

MODEL ANALISIS SPASIAL POTENSI LONGSOR MENGGUNAKAN METODE *RELATIVE DIFFERENCE* NDVI (rdNDVI) MELALUI PLATFORM GOOGLE EARTH ENGINE (STUDI KASUS: KECAMATAN CIAWI)

Andhika Rahmatullah, Iksal Yanuarsyah, Erwin Hermawan

Teknik Informatika, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jalan Sholeh Iskandar Km 2, Bogor, Indonesia

dikarahmatullah909@gmail.com

ABSTRAK

Tanah longsor adalah bencana alam yang kerap terjadi di wilayah dengan lereng curam dan curah hujan tinggi, termasuk Kecamatan Ciawi, Kabupaten Bogor, sehingga memerlukan peta potensi longsor yang akurat sebagai dasar mitigasi. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini meliputi: keterbatasan informasi spasial untuk mengidentifikasi area rawan longsor di Kecamatan Ciawi, akurasi deteksi potensi longsor berbasis citra satelit, dan kebutuhan visualisasi hasil dalam format WebGIS. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi area berpotensi longsor menggunakan metode *Relative Difference* NDVI (rdNDVI), mengukur akurasi klasifikasi potensi longsor, dan mengembangkan sistem informasi potensi longsor berbasis WebGIS. Metode yang digunakan mencakup pengolahan citra Sentinel-2A pra-kejadian (2020–2021) dan pasca-kejadian (2023–2024) pada platform Google Earth Engine, perhitungan rdNDVI dengan normalisasi akar kuadrat dan *threshold* lereng > 10 %, validasi melalui survei lapangan, serta desain UML, pembangunan aplikasi dengan TypeScript di Visual Studio Code, pengujian black-box, dan deployment di Vercel. Hasil menunjukkan bahwa dengan *threshold* kemiringan lereng > 10 %, koefisien Cohen's kappa mencapai 0,92 (sangat kuat), serta dihasilkan peta WebGIS yang memetakan area seluas 247 ha berpotensi longsor, sehingga sistem ini siap mendukung pemerintah dan masyarakat dalam mitigasi bencana.

Kata kunci : *Google Earth Engine, Normalized Difference Vegetation Index, Relative Difference Normalized Difference Vegetation Index, Sentinel-2A, Tanah Longsor*

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi, terutama di wilayah dengan lereng curam dan intensitas hujan yang tinggi. Tanah longsor dapat disebabkan oleh patahan alam, kondisi cuaca, serta karakteristik tanah dan batuan, khususnya di daerah dengan iklim lembab dan panas [1].

Dampak dari bencana ini sangat besar, mulai dari kerugian material, kerusakan infrastruktur, kehilangan tempat tinggal, hingga jatuhnya korban jiwa. Oleh karena itu, upaya mitigasi bencana tanah longsor menjadi sangat penting untuk menjaga keselamatan penduduk.

Menurut data BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kabupaten Bogor tahun 2022, tercatat 564 bencana di wilayah tersebut dengan 1.147 titik lokasi tersebar di 40 kecamatan. Dari jumlah tersebut, 176 kejadian merupakan bencana tanah longsor [2].

Hal ini menunjukkan perlunya perhatian lebih terhadap wilayah rawan tanah longsor, termasuk Kecamatan Ciawi.

Kecamatan Ciawi merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Bogor yang terletak di dataran tinggi dengan lereng curam dan curah hujan tahunan yang tinggi, terutama pada bulan Desember dan Januari. Kombinasi faktor geografis dan iklim ini menjadikan Kecamatan Ciawi sebagai daerah yang rentan terhadap tanah longsor [3].

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) telah memberikan peluang baru untuk menganalisis potensi tanah longsor secara lebih efisien. *Remote sensing* memungkinkan pengumpulan data spasial dari citra satelit yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan dan faktor-faktor penyebab longsor secara akurat [4].

Salah satu platform yang mendukung analisis berbasis *remote sensing* adalah Google Earth Engine (GEE). GEE menawarkan akses ke berbagai dataset satelit global serta alat analisis data spasial yang canggih. Dengan kemampuan komputasi big data, GEE memungkinkan pemrosesan data yang cepat dan efisien. Salah satu citra satelit yang sering digunakan adalah *Sentinel-2A*, yang memiliki resolusi spasial hingga 10 meter dan resolusi temporal 5 hari [5].

Salah satu analisis yang dapat dilakukan di GEE adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), sebuah teknik yang digunakan untuk menganalisis kondisi vegetasi. NDVI mengukur tingkat kehijauan vegetasi yang mencerminkan kerapatan vegetasi pada suatu area. Vegetasi yang lebat dan sehat biasanya menunjukkan stabilitas tanah yang lebih baik, sedangkan vegetasi yang jarang atau rusak dapat mengindikasikan potensi tanah longsor [4].

