

Dampak Alih Fungsi Lahan Terhadap Kerawanan Tanah Longsor Di Kabupaten Bogor Dengan Pendekatan SIG

Alya Nuraini^{1*}, Raihan Saputra¹, Ilham Badaruddin Mataburu¹

¹Universitas Negeri Jakarta, Jl Rawamangun Muka Raya Jakarta Timur, 13220, Indonesia

*Alamat email penulis koresponden: alya.nuraini@mhs.unj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak alih fungsi lahan terhadap kerawanan tanah longsor di Kabupaten Bogor dengan menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data berupa peta curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan, dan penggunaan lahan tahun 2019 dan 2024 dianalisis melalui metode overlay dan skoring berbobot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah selatan dan barat daya termasuk dalam zona kerawanan tinggi akibat kombinasi faktor fisik dan tekanan perubahan penggunaan lahan. Perubahan spasial penggunaan lahan terbukti meningkatkan risiko longsor di wilayah tersebut.

Kata Kunci: alih fungsi lahan, longsor, SIG, Bogor

Abstract

This study aimed to analyze the impact of land use change on landslide susceptibility in Bogor Regency using a Geographic Information System (GIS) approach. The analysis involved overlay and weighted scoring of maps including rainfall, slope, soil type, rock type, and land use from 2019 and 2024. The results indicated that the southern and southwestern areas were classified as high-risk zones due to physical factors combined with spatial land conversion. The spatial change in land use significantly contributed to increased landslide risk in these regions.

Keyword: land use change, landslide, GIS, Bogor

1. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan atau konversi fungsi lahan adalah fenomena yang umum terjadi di daerah dengan pertumbuhan populasi dan pembangunan yang cepat. Konversi lahan, yang sering dikenal sebagai alih fungsi lahan, merujuk pada proses perubahan sebagian atau seluruh area lahan dari fungsi aslinya, seperti hutan atau lahan pertanian, menjadi fungsi lain yang berbeda, seperti pemukiman, industri, dan infrastruktur (Lestari, 2009). Fenomena ini menjadi masalah lingkungan yang krusial karena seringkali dilakukan tanpa memperhatikan prinsip-prinsip konservasi dan perencanaan ruang yang berkelanjutan.

Kabupaten Bogor adalah salah satu daerah yang menghadapi tekanan pembangunan dan urbanisasi yang tinggi. Posisi strategisnya sebagai daerah penyangga ibu kota Jakarta menjadikannya target untuk pengembangan wilayah permukiman dan infrastruktur. Dalam dua dekade terakhir, terjadi pengurangan yang signifikan pada tutupan hutan dan lahan terbuka, sedangkan area pemukiman yang intensif mengalami peningkatan (BPS Kabupaten Bogor, 2023). Situasi ini menimbulkan dampak ekologis yang signifikan, salah satunya adalah meningkatnya risiko bencana geologi, terutama tanah longsor.

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Kabupaten Bogor, terutama di daerah perbukitan dan lereng yang curam. Data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bogor mencatat 176 kejadian tanah longsor pada tahun 2022, menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Kejadian tersebut banyak terjadi di wilayah yang mengalami perubahan dari tutupan vegetasi alami menjadi lahan terbangun atau lahan dengan aktivitas manusia yang tinggi, seperti pembangunan perumahan dan pertanian di kawasan rawan (BPBD Kabupaten Bogor, 2023).

Menurut Naryanto (2011), tanah longsor terjadi karena adanya ketidakseimbangan antara gaya penahan dan gaya peluncur pada lereng. Faktor-faktor seperti geologi, kemiringan lereng, jenis tanah, dan keberadaan vegetasi, jika terganggu oleh faktor pemicu seperti curah hujan yang tinggi atau perubahan penggunaan lahan, dapat membuat material tanah kehilangan stabilitasnya. Kegiatan manusia seperti penebangan pohon pelindung, pembukaan lahan, dan pembangunan infrastruktur di lereng tanpa sistem drainase yang baik, mempercepat proses ini. Oleh karena itu, perubahan penggunaan lahan sangat berkontribusi terhadap peningkatan kerentanan terhadap tanah longsor.

Untuk memahami dinamika dan efek dari alih fungsi lahan terhadap tingkat kerawanan tanah longsor, diperlukan pendekatan analisis yang mampu memetakan perubahan secara spasial dan temporal. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan alat yang sangat efektif dalam mengintegrasikan data spasial, memetakan perubahan tutupan lahan dari waktu ke waktu, serta menganalisis area yang mengalami kenaikan risiko bencana. Pendekatan ini memungkinkan pengidentifikasian pola kerawanan dan menyediakan informasi yang kuat untuk pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana serta perencanaan tata ruang yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak alih fungsi lahan terhadap kerawanan tanah longsor di Kabupaten Bogor dengan membandingkan kondisi penggunaan lahan pada tahun 2019 dan 2024. Dengan menggunakan pendekatan SIG, penelitian ini ingin mengidentifikasi area yang mengalami perubahan signifikan dalam penggunaan lahan dan mengevaluasi bagaimana perubahan tersebut berhubungan dengan tingkat kerawanan terhadap longsor. Temuan dari kajian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan penting dalam perumusan kebijakan tata ruang, upaya mitigasi bencana, serta pengembangan wilayah yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif, Penelitian deskriptif adalah suatu metode penelitian yang bertujuan untuk memberikan gambaran yang objektif tentang objek atau subjek yang sedang diteliti. Metode ini berfokus pada penggambaran fakta-fakta secara sistematis dan mendeskripsikan karakteristik serta frekuensi dari objek yang diteliti dengan akurat. (Zellatifanny & Mudjiyanto, 2018). Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari hasil citra satelit, penelitian terdahulu, literatur jurnal terkait dan dokumen-dokumen yang bersumber dari instansi terkait.

