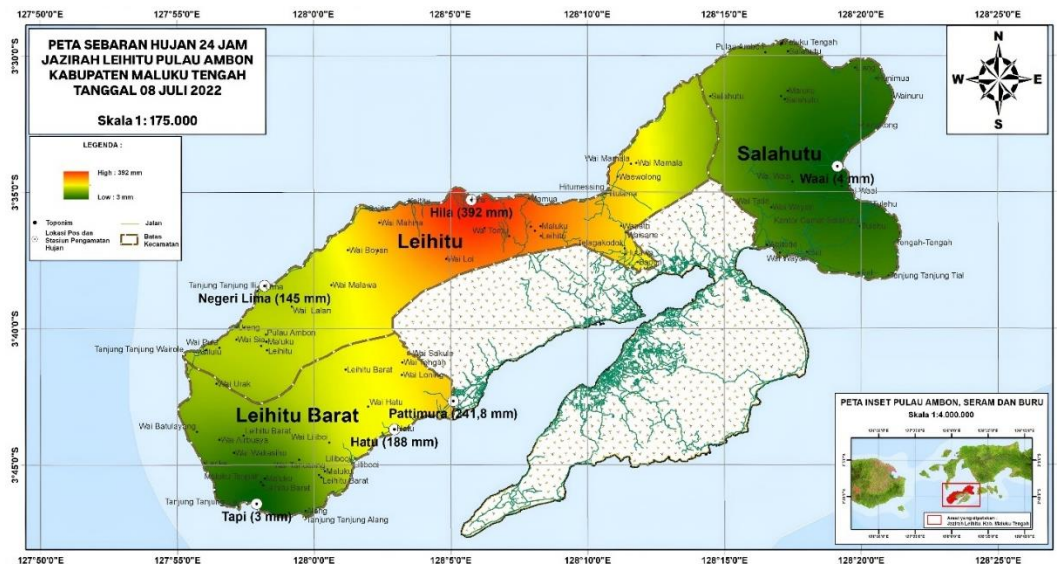
Sebaran Hujan Ekstrim dan Peta IBFWs

Salah satu faktor pemicu utama terjadinya tanah longsor adalah curah hujan berintensitas tinggi dalam periode singkat, khususnya dalam 24 jam. Untuk memahami karakteristik kejadian longsor di Jazirah Leihitu, dilakukan analisis terhadap distribusi curah hujan 24 jam pada tanggal kejadian longsor. Peta distribusi curah hujan disusun untuk menggambarkan variasi spasial intensitas hujan yang berpotensi menjadi pemicu longsor, sekaligus mengkaji hubungan antara lokasi kejadian dengan tingkat curah hujan yang tercatat.

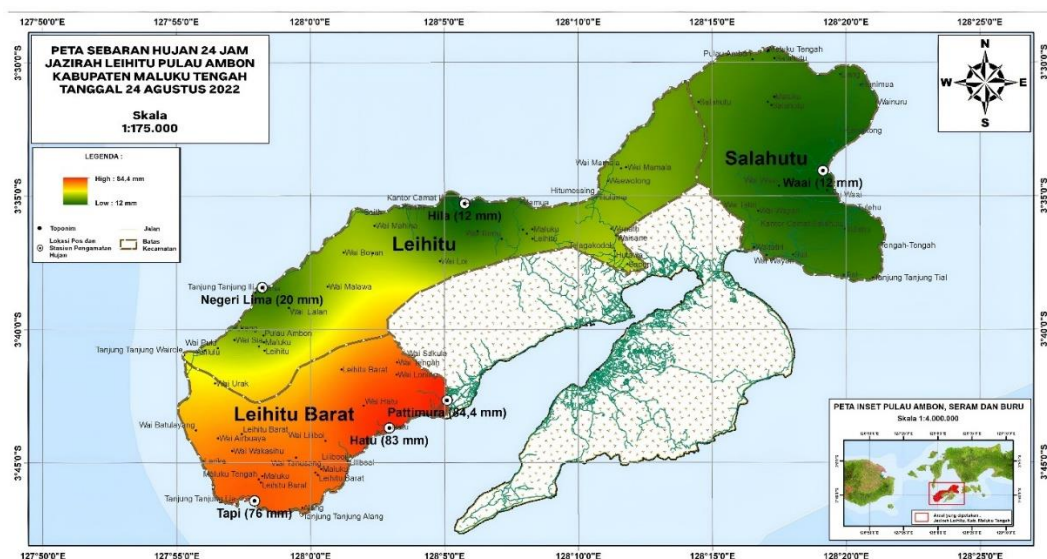
Sebaran Curah Hujan Ekstrim 08 Juli 2022 dan 24 Agustus 2022