Relative Difference NDVI (rdNDVI) merupakan salah satu modifikasi dari NDVI. rdNDVI digunakan untuk mendeteksi perubahan relatif nilai NDVI dari

waktu ke waktu. Penurunan signifikan pada nilai NDVI dapat mengindikasikan adanya tanah longsor. Keunggulan metode ini adalah kemampuannya untuk mendeteksi perubahan secara cepat dan akurat melalui perbandingan nilai NDVI dari periode yang berbeda [6][7].

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di Kecamatan Sukajaya, Kabupaten Bogor, penggunaan rdNDVI untuk mendeteksi tanah longsor menunjukkan hasil yang sangat baik. Metode ini berhasil mencapai uji akurasi tertinggi sebesar 90%, terutama pada area dengan kemiringan lereng 10% dan 15% [21].

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa rdNDVI memiliki potensi besar dalam mengidentifikasi wilayah rawan longsor dengan tingkat akurasi yang tinggi, khususnya pada wilayah dengan kemiringan lereng tertentu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan pada penelitian ini, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Scheip et al. (2021) berjudul "*HazMapper: a global open-source natural hazard mapping application in Google Earth Engine*" membahas pemanfaatan data penginderaan jauh pada platform Google Earth Engine untuk mitigasi risiko bencana alam secara global dengan menerapkan metode rdNDVI dalam mendeteksi perubahan tutupan vegetasi.

Berikutnya penelitian oleh Shahabi et al. (2021) yang berjudul "*Unsupervised Deep Learning for Landslide Detection from Multispectral Sentinel-2 Imagery*", menggunakan pendekatan unsupervised deep learning pada citra multispektral Sentinel-2 untuk deteksi longsor, memadukan data multi-sumber seperti NDVI dan slope, serta menemukan bahwa sudut kemiringan lereng merupakan variabel paling berpengaruh dalam model deteksi.

Penelitian selanjutnya oleh Satriano et al. (2023), dalam "*Landslides Detection and Mapping with an Advanced Multi-Temporal Satellite Optical Technique*", menjelaskan penggunaan citra satelit multi-temporal untuk deteksi dan pemetaan longsor, di mana analisis pra- dan pasca-kejadian terbukti lebih efektif dalam memetakan daerah terdampak.

Penelitian berikutnya yang dilakukan Nazar et al. (2024), berjudul "*Spatial Analysis Model For Landslide Detection Using Relative Different NDVI (rdNDVI) Method Through The Google Earth Engine Platform (Case Study: Sukajaya District, Bogor Regency)*", yang mengembangkan model analisis spasial pada platform GEE dengan metode rdNDVI dalam studi kasus Kecamatan Sukajaya, Kabupaten Bogor, dan menunjukkan bahwa perubahan vegetasi antara dua periode waktu dengan ambang batas kemiringan lereng tertentu menghasilkan deteksi longsor yang sangat efektif.

2.2. Bencana Tanah Longsor

Tanah longsor adalah pergerakan tanah yang berkaitan erat dengan berbagai sifat fisik alami seperti struktur geologi, material induk, tanah, pola drainase, kemiringan/bentuk lahan, serta curah hujan, dan juga sifat-sifat non-alami yang bersifat dinamis seperti penggunaan lahan dan infrastruktur. Tanah longsor merupakan bentuk erosi di mana massa tanah berpindah atau bergerak dalam volume yang relatif besar pada suatu waktu tertentu [8].

Bahaya tanah longsor memiliki dampak besar terhadap kelangsungan hidup masyarakat dan mengancam keselamatan. Kejadian tanah longsor telah menyebabkan kerugian serius, termasuk kematian, kerusakan harta benda, dan gangguan pada ekosistem alam [9].

2.3. Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) adalah platform pemrosesan geospasial berbasis cloud untuk pemantauan dan analisis lingkungan berskala besar. Platform GEE yang dapat digunakan secara gratis ini menyediakan akses ke *petabyte* citra penginderaan jauh yang tersedia untuk umum dan produk siap pakai lainnya dengan aplikasi web eksplorasi pemrosesan paralel berkecepatan tinggi dan algoritma pembelajaran mesin menggunakan infrastruktur komputasi Google dan perpustakaan *Application Programming Interfaces* (API) dengan lingkungan pengembangan yang mendukung bahasa pemrograman populer, seperti JavaScript dan Python [12].

Google Earth dapat digunakan untuk memperoleh berbagai informasi terkait suatu negara bahkan dunia. Aplikasi pemetaan interaktif ini, yang dikembangkan oleh Google, menampilkan peta dunia dalam bentuk 3D [13].