Pemetaan daerah rawan bencana longsor ini berada di Kabupaten Bogor. Parameter yang diolah yaitu data curah hujan daerah Kabupaten Bogor diambil dari CHIRPS, data DEMNAS untuk peta kemiringan lereng dan penggunaan lahan ,data Badan Geologi ESDM untuk peta jenis batuan data FAO SOILS untuk peta jenis tanah. Kemudian diinput serta diolah menggunakan software ArcGIS v10.8. Data output tersebut dijadikan parameter untuk menentukan dan menganalisis daerah rawan longsor.

Tabel 1. Deskripsi Data Penelitian

Contoh Data	Deskripsi Data
Peta Administrasi Kabupaten Bogor	Peta ini menunjukkan batas wilayah administratif (kecamatan dan desa) sebagai dasar lokasi dari data dan analisis lainnya
Peta curah hujan kabupaten bogor	Peta ini menggambarkan distribusi curah hujan dan digunakan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap risiko longsor di wilayah yang lahannya telah berubah fungsi.
Peta klasifikasi batuan	Peta ini digunakan untuk mengidentifikasi sebaran jenis batuan di Kabupaten Bogor yang terdiri dari batuan beku intrusif, batuan sedimen, dan batuan beku ekstrusif. Setiap jenis batuan diklasifikasikan berdasarkan tingkat pelapukan dan kontribusinya terhadap kerawanan longsor.
Peta kemiringan lereng kabupaten bogor	Peta ini memperlihatkan tingkat kemiringan lereng, yang digunakan untuk mengetahui potensi bahaya longsor berdasarkan topografi wilayah.
Peta penggunaan lahan kabupaten bogor tahun 2019	Peta ini menunjukkan kondisi penggunaan lahan tahun 2019 sebagai data awal untuk melihat perubahan atau alih fungsi lahan di tahun-tahun berikutnya.
Peta penggunaan lahan kabupaten bogor tahun 2024	Peta ini menampilkan kondisi lahan terkini tahun 2024, yang dibandingkan dengan data tahun 2019 untuk mengetahui lokasi-lokasi yang mengalami perubahan fungsi lahan.
Peta jenis tanah	Peta ini digunakan untuk mengetahui karakteristik fisik tanah di Kabupaten Bogor yang berpengaruh terhadap tingkat kerawanan tanah longsor
Peta kerawanan tanah longsor kabupaten bogor	Peta ini menunjukkan tingkat kerawanan tanah longsor (rendah–tinggi), hasil dari analisis faktor-faktor seperti

penggunaan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan dan curah hujan.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini berupa metode overlay, skoring, dan analisis deskriptif. Data spasial yang diperoleh diolah menggunakan software pengolah data spasial (SIG) seperti arcgis. Analisis yang digunakan adalah overlay yang bertujuan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan dalam kurun waktu lima tahun, juga dengan cara metode skoring pada tiap parameter kemudian dilakukan cara overlay di ArcGIS v10.8. Pengklasifikasian pada tiap parameter dengan skor kemudian dikali dengan bobotnya yang menggunakan model dari Penelitian Puslittanak tahun 2004 (Krisnandi dkk, 2021; Mukhlisa dkk, 2022) dengan memiliki rumus: $SKOR\ TOTAL = 0,3PCH + 0,2PKL + 0,2PPL + 0,2PJB + 0,1PJT$.

Skoring dilakukan sebagai upaya dalam memberikan skor setiap kelas pada masing-masing parameter. Pemberian skor itu berdasarkan pengaruh kelas tersebut bagi terjadinya longsor (Simanjuntak & Tjahjono, 2022). Jika pengaruhnya bagi longsor semakin tinggi, maka pemberian skor akan semakin tinggi (Aina et al., 2021). Penentuan skoring dan pembobotan berpatokan pada model pendugaan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) Bogor tahun 2004. Parameter yang menyebabkan terjadinya longsor, yaitu curah hujan, tingkat kelerengan, penggunaan lahan, jenis batuan/geologi, dan jenis tanah (Puslittanak, 2004; Paisa et al., 2021; Mersha & Meten, 2020)

Tabel 2. Klasifikasi Curah Hujan (mm/tahun)

Parameter	Bobot	Skor
Sangat Rendah (<100)	30	1
Rendah (100)	30	2
Sedang (100 - 300)	30	3
Tinggi (300 - 500)	30	4
Sangat Tinggi (>500)	30	5

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Batuan

Parametr	Bobot	Skor
Batuan Beku Intrusif	20	1
Batuan Sedimen	20	2

Sedang (100 - 300)	20	3
--------------------	----	---

Tabel 4. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Parameter	Bobot	Skor
Datar	20	1
Landai	20	2
Agak Curam	20	3
Curam	20	4
Sangat Curam	20	5

Tabel 5. Klasifikasi Penggunaan Lahan

Parameter	Bobot	Skor
Danau	20	1
Permukiman	20	2
Perkebunan	20	3
Padang Rumput	20	4
Sawah	20	5

Tabel 6. Klasifikasi Jenis Tanah

Parameter	Bobot	Skor
Aluvial Gleik, Aluvial	10	1
Asosiasi Latosol	10	2
Latosol	10	3