Gambar 9 dan Gambar 10 memperlihatkan sebaran spasial curah hujan 24 jam pada tanggal 8 Juli 2022 dan 24 Agustus

2022. Pada kejadian 8 Juli 2022, data dari enam pos pengamatan menunjukkan bahwa empat pos mencatat curah hujan di atas 100 mm, yaitu Hila, Stasiun Meteorologi Pattimura, Hatu, dan Negeri Lima. Pola ini mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah Jazirah Leihitu mengalami hujan sangat lebat yang berpotensi kuat memicu terjadinya longsor. Sedangkan, pada kejadian 24 Agustus 2022, intensitas hujan tercatat relatif lebih rendah. Curah hujan tertinggi dicatat di Stasiun Meteorologi Pattimura dengan 84,4 mm, diikuti oleh Hatu (83 mm) dan Tapa (76 mm). Sebaliknya, wilayah utara dan timur seperti Hila (12 mm), Negeri Lima (20 mm), dan Waai (12 mm) menunjukkan intensitas hujan yang ringan. Variasi spasial ini menggambarkan distribusi hujan yang tidak merata, dengan zona hujan tinggi terkonsentrasi di wilayah pesisir barat dan area sekitar Pattimura



Gambar 9. Peta sebaran hujan ekstrim 08 Juli 2022 di lokasi penelitian



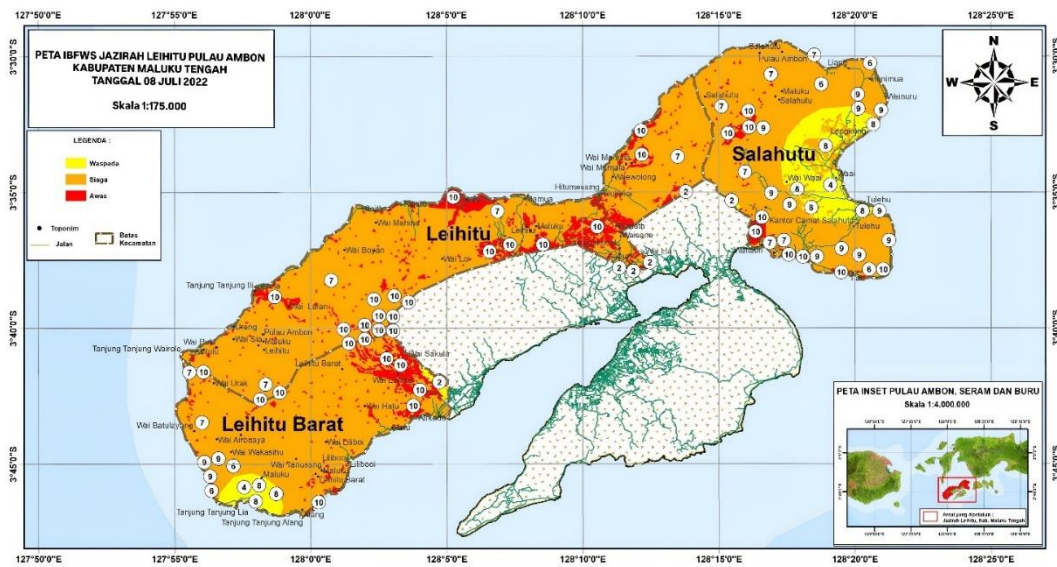
Gambar 10. Peta sebaran hujan ekstrim 24 Agustus di lokasi penelitian