2.4. Relative Difference NDVI (rdNDVI)

Relative Difference NDVI (rdNDVI) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kesehatan dan kepadatan vegetasi berdasarkan reflektansi cahaya inframerah dan merah dari permukaan tanah di suatu area atau lokasi tertentu. rdNDVI dihitung dengan membandingkan nilai NDVI pada dua periode waktu yang berbeda, yang membantu mendeteksi perubahan vegetasi dari waktu ke waktu. Metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi longsor dengan membandingkan nilai NDVI sebelum dan sesudah kejadian. rdNDVI dihitung dengan membandingkan nilai NDVI pada periode waktu yang berbeda sehingga menghasilkan perbedaan relatif antara dua nilai tersebut [19].

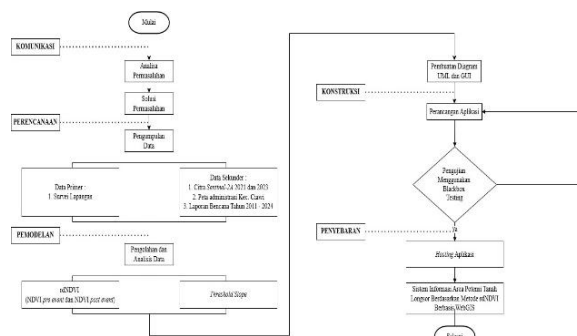
3. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi

Waktu penelitian terhitung pada bulan Mei – Desember 2024. Sementara lokasi penelitian dilaksanakan di Kecamatan Ciawi, Kabupaten Bogor.

3.2. Metode

Penelitian ini menggunakan model pengembangan perangkat lunak *Waterfall* yang dijelaskan oleh Roger S. Pressman (2015), yang melibatkan lima komponen utama dalam proses penyusunannya, yaitu proses komunikasi, perencanaan, pemodelan, konstruksi, dan penyebaran. Tahapan-tahapan ini dapat dijelaskan melalui flowchart kerangka berpikir yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



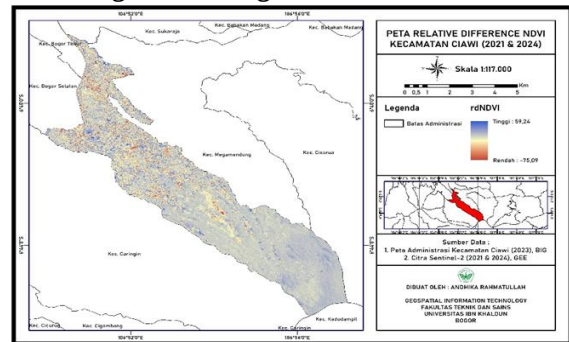
Gambar 1. Kerangka Berpikir

Pada tahap komunikasi dilakukan identifikasi permasalahan dan perumusan solusi deteksi potensi longsor di Kecamatan Ciawi, Kabupaten Bogor. Tahap perencanaan meliputi pengumpulan data primer melalui survei lapangan untuk memetakan kondisi longsor, serta pengumpulan data sekunder berupa citra Sentinel-2A pra-kejadian (2020–2021), citra pasca-kejadian (2023–2024), dan batas administrasi wilayah. Selanjutnya, pada tahap pemodelan digunakan metode Relative Difference NDVI (rdNDVI) untuk menghitung persentase perubahan vegetasi antara dua periode—dengan normalisasi akar kuadrat jumlah nilai NDVI—yang kemudian divalidasi melalui survei lapangan. Penambahan parameter kemiringan lereng memastikan bahwa penurunan NDVI pada area curam benar-benar mengindikasikan potensi longsor, bukan akibat perubahan penggunaan lahan atau siklus musiman. Hasil analisis model divisualisasikan dalam diagram UML dan rancangan antarmuka pengguna (GUI) sebagai dasar pengembangan sistem.

Tahap konstruksi dilaksanakan dengan pengkodean menggunakan TypeScript di Visual Studio Code, diikuti pengujian black-box untuk memastikan sistem berfungsi sesuai spesifikasi. Tahap penyebaran dilakukan dengan mengunggah aplikasi ke platform Vercel, meliputi konfigurasi hosting, uji coba awal, dan penyediaan akses bagi pemerintah daerah serta masyarakat umum. Dengan demikian, sistem mitigasi potensi bencana longsor di Kecamatan Ciawi siap dioperasikan sebagai alat bantu dalam perencanaan dan pengambilan keputusan.

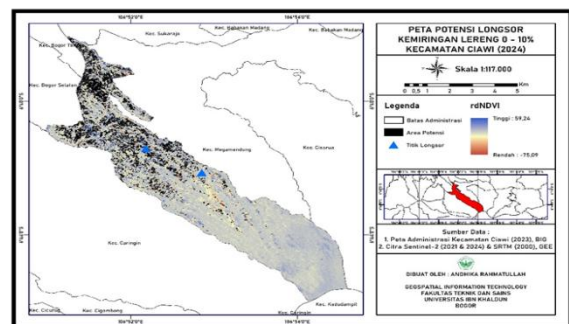
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis Deteksi Potensi Longsor di Google Earth Engine