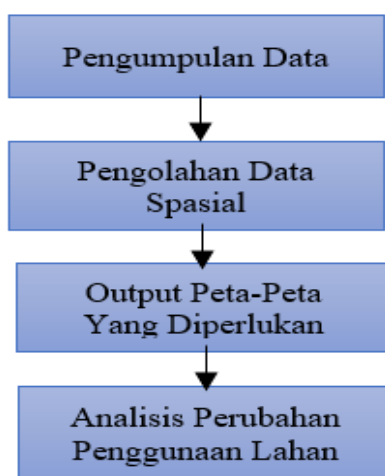
Andosol, Andosol Okrik, Grumusol	10	4
Nitosol Distrik	10	5

Tahap akhir yang dilakukan untuk pembuatan pada peta wilayah rawan bencana longsor menggunakan metode pembobotan serta parameter yaitu dengan mengklasifikasikan menjadi lima klasifikasi antara lain, sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Penentuan zona tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\frac{\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}} \quad (1)$$

Maka dari itu, hasil dari suatu skor yaitu semakin tinggi skor maka semakin tinggi pula potensi akan bencana longsor.

Output yang dihasilkan dari analisis yaitu peta overlay perubahan lahan. Berikut kerangka kerja dari penelitian ini:

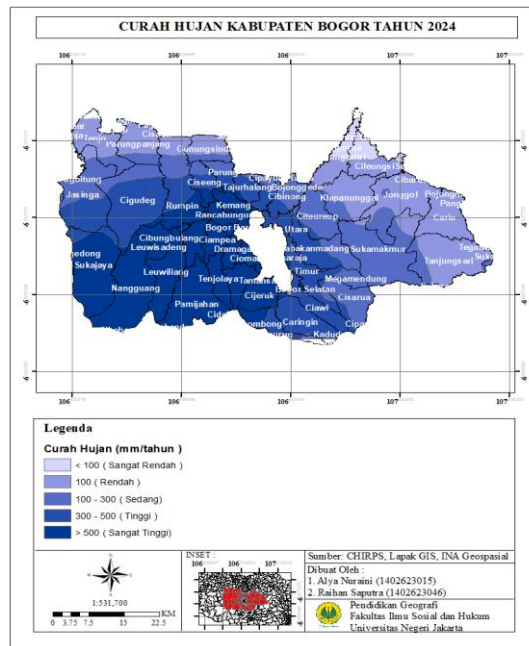


Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

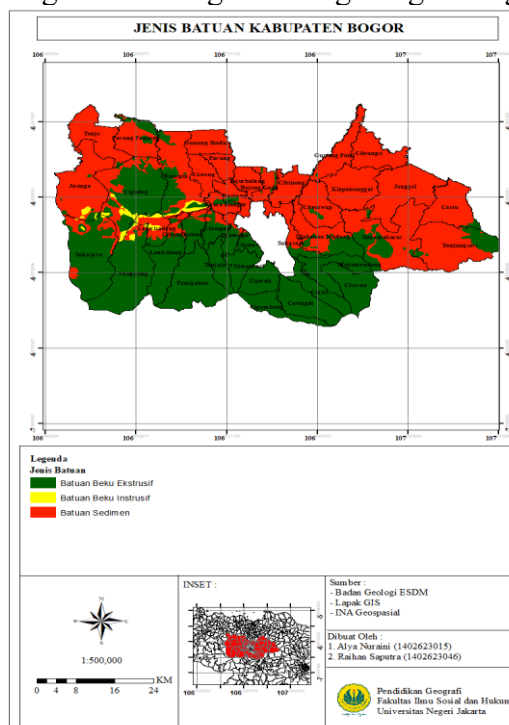
3.1. HASIL

Penelitian ini menghasilkan delapan peta tematik berdasarkan parameter-parameter utama yang dianalisis menggunakan metode overlay dan skoring berbobot dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Peta-peta tersebut meliputi: (1) peta curah hujan, (2) peta kemiringan lereng, (3) peta jenis tanah, (4) peta jenis batuan, (5) peta penggunaan lahan tahun 2019, (6) peta penggunaan lahan tahun 2024, dan (7) peta zonasi kerawanan tanah longsor Kabupaten Bogor tahun 2024. Seluruh peta disajikan dalam skala spasial yang sama dengan batas wilayah administratif Kabupaten Bogor, serta telah diklasifikasikan berdasarkan model dari Puslittanak (2004).



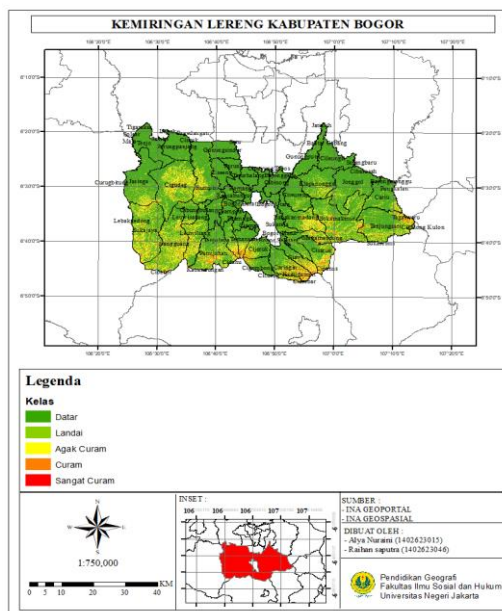
Gambar 2. Peta Curah Hujan.