Peta IBFWS Longsor 08 Juli 2022 dan 24 Agustus 2022

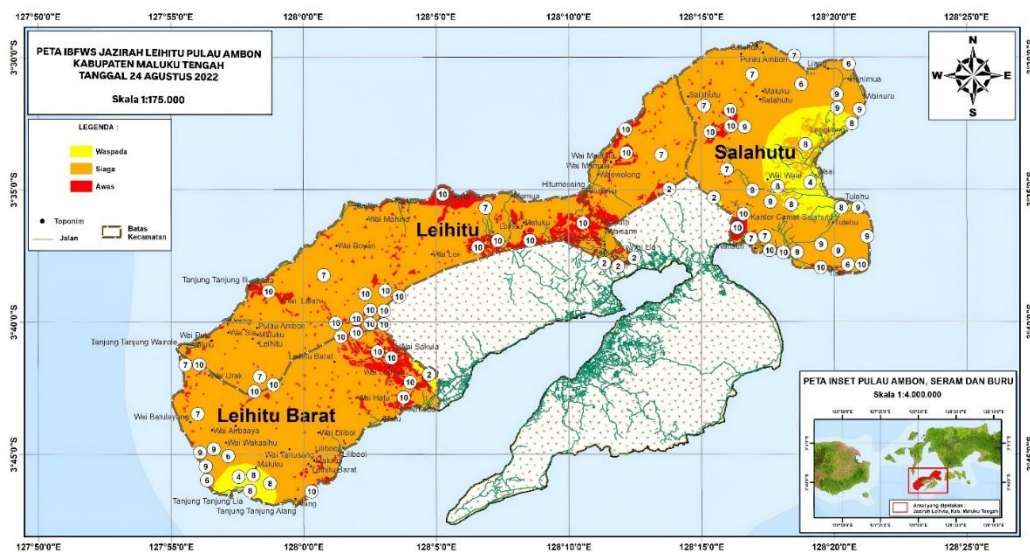
Peta IBFWS tanggal 8 Juli 2022 (Gambar 11) menunjukkan bahwa wilayah Jazirah Leihitu didominasi oleh zona peringatan *Level Siaga* (warna jingga). Zona *Level Awas* (warna merah) muncul terutama di bagian timur Kecamatan Leihitu Barat, serta di bagian timur dan barat Kecamatan Leihitu, dan sebagian wilayah barat Kecamatan Salahutu. Adapun zona *Level Waspada* (warna kuning) teridentifikasi di bagian selatan Leihitu Barat dan wilayah timur Kecamatan Salahutu. Pola ini menegaskan bahwa intensitas hujan tinggi pada 8 Juli 2022 memberikan dampak yang luas terhadap peningkatan potensi longsor di hampir seluruh wilayah studi. Sebaliknya, peta IBFWS tanggal 24 Agustus 2022 (Gambar 12) menunjukkan pola yang relatif serupa, dengan *Level Siaga* tetap menjadi

peringatan yang paling dominan di Jazirah Leihitu. Zona *Level Awas* pada tanggal ini teridentifikasi lebih terbatas, terutama di bagian timur Kecamatan Leihitu Barat. Sebaliknya, zona *Level Waspada* lebih banyak tersebar di wilayah utara Kecamatan Leihitu dan beberapa bagian Kecamatan Salahutu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun intensitas hujan pada 24 Agustus lebih rendah dibandingkan 8 Juli, potensi dampak longsor masih tetap muncul pada wilayah dengan tingkat risiko dan kerentanan yang tinggi (Gambar 13).