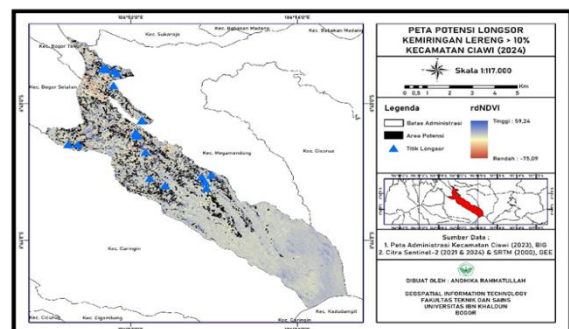
Gambar 2. Peta rdNDVI Kecamatan Ciawi

Gambar 2 menampilkan hasil tata letak peta *relative difference* NDVI (rdNDVI) antara *pre-event* dan *post-event*, dimana area yang berwarna semakin merah menunjukkan nilai rdNDVI yang semakin rendah, yang mengindikasikan penurunan vegetasi antara kondisi *pre-event* dan *post-event*. Sebaliknya, area yang berwarna semakin biru menunjukkan nilai rdNDVI yang semakin tinggi, yang mengindikasikan peningkatan vegetasi antara periode *pre-event* dan *post-event*.



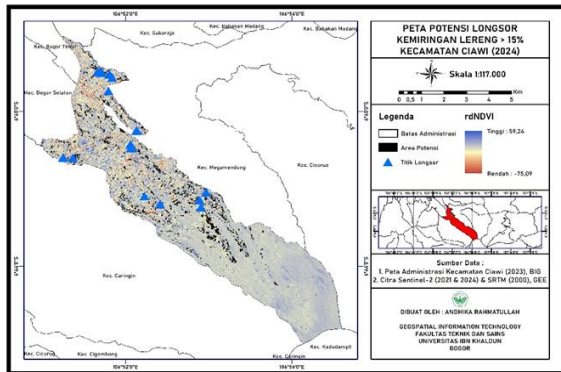
Gambar 3. Peta Potensi Longsor Menggunakan *Threshold Slope* 0 - 10%

Gambar 3 menampilkan hasil tata letak peta potensi longsor dengan menggunakan *threshold* kemiringan lereng (*slope*) sebesar 0-10 persen, dengan total luasan area mencapai 270,24 hektar.



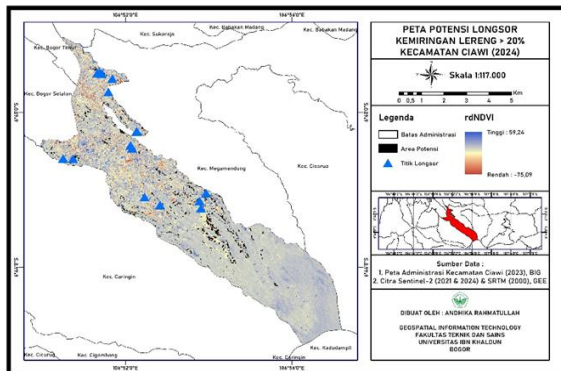
Gambar 4. Peta Potensi Longsor Menggunakan *Threshold Slope* > 10%

Gambar 4 menampilkan hasil tata letak peta potensi longsor dengan menggunakan *threshold* kemiringan lereng (*slope*) lebih dari 10 persen, dengan total luasan area mencapai 247 hektar.



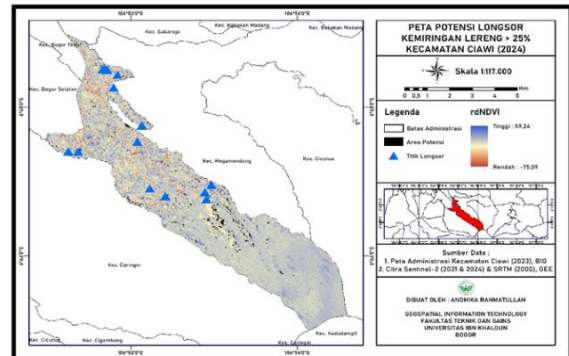
Gambar 5. Peta Potensi Longsor Menggunakan *Threshold Slope* > 15%

Gambar 5 menampilkan hasil tata letak peta potensi longsor dengan menggunakan *threshold* kemiringan lereng (*slope*) lebih dari 15 persen, dengan total luasan area mencapai 109,17 hektar.



Gambar 6. Peta Potensi Longsor Menggunakan *Threshold Slope* > 20%

Gambar 6 menampilkan hasil tata letak peta potensi longsor dengan menggunakan *threshold* kemiringan lereng (*slope*) lebih dari 20 persen, dengan total luasan area mencapai 49,78 hektar.



Gambar 7. Peta Potensi Longsor Menggunakan *Threshold Slope* > 25%

Gambar 7 menampilkan hasil tata letak peta potensi longsor dengan menggunakan *threshold* kemiringan lereng (*slope*) lebih dari 25 persen, dengan total luasan area mencapai 24,67 hektar.