Peta ini menunjukkan bahwa wilayah selatan seperti Pamijahan, Sukajaya, dan Tenjolaya tergolong dalam kategori curah hujan tinggi hingga sangat tinggi (>400 mm/tahun), sedangkan wilayah utara seperti Cibinong dan Gunung Putri tergolong sedang hingga rendah.



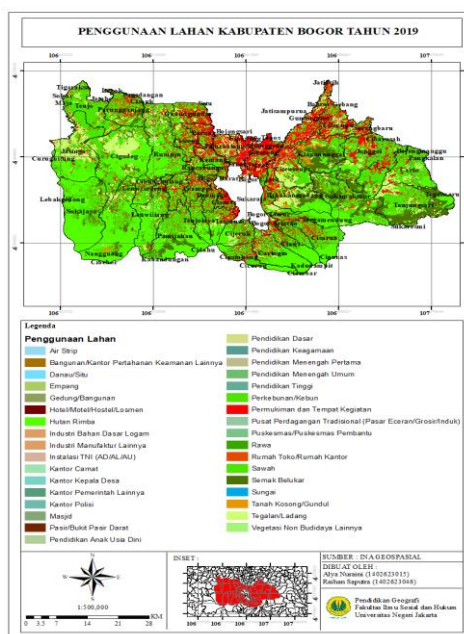
Gambar 3. Peta Jenis Batuan

Jenis batuan yang tersebar di Kabupaten Bogor mencakup batuan beku intrusif, batuan sedimen, dan batuan beku ekstrusif. Batuan beku ekstrusif mendominasi bagian selatan dan barat.



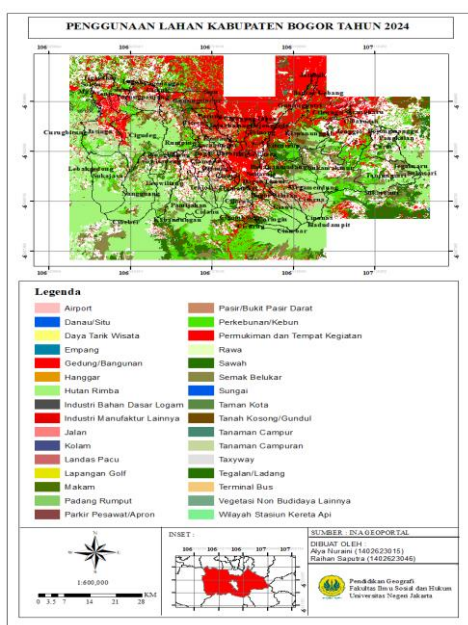
Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng.

Peta menunjukkan bahwa bagian selatan dan tenggara Kabupaten Bogor memiliki kemiringan sangat curam ($>40\%$), sementara bagian utara dan pusat relatif datar hingga landai.



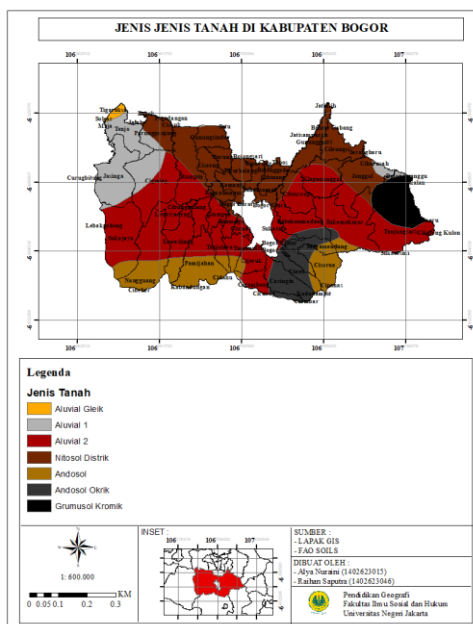
Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan 2019.

Peta ini memperlihatkan dominasi penggunaan lahan berupa sawah, perkebunan, dan lahan terbuka di wilayah selatan, barat, dan timur. Permukiman masih terkonsentrasi di wilayah utara dan sekitar Kota Bogor.



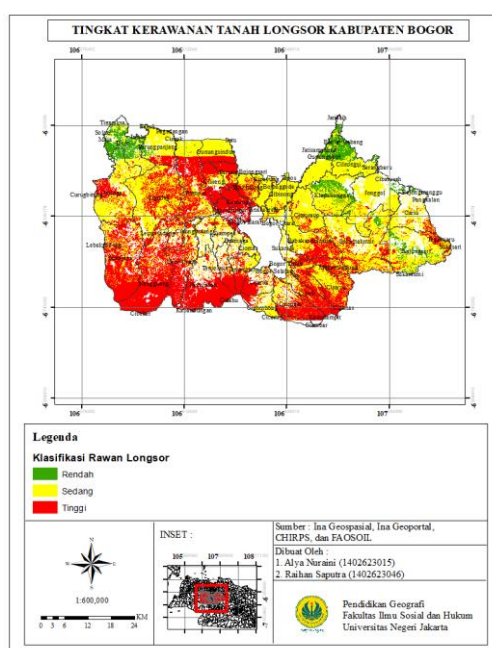
Gambar 6. Peta Penggunaan Lahan 2024.

Terjadi alih fungsi lahan secara luas dari sawah dan kebun menjadi permukiman, terutama di wilayah timur (Cileungsi, Jonggol), tengah (Kemang), dan barat (Cigudeg, Leuwisadeng)



Gambar 7. Peta Jenis Tanah.