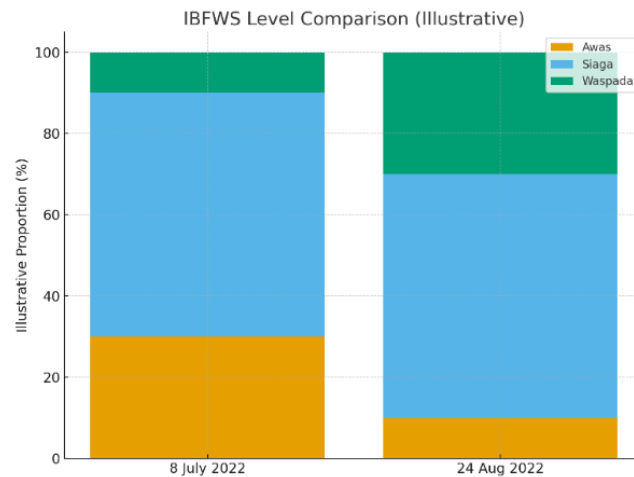
Perbedaan distribusi tingkat peringatan IBFWS untuk kejadian 8 Juli 2022 dan 24 Agustus 2022 menunjukkan bahwa intensitas dan distribusi spasial curah hujan berperan besar dalam mempengaruhi tingkat peringatan berbasis dampak (IBF) yang dihasilkan oleh sistem terhadap kejadian longsor.



Gambar 11. IBFWS 08 Juli 2022 di lokasi penelitian



Gambar 12. IBFWS 24 Agustus 2022 di lokasi penelitian



Gambar 13. Perbandingan level peringatan IBFWS pada kejadian longsor 8 juli 2022 dan 24 agustus 2022 di lokasi penelitian

Validasi IBFWS Terhadap Kejadian Longsor 08 Juli 2022 dan 24 Agustus 2022

Validasi performa prediksi IBFWS dilakukan melalui analisis spasial dan kuantitatif menggunakan tabel kontingensi (Tabel 2 dan 3), dan hasilnya disajikan pada Gambar 14 dan 15. Validasi memungkinkan penilaian akurasi spasial sekaligus evaluasi performa prediksi sistem IBFWS untuk dua kejadian longsor utama di Jazirah Leihitu.

Hasil pengujian pada kejadian 8 Juli 2022 (Tabel 2, Gambar 14) menunjukkan bahwa IBFWS berhasil mendeteksi 2 kejadian longsor sebagai zona risiko (*true positive*), dan 1 lokasi diprediksi berisiko namun tidak terjadi longsor (*false positive*), serta tidak terdapat *false negative* maupun *true negative*. Kondisi ini menunjukkan bahwa IBFWS mampu menangkap seluruh kejadian longsor yang terjadi, meskipun dengan satu prediksi berlebih (*overprediction*). Nilai bias sebesar 1,5 menandakan kecenderungan overprediksi ringan, sedangkan akurasi 66,67% dan skill 0,6667 menunjukkan bahwa prediksi IBFWS cukup konsisten dengan kondisi nyata.

Distribusi frekuensi komponen pada kejadian longsor di Jazirah Leihitu pada tanggal 08 Juli 2022 adalah sebagai berikut: Hits = 2 False Alarm = 1 Misses = 0 Correct Negatif = 0 N Total = 3

Tabel 2. Kontigensi 08 Juli 2022

Frekuensi		Observasi		Jumlah
		Yes	No	
Forecast	Yes	2	1	3
	No	0	0	0
Jumlah		2	1	3

Sedangkan untuk parameter validasinya adalah sebagai berikut: Bias: $(a + b) / (a + c) = 1,5$ Akurasi: $(a + d) / n = 0,6667$ Skill: $a / (a + b + c) = 0,6667$. Hasil IBFWS menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi kejadian "Yes" (tingkat True Positive yang relatif tinggi) dengan tidak adanya False Negatives (FN=0), yang berarti model tidak pernah gagal memprediksi kejadian "Yes" yang sebenarnya terjadi.