4.2. Analisa Luasan Area Potensi Longsor

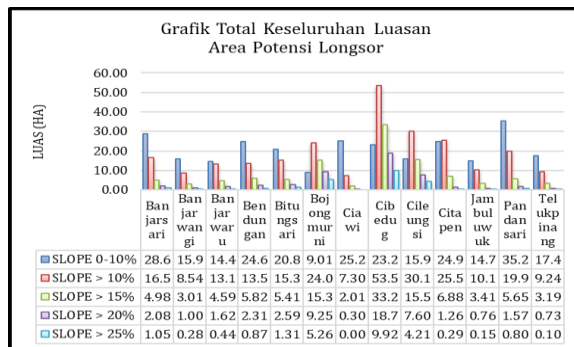
Berikut ini adalah total luas keseluruhan area potensi longsor meliputi 13 Desa yang ada di Kecamatan Ciawi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Total Luas Keseluruhan Area Potensi Longsor

No	Desa	Luas (ha)				
		<i>Slope</i> 0 - 10%	<i>Slope</i> >10%	<i>Slope</i> >15%	<i>Slope</i> >20%	<i>Slope</i> >25%
1	Banjarsari	28,65	16,51	4,98	2,08	1,05
2	Banjarwangi	15,94	8,54	3,01	1,00	0,28
3	Banjarwaru	14,48	13,12	4,59	1,62	0,44
4	Bendungan	24,65	13,58	5,82	2,31	0,87
5	Bitungsari	20,83	15,33	5,41	2,59	1,31
6	Bojongmurni	9,01	24,07	15,36	9,25	5,26
7	Ciawi	25,20	7,30	2,01	0,30	0,00
8	Cibedug	23,24	53,54	33,26	18,72	9,92
9	Cileungsi	15,90	30,16	15,59	7,60	4,21
10	Citapen	24,90	25,52	6,88	1,26	0,29
11	Jambuluwuk	14,74	10,14	3,41	0,76	0,15
12	Pandansari	35,29	19,96	5,65	1,57	0,80
13	Telukpinang	17,41	9,24	3,19	0,73	0,10
Total		270,24	247,00	109,17	49,78	24,67

Berikut ini adalah grafik total keseluruhan luasan area potensi longsor di Kecamatan Ciawi berdasarkan

masing-masing *threshold slope* yang berbeda. Dapat dilihat pada Gambar 8.



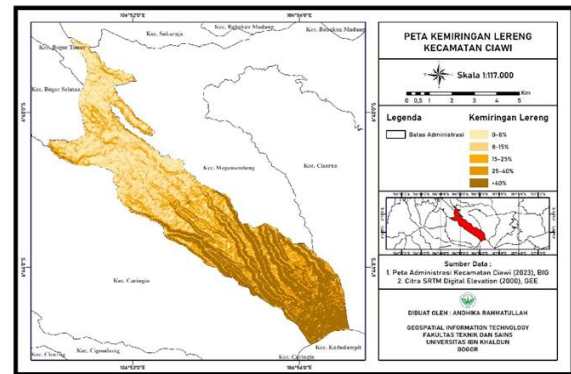
Gambar 8. Grafik Total Luasan Area Potensi Longsor

4.3. Analisa Luasan Kemiringan Lereng

Distribusi luas area berdasarkan kemiringan menunjukkan bahwa kelas kemiringan >40% mencakup luas terbesar, yaitu 1471,52 hektar, atau sekitar 30,46% dari total luas keseluruhan. Wilayah Bojongmurni dan Cileungsi memiliki kontribusi dominan pada kelas ini, masing-masing sebesar 999,11 hektar dan 366,94 hektar.

Di sisi lain, kelas kemiringan 0-8% yang merupakan area dengan topografi datar hingga landai mencakup 900,94 hektar atau sekitar 18,65% dari total luas. Pandansari memiliki luas area terbesar pada

kategori ini, yaitu 114,73 hektar, diikuti oleh Citapen dengan 99,49 hektar. Sementara itu, kelas kemiringan menengah (8-15%, 15-25%, dan 25-40%) masing-masing mencakup 1120,70 hektar, 780,04 hektar, dan 557,04 hektar, menunjukkan distribusi yang relatif merata di Kecamatan Ciawi. Layout peta kemiringan lereng dapat dilihat pada Gambar 9.