Wilayah Kabupaten Bogor didominasi jenis tanah andosol, latosol, dan nitosol. Jenis tanah andosol dan nitosol banyak ditemukan di selatan dan timur kabupaten.



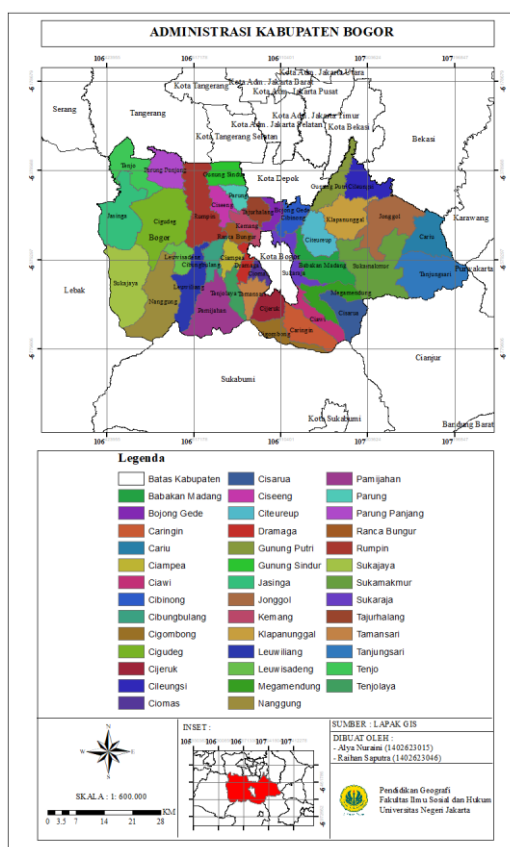
Gambar 8. Peta Tingkat Kerawanan Longsor.

Peta hasil akhir overlay menampilkan tiga zona utama:

- Kerawanan Tinggi: dominan di bagian selatan seperti Pamijahan, Sukajaya, dan Tenjolaya.
- Kerawanan Sedang: terdapat di bagian tengah dan timur seperti Jonggol, Kemang, dan Rumpin.
- Kerawanan Rendah: berada di wilayah utara seperti Cibinong, Citeureup, dan Gunung Putri.

3.2. PEMBAHASAN

3.2.1 Kondisi Geografis Kabupaten Bogor



Gambar 9. Peta Administrasi Kabupaten Bogor.

Kabupaten Bogor merupakan bagian dari Provinsi Jawa Barat, Indonesia, yang posisinya di peta berada di antara $6^{\circ}18'$ sampai $6^{\circ}47'$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}01'$ sampai $107^{\circ}10'$ Bujur Timur. Daerah ini punya nilai strategis karena langsung berbatasan dengan beberapa wilayah penting. Di sebelah utara ada Kota Depok, lalu Kabupaten Sukabumi di selatan, Kabupaten Lebak (Banten) di barat, serta Kabupaten Purwakarta, Bekasi, dan Cianjur di timur dan tenggara. Uniknya, Kota Bogor justru berada di tengah-tengah Kabupaten Bogor. Dengan total luas wilayah mencapai $2.991,78 \text{ km}^2$, Kabupaten Bogor dibagi menjadi 40 kecamatan, terdiri dari 416 desa dan 19 kelurahan. Sukamakmur menjadi kecamatan yang paling luas dengan ukuran $182,94 \text{ km}^2$, sementara Ciomas adalah kecamatan terkecil, luasnya hanya $17,88 \text{ km}^2$.

Kondisi alam Kabupaten Bogor sangat bervariasi, dengan dataran rendah di utara serta pegunungan dan perbukitan di selatan, memberikan wilayah ini ciri khas topografi dan ekologi yang kompleks. Soal iklim, Kabupaten Bogor termasuk daerah tropis basah, dengan curah hujan yang tinggi hampir sepanjang tahun. Data tahun 2024 menunjukkan bahwa curah hujan paling tinggi terjadi di bulan November, mencapai 731 mm , sedangkan yang terendah ada di bulan Juli, yaitu hanya 62 mm . Perbedaan ini memperlihatkan adanya pola musim yang kentara antara musim hujan dan kemarau. Suhu rata-rata tahunan di sini sekitar $24,4^{\circ}\text{C}$. Suhu tertinggi tercatat $35,9^{\circ}\text{C}$ di bulan Oktober, sementara suhu terendah terjadi pada bulan September dengan angka $15,5^{\circ}\text{C}$.

3.2.2 Curah Hujan Kabupaten Bogor

Curah hujan adalah salah satu indikator penting dalam analisis risiko tanah longsor karena berfungsi sebagai faktor yang langsung mengakibatkan pergerakan massa tanah. Dalam model Puschert (2004) yang diterapkan dalam studi ini, curah hujan diberikan bobot maksimum sebesar 30, yang menunjukkan betapa pentingnya pengaruhnya terhadap stabilitas lereng. Curah hujan dikategorikan dalam lima tingkatan berdasarkan intensitas tahunan, mulai dari sangat rendah (skor 1) hingga sangat tinggi (skor 5). Semakin besar angka curah

hujan, semakin meningkat kemungkinan tanah menjadi jenuh, kehilangan kohesi, dan mengalami penurunan daya geser.