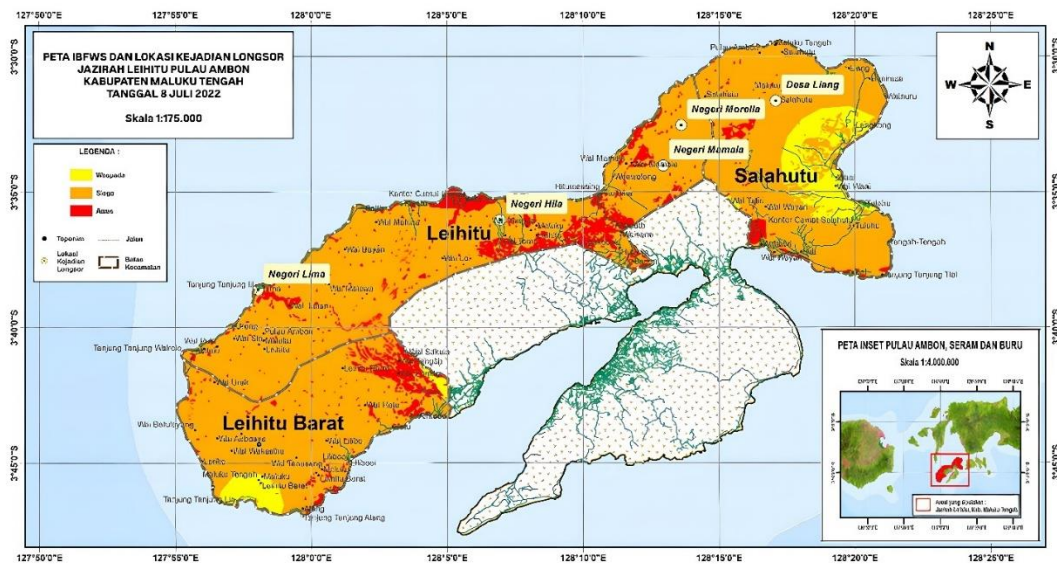
Selanjutnya, pada 24 Agustus 2022, IBFWS memprediksi 1 kejadian longsor dengan benar (*true positive*) dan memberikan 2 prediksi berlebih pada lokasi yang tidak mengalami longsor (*false positive*), serta tidak terdapat *false negative*, yang berarti seluruh kejadian longsor terdeteksi dalam zona risiko IBFWS. Nilai bias meningkat menjadi 3,0, menunjukkan kecenderungan overprediksi yang lebih kuat, dengan nilai akurasi dan skill masing-masing hanya 0,3333 (hanya sepertiga dari prediksi IBFWS yang sesuai dengan kondisi aktual). Validasi menunjukkan bahwa IBFWS cukup andal dalam mengidentifikasi area rawan longsor, terutama pada kondisi hujan intensitas tinggi, dan mengonfirmasi bahwa penggunaan IBFWS sebagai alat prediksi dini dapat mendukung perencanaan mitigasi bencana berbasis spasial di wilayah Jazirah Leihitu.