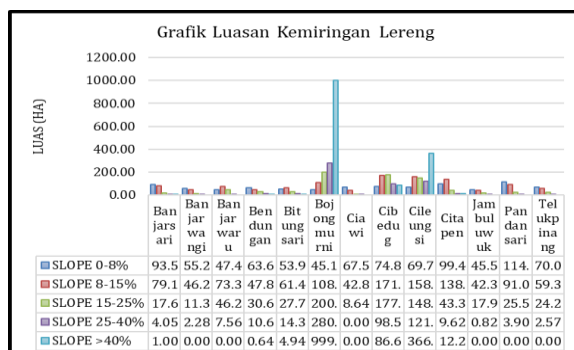


Gambar 9. Peta Kemiringan Lereng

Adapun luasan kelas kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Luasan Kelas Kemiringan Lereng

No	Desa	Kemiringan				
		0-8%	8-15%	15-25%	25-40%	>40%
1	Banjarsari	93,55	79,11	17,60	4,05	1,00
2	Banjarwangi	55,26	46,25	11,31	2,28	0,00
3	Banjarwaru	47,48	73,32	46,29	7,56	0,00
4	Bendungan	63,66	47,82	30,66	10,64	0,64
5	Bitungsari	53,95	61,47	27,70	14,30	4,94
6	Bojongmurni	45,19	108,89	200,65	280,97	999,11
7	Ciawi	67,53	42,82	8,64	0,00	0,00
8	Cibedug	74,86	171,85	177,49	98,59	86,67
9	Cileungsi	69,70	158,12	148,65	121,73	366,94
10	Citapen	99,49	138,33	43,38	9,62	12,22
11	Jambuluwuk	45,52	42,36	17,94	0,82	0,00
12	Pandansari	114,73	91,06	25,51	3,90	0,00
13	Telukpinang	70,02	59,32	24,23	2,57	0,00
Total		900,94	1120,70	780,04	557,04	1471,52



Gambar 10. Grafik Luasan Kemiringan Lereng

Berikut ini adalah grafik distribusi luas area berdasarkan kemiringan lereng di Kecamatan Ciawi. Dapat dilihat pada Gambar 10.

4.4. Perhitungan Cohen's Kappa

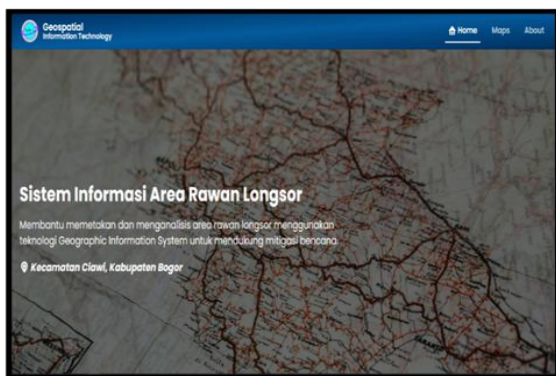
Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan di 30 titik, dapat disimpulkan bahwa *threshold* dengan *slope* lebih dari 10 persen memiliki indeks tertinggi, yaitu 0,92. Lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Indeks Kappa

No	Threshold Slope	Overall Accuracy	Kappa Index
1	0 – 10%	0,43	0,08
2	> 10%	0,97	0,92
3	> 15%	0,90	0,78
4	> 20%	0,90	0,80
5	> 25%	0,87	0,73

4.5. Perancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi dilakukan menggunakan perangkat lunak editor kode Visual Studio Code dengan bahasa pemrograman utama TypeScript (TS), yang dikombinasikan dengan pustaka JavaScript untuk membangun antarmuka pengguna, yaitu ReactJS, serta beberapa pustaka pendukung lainnya. Data area potensi tanah longsor yang telah dikonversi ke dalam bentuk WebGIS melalui perangkat lunak QGIS kemudian ditambahkan ke dalam sistem utama. Aplikasi ini dapat dijalankan menggunakan NodeJS sebagai *runtime* server JavaScript untuk menampilkan antarmuka berbasis web. Tampilan awal saat menjalankan server dapat dilihat seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Interface Halaman Home

4.6. Pengujian Sistem

Pengujian yaitu metode verifikasi suatu unit program layak tidaknya untuk di pakai. Tahap ini menggunakan pengujian *blackbox*, yaitu pengujian tanpa mengetahui internal code atau program. Adapun pengujian sitem dapat di lihat pada Tabel 4.

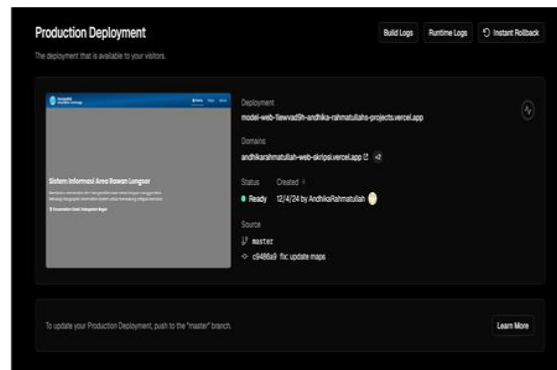
Tabel 4. Pengujian Blackbox Testing

No	Kelas Uji	Hasil yang diharapkan	Hasil Uji
1.	Home	Menampilkan tampilan Home	Berhasil
2.	Maps	Menampilkan tampilan Maps	Berhasil
3.	About	Menampilkan tampilan About	Berhasil