Peta curah hujan untuk tahun 2024 menunjukkan bahwa sebagian besar daerah Kabupaten Bogor berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi, dengan rata-rata curah hujan melebihi 300 mm per tahun. Berdasarkan observasi spasial, kawasan selatan dan barat kabupaten seperti Pamijahan, Leuwiliang, Cigudeg, Nanggung, dan Tenjolaya mendominasi kategori sangat tinggi dan menerima skor tertinggi (5). Ini sesuai dengan karakteristik orografis Bogor yang merupakan wilayah dataran tinggi, berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan utama dari massa udara yang lembap yang berasal dari barat daya. Fenomena ini meningkatkan tekanan air tanah di lereng-lereng curam yang telah mengalami penurunan vegetasi akibat konversi lahan, sehingga meningkatkan risiko longsor.

Di sisi lain, kawasan timur seperti Sukamakmur, Jonggol, dan Tanjungsari berada dalam kategori tinggi (skor 4), sedangkan daerah utara seperti Cibinong dan Bojonggede termasuk dalam kategori sedang hingga rendah (skor 2–3). Meskipun curah hujan di wilayah ini tidak setinggi di bagian selatan, mereka tetap berpotensi mengalami tanah longsor jika faktor lain seperti jenis tanah yang lepas atau lereng yang buatan membawa dampak negatif terhadap stabilitas tanah.

Secara teknis, curah hujan berfungsi sebagai komponen penting dalam evaluasi risiko spasial karena ia mewakili jumlah air yang masuk ke dalam sistem lereng. Di kawasan yang memiliki tanah andosol atau latosol, yang mampu menyimpan air dalam jumlah besar tetapi rentan terhadap pelapukan, curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan infiltrasi yang meningkatkan tekanan pori. Jika tekanan ini melampaui ambang batas, kondisi tanah jenuh yang ideal untuk longsor dapat terbentuk. Dengan demikian, daerah yang termasuk dalam kategori curah hujan tinggi dan sangat tinggi akan memiliki kontribusi risiko signifikan terhadap nilai indeks kerawanan longsor.

Keterkaitan antara curah hujan dan insiden tanah longsor di Kabupaten Bogor telah terwujud dalam data sejarah dari BPBD yang menunjukkan bahwa sebagian besar kejadian longsor terjadi pada bulan-bulan dengan intensitas curah hujan tertinggi, terutama November dan Desember. Oleh karena itu, pemetaan curah hujan tidak hanya mencerminkan distribusi kelembaban, tetapi juga menggambarkan tekanan hidrologis spasial yang membantu mengidentifikasi titik-titik kritis dalam sistem lereng daerah tersebut.

3.2.3 Jenis Batuan Kabupaten Bogor

Jenis batuan adalah elemen geologi yang sangat penting dalam pemodelan risiko tanah longsor karena secara langsung mempengaruhi kekuatan bahan lereng, kemampuan menahan air, serta kemungkinan pelapukan. Dalam pengelompokan yang diterapkan, jenis batuan dibagi menjadi tiga kategori utama: batuan beku intrusif (skor 1), batuan sedimen (skor 2), dan batuan beku ekstrusif (skor 3), dengan bobot yang ditetapkan sebesar 20. Urutan skor ini ditentukan

berdasarkan tingkat kerentanan dan kemudahan pelapukan, di mana batuan ekstrusif yang cepat mengalami pelapukan cenderung memiliki risiko lebih besar terhadap tanah longsor.

Peta jenis batuan di Kabupaten Bogor mengindikasikan bahwa sebagian besar daerah di selatan dan barat daya, seperti Pamijahan, Cijeruk, Caringin, Cibungbulang, dan Ciawi, didominasi oleh batuan beku ekstrusif, yang memperoleh skor tertinggi (3). Batuan ini terbentuk akibat letusan gunung berapi yang menciptakan material lepas seperti breksi vulkanik, tufa, dan lava yang mendingin dengan cepat. Ciri khas dari batuan ini adalah kerentanannya terhadap pelapukan, memiliki porositas tinggi, dan daya ikat yang rendah, sehingga sangat rentan untuk mengalami disintegrasi ketika terkena tekanan air tinggi akibat curah hujan yang intens. Dalam konteks morfologi lereng yang curam dan perubahan luas pada sistem tutupan lahan, jenis batuan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan potensi pergerakan tanah, khususnya di area transisi dari hutan ke lahan pertanian atau pemukiman.

Di sisi lain, daerah utara dan timur seperti Cibinong, Gunung Putri, Cileungsi, Klapanunggal, Jonggol, dan Tanjungsari lebih banyak terdiri dari batuan sedimen, seperti batupasir, serpih, dan konglomerat, yang mendapatkan skor sedang (2). Meskipun umumnya batuan sedimen memiliki kekuatan yang lebih baik dan lebih kompak dibandingkan dengan batuan vulkanik, dalam kondisi terlapukkan dan berada di lereng terbuka, jenis batuan ini juga dapat menjadi zona gelincir. Terutama di area yang telah mengalami fragmentasi lahan dan pembangunan infrastruktur, pelapukan pada permukaan batuan sedimen dapat menyebabkan pergeseran lapisan tanah atas dan memicu longsor lokal, terutama saat musim hujan tiba.

Batuan yang paling stabil, yaitu batuan beku intrusif, hanya ditemukan di lokasi-lokasi tertentu, seperti di wilayah kecil Cigudeg, Leuwiliang, dan Nanggung. Batuan ini terbentuk di bawah permukaan dengan tekanan tinggi, sehingga memiliki kepadatan dan kekuatan geser yang tinggi. Dalam klasifikasi, batuan ini mendapat skor terendah (1) karena tingkat ketahanan yang tinggi terhadap pelapukan dan pergerakan tanah. Namun, nyatanya, keberadaan batuan ini di Kabupaten Bogor sangat terbatas dan sering kali tertutupi oleh lapisan tanah hasil pelapukan atau alih fungsi lahan, sehingga pengaruh perlindungannya terhadap longsor tidak begitu terasa dalam skala spasial.