Tabel 3. Kontigensi 24 Agustus 2022

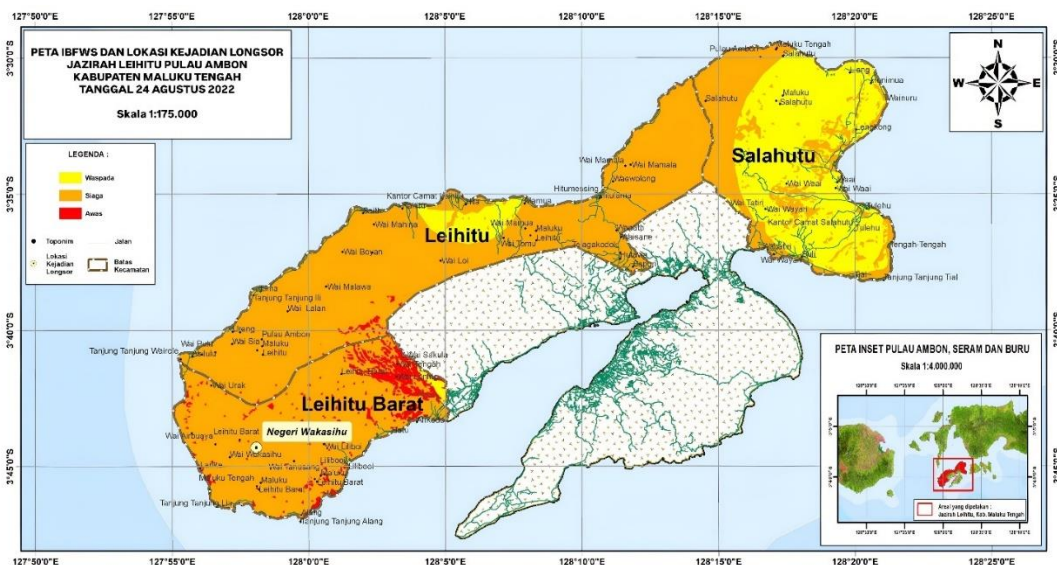
Frekuensi		Observasi		Jumlah
		Yes	No	
Forecast	Yes	1	2	3
	No	0	0	0
Jumlah		1	2	3

Distribusi frekuensi komponen pada kejadian longsor di Jazirah Leihitu pada tanggal 24 Agustus 2022 adalah sebagai berikut: Hits = 1 False Alarm = 2 Misses = 0 Correct Negatif = 0 N Total = 3 Sedangkan untuk parameter validasinya adalah sebagai berikut: Bias: $(a + b) / (a + c) = 3,0$ Akurasi: $(a + d) / n = 0,333$ Skill: $a / (a + b + c)$

= 0,333. Meskipun hasil IBFWS berhasil menangkap semua kejadian "Yes" yang ada (karena FN=0), tingginya jumlah False Positives (FP=2) menunjukkan bahwa model sering membuat prediksi "Yes" yang salah.



Gambar 14. Peta IBFWS dan kejadian longsor 08 juli 2022 di lokasi penelitian (hasil validasi)



Gambar 15. Peta IBFWS dan kejadian longsor 24 Agustus 2022 di lokasi penelitian (hasil validasi)

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Jazirah Leihitu berada pada kategori risiko longsor sedang, sedangkan risiko tinggi terkonsentrasi di bagian barat dan tengah Kecamatan Leihitu Barat, sebagian wilayah Leihitu, serta wilayah timur dan pesisir Salahutu. Risiko ini terutama dipengaruhi oleh kombinasi bahaya sedang hingga tinggi, kerentanan tinggi, dan kapasitas yang rendah. Sebaliknya, area

dengan risiko rendah hanya muncul secara terbatas pada wilayah yang memiliki kerentanan lebih rendah dan kapasitas relatif lebih baik. Risiko sedang didominasi oleh bahaya sedang dan kapasitas rendah, menegaskan pentingnya peningkatan kapasitas lokal. Risiko tinggi terjadi pada area dengan bahaya sedang-tinggi yang bertemu dengan kerentanan tinggi dan kapasitas rendah, memperlihatkan sensitivitas tinggi terhadap potensi dampak.

Curah hujan 24 jam dengan intensitas hujan mencapai lebih dari 200 mm di beberapa pos pengamatan terbukti menjadi pemicu utama kejadian longsor pada 8 Juli 2022. Sebaliknya, pada 24 Agustus 2022, intensitas hujan lebih rendah dan distribusinya lebih terbatas, mengakibatkan dampak yang lebih kecil.