4.7. Penyebaran

Proses penyebaran dimulai dengan mengunggah aplikasi ke platform *hosting* Vercel, yang dipilih karena kemampuannya mendukung aplikasi berbasis TypeScript dan memberikan kemudahan dalam pengaturan lingkungan produksi. Setelah aplikasi berhasil diunggah melalui integrasi dengan GitHub, konfigurasi tambahan dilakukan, seperti pengaturan variabel lingkungan dan domain kustom. Setelah aplikasi aktif, dilakukan pengujian langsung di lingkungan produksi untuk memastikan bahwa semua fitur, seperti pemrosesan data rdNDVI dan visualisasi peta, berjalan dengan baik sesuai kebutuhan pengguna.

Sistem kemudian disediakan untuk pengguna akhir, seperti pemerintah daerah atau masyarakat, dengan menyertakan panduan penggunaan untuk mempermudah mereka dalam memahami dan memanfaatkan informasi yang ditampilkan. Selanjutnya, monitoring dilakukan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah yang mungkin muncul, seperti kesalahan data atau performa yang lambat, guna memastikan sistem berjalan dengan optimal dan mendukung mitigasi potensi tanah longsor di Kecamatan Ciawi. Hasil unggahan aplikasi ke platform *hosting* Vercel dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hosting Aplikasi Pada Platform Vercel

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil analisis potensi tanah longsor pada Kecamatan Ciawi menggunakan metode relative difference NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) menunjukkan bahwa Desa Cibedug memiliki nilai rata-rata luasan tertinggi, yaitu sebesar 27,74 hektar. Hal ini menunjukkan bahwa Desa Cibedug adalah wilayah yang paling berpotensi mengalami tanah longsor dibandingkan desa lainnya di Kecamatan Ciawi. Sebaliknya, Desa Banjarwangi memiliki rata-rata luasan terendah, yaitu sebesar 5,75 hektar, yang menunjukkan potensi tanah longsor di desa ini relatif kecil. Dengan demikian, Desa Cibedug perlu mendapatkan prioritas dalam perencanaan mitigasi risiko bencana tanah longsor. Hasil perhitungan tingkat akurasi menggunakan indeks kappa menunjukan nilai tertinggi dicapai pada *threshold* dengan *slope* lebih dari 10 persen dengan nilai 0,92, yang mengindikasikan tingkat kesesuaian yang sangat kuat antara hasil klasifikasi (penginderaan jauh) dan data referensi (validasi lapangan), menjadikan *threshold* ini sebagai yang paling optimal dalam mendeteksi potensi tanah longsor. Sebaliknya, indeks kappa terendah tercatat pada *threshold* dengan *slope* 0 - 10 persen dengan nilai 0,08, yang menunjukkan tidak adanya tingkat kesesuaian. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pemilihan *threshold* sangat memengaruhi keakuratan model dalam mengidentifikasi area berpotensi longsor, dengan *threshold* lebih dari 10% sebagai pilihan terbaik. Sistem informasi berbasis WebGIS yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil menyajikan peta interaktif area potensi tanah longsor

di Kecamatan Ciawi. Sistem ini memanfaatkan hasil analisis metode Relative Difference NDVI (rdNDVI) dan klasifikasi kemiringan lereng untuk memberikan visualisasi area yang berpotensi mengalami tanah longsor. WebGIS ini memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi area rawan longsor secara mudah, mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan mitigasi risiko bencana tanah longsor.