Dari analisis ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa distribusi jenis batuan di Kabupaten Bogor merupakan salah satu faktor krusial yang membedakan zona risiko longsor. Daerah selatan dan barat yang didominasi oleh batuan beku ekstrusif, serta wilayah timur yang terdiri atas batuan sedimen, menjadi area yang sangat perlu diperhatikan dalam konteks perencanaan tata ruang dan mitigasi bencana. Parameter jenis batuan, meskipun bersifat geogenik dan tidak berubah dalam jangka waktu pendek, memiliki dampak yang besar ketika dipadukan dengan faktor-faktor lain seperti curah hujan yang tinggi, lereng yang curam, dan peningkatan alih fungsi lahan.

3.2.4 Kemiringan Lereng Kabupaten Bogor

Kemiringan lereng adalah faktor geomorfologi yang berdampak langsung pada stabilitas tanah serta kemungkinan terjadinya longsor. Dalam sistem klasifikasi yang diterapkan, kemiringan lereng dibagi menjadi lima kategori, yaitu datar (skor 1), landai (skor 2), agak curam (skor 3), curam (skor 4), dan sangat curam (skor 5), dengan bobot sebesar 20. Penilaian ini menunjukkan hubungan positif antara kemiringan lereng dan risiko longsor, di mana lereng yang lebih terjal memiliki kemungkinan lebih tinggi untuk tidak stabil, apalagi jika dipengaruhi oleh kondisi pelapukan, hujan lebat, dan tekanan dari penggunaan lahan.

Peta kemiringan lereng di Kabupaten Bogor menunjukkan bahwa bagian selatan dan tenggara, terutama di kecamatan seperti Pamijahan, Leuwiliang, Tenjolaya, Nanggung, Megamendung, Sukamakmur, dan sebagian besar Cigudeg, mayoritas berada dalam kategori kemiringan curam hingga sangat curam, dengan skor 4 dan 5. Daerah ini terletak dalam zona fisiografis perbukitan dan kaki gunung, yang terbentuk dari proses geologi yang rumit dan mengalami pelapukan yang kuat akibat iklim tropis lembab. Dalam situasi ini, kestabilan lereng sangat bergantung pada keberadaan tumbuhan dan sistem drainase alami. Jika lahan diubah menjadi pemukiman, pertanian terbuka, atau akses jalan, maka gaya penahan lereng akan menurun drastis dan meningkatkan gaya peluncuran massa tanah, yang memicu terjadinya longsor, terutama saat musim hujan.

Bagian timur dan tengah seperti Tanjungsari, Cariu, Jonggol, dan sebagian besar Cisarua serta Babakan Madang menunjukkan dominasi kemiringan agak curam (skor 3). Wilayah ini dianggap sebagai transisi antara dataran dan perbukitan, yang secara morfologi tidak setajal bagian selatan, tetapi tetap memiliki risiko jika dikombinasikan dengan jenis tanah yang mudah longsor dan curah hujan tinggi. Situasi ini sering dijumpai di area pinggir pemukiman baru serta lahan pertanian sayuran di dataran tinggi yang dikelola tanpa teknik konservasi tanah yang tepat.

Di sisi lain, bagian utara dan barat laut Kabupaten Bogor, seperti Cibinong, Citeureup, Gunung Putri, Bojonggede, serta sebagian Parung Panjang dan Jasinga, didominasi oleh kemiringan datar hingga landai, dengan skor rendah (1–2). Secara geomorfologis, daerah ini terletak di dataran rendah yang relatif stabil dalam hal struktur lereng. Meskipun demikian, tetap ada kemungkinan terjadinya gerakan tanah dalam bentuk rayapan mikro atau longsor kecil, terutama di lereng buatan atau tanggul sungai yang tidak didukung oleh struktur penahan.

Faktor kemiringan lereng memiliki peran penting dalam analisis kerawanan tanah longsor yang berdasarkan pada kondisi fisik yang menentukan keseimbangan antara gaya penahan dan gaya peluncuran. Semakin curam kemiringan, semakin kecil dukungan tanah terhadap gravitasi, sehingga sangat tergantung pada kekuatan alami (akar vegetasi yang dalam) atau teknik (struktur penahan lereng). Dalam konteks Kabupaten Bogor, area dengan kemiringan curam dan sangat curam yang mengalami tekanan akibat perubahan penggunaan lahan tanpa pengelolaan yang baik menjadi fokus utama dalam penanganan risiko longsor. Penggabungan faktor ini dengan curah hujan dan penggunaan lahan akan menghasilkan peta kerawanan yang lebih akurat dan mencerminkan kondisi biofisik daerah tersebut.

3.2.5 Penggunaan Lahan Kabupaten Bogor Tahun 2019

Penggunaan lahan merupakan parameter penting dalam analisis kerentanan tanah longsor karena mencerminkan sejauh mana aktivitas manusia telah mengubah struktur dan fungsi ekologis suatu wilayah. Berdasarkan klasifikasi dalam model analisis, penggunaan lahan dikategorikan ke dalam lima kelas utama: danau (skor 1), permukiman (skor 2), perkebunan (skor 3), padang rumput (skor 4), dan sawah (skor 5). Skoring diberikan dengan mempertimbangkan kontribusi masing-masing jenis penggunaan lahan terhadap potensi terjadinya longsor, khususnya dalam kaitannya dengan kemampuan lahan menahan air, vegetasi penutup tanah, dan kapasitas menyerap tekanan dari curah hujan tinggi.