Evaluasi terhadap IBFWS menunjukkan bahwa sistem berhasil mengidentifikasi area berpotensi terdampak melalui dominasi zona Siaga dan kemunculan zona Awas pada wilayah berisiko tinggi. Namun, uji validasi mengungkap kecenderungan overprediksi, terutama pada 24 Agustus 2022, sehingga model memerlukan kalibrasi lebih lanjut. Secara keseluruhan, integrasi analisis risiko dan curah hujan ekstrem menunjukkan pentingnya peningkatan kapasitas lokal dan penyempurnaan sistem peringatan dini untuk mitigasi longsor yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Deranadyan, G., & Sa'adah, U. (2021). Kajian Awal Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Dalam Implementasi Peringatan Dini Cuaca Ekstrem Berbasis Dampak. *WIN-ID*.
- BNPB, 2025. Data Bencana Indonesia 2024 Volume 3, Tahun 2025. Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana
- Boult, V. L., Black, E., Saado, H., Bailey, M., Harris, C., Kilavi, M., Kniveton, D., Macleod, D., Mwangi, E., Otieno, G., Rees, E., Rowhani, P., Taylor, O., & Todd, M. C. (2022). Climate Risk Management Towards drought impact-based forecasting in a multi-hazard context. *Climate Risk Management*, 35, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100402>
- Dhuha, S. M., Saputra, A. H., & Kristianto, A. (2024). Impact-Based Forecasting (IBF) untuk Mendukung Manajemen Risiko Banjir di Kawasan Jabodetabek. *Ilmu Lingkungan*, 22(5), 1159–1173. <https://doi.org/10.14710/jil.22.5.1159-1173>
- Di Napoli, M., Tanyas, H., Castro-camilo, D., Calcaterra, D., Cevasco, A., Di Martire, D., Pepe, G., Brandolini, P., & Lombardo, L. (2023). On the estimation of landslide intensity, hazard and density via data-driven models. *Natural Hazards*, 119(3), 1513–1530. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06153-0>
- ESCAP. (2021). *Manual for Operationalizing Impact-based Forecasting and Warning Services (IBFWS)*.
- Hanifudin, F., Nugraha, A. L., & Firdaus, H. S. (2024). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Ancaman Bencana Longsor Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kabupaten Kebumen). *Geosains Dan Teknologi*, 7(April), 36–46. <https://doi.org/10.14710/jgt.7.1.2024.36-46>
- Hastanti, B., & Miardini, A. (2021). Penilaian Indeks Kerentanan Sebagai Upaya Pengurangan Risiko Longsor Di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah. *Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 155–170.
- Hidayat, R., Nur, D.M.M., 2025. Analysis Of Landslide Disaster In Kedungsari Village, Gebog Subdistrict, Kudus District. *International Journal of Multidisciplinary Reseach*, Vol.1, No.1, hal. 141-146
- Kox, T., & Lu, C. (2018). Anticipation and Response: Emergency Services in Severe Weather Situations in Germany. *Disaster Risk Sciences*, 9, 116–128. <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0163-z>
- Latue, P., Septory, J., Somae, G., & Rakuasa, H. (2023). Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023. *Pendidikan Geografi*, 10(1), 177–186. <https://doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15472>
- Liu, S., Yin, K., Du, J., Chen, L., Xie, X., Zhu, S., & Zhang, X. (2025). Landslides triggered by the extreme rainfall on July 4, 2023, Wanzhou, China. *Landslides*, 22(9), 2935–2947. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02296-8>
- Luhukay, M., Risamasu, R. G., Osok, R. M., & Slamet, S. (2022). Study of Physical and Mineral Properties of Soil Clay Landslide Location of IAIN Campus Ambon City. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*. 3 (12), 2611 – 2621. doi: 10.11594/ijmaber.03.12.14
- Manakane, S. E., Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu Identifikasi Daerah Rawan Longsor Di DAS Wai Batu Gajah, Kota Ambon Menggunakan Metode Slope Morphology Dan Indeks Storie. *Multidisiplin Ilmi*, 1, 29–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.59435/gjmi.v1i1.25>
- Merz, B., Kuhlicke, C., Kunz, M., Pittore, M., Babeyko, A., Bresch, D. N., Domeisen, D. I. V., & Feser, F. (2020). Impact Forecasting to Support Emergency Management of Natural Hazards. *Advancing Earth and Space Science*, 1–52. <https://doi.org/10.1029/2020RG000704>
- Naryanto, H. S., Soewandita, H., Ganesha, D., Kristijono, A., Teknologi, P., Risiko, R., Ptrrb, B., Pengkajian, B., Bppt, T., Banaran, D., Pulung, K., Ponorogo, K., & Timur, J.