Beberapa saran yang dapat digunakan untuk sebagai pengembangan sistem selanjutnya adalah penelitian selanjutnya diharapkan mengenai informasi analisis potensi tanah longsor menggunakan metode rdNDVI. Peneliti menyarankan agar dikembangkannya analisis tersebut dengan memperluas data penelitian dan menambahkan variabel tipe tanah dalam mendeteksi longsor sehingga memberikan informasi yang lebih detail. Penelitian ini hanya membahas informasi WebGIS analisis potensi tanah longsor menggunakan metode rdNDVI. Diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan metode lain atau dengan data yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan R., "Identifikasi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Di Ajibarang Banyumas Menggunakan Metode Skoring", *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 10, no. 1, pp. 97-103, 2023. doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.10>
- [2] BPBD, "Data Bencana Kabupaten Bogor 2022", *Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Bogor*, 2023. <https://bpbd.bogorkab.go.id/databencana2022/> (accessed Jul. 24, 2024).
- [3] Awal R. F., Feranie S., Tohari A., "Karakteristik Sifat Fisik Tanah Residual Lereng Rawan Longsor Di Tol Bogor Ciawi Sukabumi, Kabupaten Bogor", *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SiNaFi) 7.0*, vol. 1, no. 1, pp. 415-419, 2021, URI: <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi/article/view/1867>
- [4] Putri E. S., Widiyasa A., Karim R. A., Somantri L., Ridwana R., "Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk Analisis Kerapatan Vegetasi Di Wilayah Gunung Manglayang", *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 9, no. 2, pp. 133-143, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.23887/jjpg.v9i2.35357>
- [5] Lasaponara R., Abate N., Fattore C., Aromando A., Cardettini G., Di Fonzo M., "On the Use of Sentinel-2 NDVI Time Series and Google Earth Engine to Detect Land-Use/Land-Cover Changes in Fire-Affected Areas", *Remote Sens.*, vol. 14, no. 19, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/rs14194723>
- [6] Suni M. A., Fitra R. A., Masserang B. D., Pritta B. K., "Pemetaan Tingkat Kerapatan Vegetasi di Kota Palu Menggunakan Citra Sentinel 2A", *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 307-312, 2023. doi: <https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i1.179>
- [7] Montero D., "eemont: A Python package that extends Google Earth Engine," *J. Open Source Softw.*, vol. 6, no. 62, pp. 3168, 2021, doi: <https://doi.org/10.21105/joss.03168>
- [8] Rahmad R., Suib S., Nurman A., "Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara," *Maj. Geogr. Indones.*, vol. 32, no. 1, p. 1, 2018, doi: <http://doi.org/10.22146/mgi.31882>
- [9] Mubekti, Alhasanah F., "Mitigasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan Teknik Pemodelan Sistem Informasi Geografis," *J. Tek.Ling*, vol. 9, no. 2, pp. 121-129, 2008, doi: [10.29122/jtl.v9i2.452](https://doi.org/10.29122/jtl.v9i2.452)
- [10] Martensson U., "Introduction to Remote Sensing and Geographical Information Systems," *Dep. Phys. Geogr. Ecosyst. Sci.*, p. 55, 2011.
- [11] Navalgund R. R., V. Jayaraman, Roy P. S., "Remote sensing applications: An overview," *Curr. Sci.*, vol. 93, no. 12, pp. 1747-1766, 2007, doi: <https://www.jstor.org/stable/24102069>
- [12] Tamiminia H., Salehi B., Mahdianpari M., Quackenbush L., Adeli S., Brisco B., "Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review", *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, vol. 164, pp. 152-170, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- [13] Setyaningsih T., Wardhani P. I. "Systematic Literature Review: Pemanfaatan Media Interaktif Google Earth Dalam Mata Pelajaran Geografi", 2021, URI: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/95469>
- [14] Zhao Q., Yu L., Li X., Peng D., Zhang Y., Gong P. "Progress and Trends in the Application of Google Earth and Google Earth Engine", *Remote Sens.*, vol. 13, no. 18, pp. 1-21, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/rs13183778>
- [15] Drusch M., Del Bello U., Carlier S., Colin O., Fernandez V., Gascon F., Hoersch B., Isola C., Laberinti P., Martimort P., Meygret A., Spoto F., Sy O., Marchese F., Bargellini P., "ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services", *Remote Sensing of Environment*, vol. 120, pp. 25-36, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- [16] Okolie C. J., Smit J. L., "A systematic review and meta-analysis of Digital elevation model (DEM) fusion: pre-processing, methods and applications", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 188, pp. 1-29, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.03.016>
- [17] Zhang W., Hu B., Brown G. S., "Automatic Surface Water Mapping Using Polarimetric," *Water*, vol. 12, no. 3, pp. 872, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/w12030872>

- [18] Philiani I., Saputra L., Harvianto L., Muzak A. A., “Pemetaan Vegetasi Hutan Mangrove Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Di Desa Arakan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara”, *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, vol. 1, no.2, pp. 211-222, 2016.
- [19] Scheip C. M., Wegmann K. W., “HazMapper: A global open-source natural hazard mapping application in Google Earth Engine”, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 21, no. 5, pp. 1495–1511, 2021, doi: 10.5194/nhess-21-1495-2021.
- [20] McHugh M. L., “Interrater reliability: the kappa statistic”, *Biochemia Medica*, vol. 22, no. 3, pp. 276-282, 2012, URI: <https://hrcak.srce.hr/89395>
- [21] Nazar M. A., Hermawan E., Yanuarsyah I., “Spatial Analysis Model For Landslide Detection Using Relative Different NDVI (rdNDVI) Method Thought The Google Earth Engine Platform (Case Study: Sukajaya District, Bogor Regency)”, *Jambura Geoscience Review*, vol. 6, no. 2, pp. 63-72, 2024, doi: <https://doi.org/10.37905/jgeosrev.v6i2.23962>
- [22] R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 8th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.
- [23] Sinlae F., Nurcholis, Dafianto I. A., Maulana R. S. “Aplikasi Web Tanpa Server menggunakan Vercel”, *Jurnal Siber Multi Disiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 98-106, 2024, doi: <https://doi.org/10.38035/jsmd.v2i2.171>