- (2019). Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran , Kecamatan Pulung , Kabupaten. *Ilmu Lingkungan*, 17(2), 272–282. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.272-282>
- Oliveira, S. C., Zêzere, J. L., Garcia, R. A. C., & Pereira, S. (2024). Landslide susceptibility assessment using different rainfall event - based landslide inventories : advantages and limitations. In *Natural Hazards* (Vol. 120, Issue 10). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06691-1>
- Osok, R. M., Talakua, S. M., & Gaspersz, E. J. (2018). Analisis Faktor-Faktor Erosi Tanah , Dan Tingkat Bahaya Erosi Dengan Metode Rusle Di DAS Wai Batu Merah Kota Ambon Provinsi Maluku Analysis of Soil Erosion Factors and Determination of Erosion Hazard Level With Rusle Method In Wai Batu Merah Watershed In. *Budidaya Pertanian*, 14(2), 89–96. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2018.14.2.89>
- Paramaddina, A., Isnaniawardhani, V., Firmansyah, Y., 2024. Potensi Rawan Bencana Longsor Daerah Cibodas Dan Cadasngampar, Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*. Vol. 8, No. 2, April 2024: 1947-1953. i ISSN: 2597-4033
- Pertiwi, R., Sartohadi, J., Setiawan, M. A., & Maulana, E. (2025). Landslide susceptibility analysis on road sections in Kaligesing District , Indonesia , using Frequency Ratio (FR) approaches. *Degraded and Mining Lands Management*, 12(4), 7913–7922. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.124.7913>
- Rahardjo, H., Nistor, M., Gofar, N., Xiaosheng, Q., Ip, S., & Yee, C. (2019). Georisk : Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards Spatial distribution , variation and trend of five-day antecedent rainfall in Singapore. *Georisk*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/17499518.2019.1639196>
- Rakuasa, H., Supriatna, S., Tambunan, M. P., & Pinoa, W. S. (2022). Spatial Analysis of Potential Landslide Area in Ambon City Using SMORPH Method. *Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 213–221. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.2>
- Ristya, Y., Supriatna, & Sobirin. (2019). Spatial pattern of landslide potensial area by SMORPH , INDEX STORIE and SINMAP method In Pelabuhanratu and surrounding area , Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 338. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/338/1/012033>
- Syah, A., & Mulyasari, R. (2022). Evaluasi Stabilitas Lereng Dan Mitigasi Longsor di Kelurahan Pidada , Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung. *Profesi Insinyur*, 3(1), 10–14.
- Talakua, S. M., Osok, R. M., & Talakua, C. M. (2024). Analysis of erosion hazard level and land rehabilitation pattern with the RUSLE method based on GIS at Wai Tala Watershed in West Seram Regency Maluku Province. *Degraded and Mining Lands Management*, 11(2). <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.5385>
- Taylor, A. L., & Kause, A. (2019). Preparing for Doris : Exploring Public Responses to Impact-Based Weather Warnings in the United Kingdom. *American Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-18-0132.1>
- Weyrich, P., Scolobig, A., Bresch, D. N., & Anthony, P. (2018). Effects of Impact-Based Warnings and Behavioral Recommendations for Extreme Weather Events. *American Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-18-0038.1>
- WMO. (2015). *WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services* (Issue 1150).
- WMO. (2021). *WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services* (Issue 1150).
- Zhang, J., Luo, Y., Zhou, Z., Victor, C., & Duan, M. (2021). Research on the rainfall-induced regional slope failures along the Yangtze River of Anhui , China. *Landslide*, 18(October 2020), 1801–1821. <https://doi.org/10.1007/s10346-021-01623-7>