Peta penggunaan lahan Kabupaten Bogor tahun 2019 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah selatan, barat daya, dan timur seperti Pamijahan, Leuwiliang, Cigudeg, Nanggung, Sukajaya, Tenjolaya, hingga Sukamakmur masih didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan, terutama pada kelas perkebunan dan sawah, yang memiliki skor tinggi (3–5).

Meskipun pada dasarnya lahan pertanian seperti sawah dan ladang memiliki vegetasi penutup, sistem tata airnya yang tidak terkontrol, pengolahan tanah yang intensif, serta kecenderungan membuka lereng tanpa terasering menjadikan kawasan ini rentan terhadap erosi dan pergerakan tanah. Terlebih pada kemiringan lereng sedang hingga curam, kegiatan pertanian di lahan terbuka berkontribusi besar dalam mempercepat proses degradasi tanah dan kehilangan kestabilan lereng, khususnya saat curah hujan berada pada puncaknya.

Di sisi lain, kawasan tengah dan utara, seperti Cibinong, Citeureup, Bojonggede, Gunung Putri, dan sebagian wilayah timur seperti Jonggol dan Cileungsi menunjukkan konsentrasi yang cukup besar pada permukiman dan area terbangun lainnya, termasuk perdagangan, perkantoran, dan fasilitas sosial. Area permukiman ini masuk ke dalam kategori berisiko sedang (skor 2) dalam model, karena walaupun tidak bervegetasi dan tidak menyerap air sebaik lahan alami, area ini seringkali dilengkapi dengan infrastruktur drainase buatan. Namun dalam banyak kasus di Kabupaten Bogor, pembangunan permukiman terutama di daerah perbukitan dilakukan tanpa perencanaan tata ruang yang baik dan minim proteksi lereng, sehingga meningkatkan risiko longsor lokal yang merusak bangunan dan infrastruktur, serta mengancam keselamatan jiwa.

Wilayah yang tergolong dalam kelas danau dan badan air lainnya seperti Setu, Situ, atau empang memiliki kerentanan sangat rendah (skor 1), tetapi dalam praktiknya wilayah ini rentan terhadap longsor tebing apabila terjadi penurunan muka air secara drastis atau terjadi gangguan pada lereng di sekitarnya. Namun demikian, secara luas kontribusinya dalam sistem indeks kerawanan berada pada kategori minimum.

Analisis penggunaan lahan tahun 2019 secara umum menunjukkan bahwa meskipun sebagian wilayah Kabupaten Bogor masih mempertahankan tutupan vegetasi alami dan lahan pertanian, namun tekanan pembangunan dan ekspansi permukiman sudah mulai terlihat, terutama pada kawasan transisi dataran ke perbukitan. Hal ini menunjukkan bahwa dinamika spasial penggunaan lahan telah mulai menggeser zona-zona penyangga ekologis menjadi zona terbangun, yang memperbesar resiko akumulatif terhadap bencana tanah longsor. Oleh sebab itu, data ini menjadi baseline penting untuk melihat perubahan menuju tahun 2024, dan menjadi acuan awal dalam identifikasi wilayah prioritas mitigasi berbasis perubahan fungsi ruang.

3.2.6 Penggunaan Lahan Kabupaten Bogor Tahun 2024

Pemetaan penggunaan lahan tahun 2024 memperlihatkan dinamika spasial yang signifikan dibandingkan dengan kondisi tahun 2019. Terjadi alih fungsi lahan dalam skala luas dari lahan pertanian dan vegetasi alamiah menuju kawasan terbangun, khususnya di wilayah tengah, timur laut, dan sebagian wilayah barat Kabupaten Bogor. Jenis penggunaan lahan yang paling dominan mengalami perubahan adalah perkebunan dan sawah, yang pada tahun 2019 banyak tersebar di wilayah seperti Rumpin, Ciampea, Gunung Sindur, Cileungsi, hingga Jonggol. Namun pada tahun 2024, kawasan-kawasan tersebut mengalami konversi menjadi permukiman, bangunan fasilitas umum, dan kawasan komersial, sebagaimana terlihat dari meluasnya warna merah pada peta tahun 2024 yang merepresentasikan kelas “permukiman dan tempat kegiatan.”

Secara spasial, ekspansi kawasan permukiman paling masif terjadi di wilayah Cibinong, Citeureup, Gunung Putri, Klapanunggal, hingga ke timur seperti Cileungsi, Jonggol, dan Sukamakmur, serta bagian tengah seperti Kemang, Parung, dan Bojonggede. Wilayah-wilayah

ini sebelumnya memiliki dominasi lahan pertanian dan vegetasi penutup yang secara alami membantu stabilisasi lereng dan memperlambat limpasan air permukaan. Namun setelah alih fungsi, wilayah tersebut kini didominasi permukaan kedap air, minim resapan, dan rentan terhadap akumulasi air hujan. Dalam klasifikasi skor, permukiman hanya diberi skor 2, sedangkan sawah sebagai lahan paling rentan diberi skor 5, dan perkebunan mendapat skor 3. Artinya, secara spasial dan numerik, telah terjadi penurunan kapasitas perlindungan lahan terhadap longsor akibat konversi dari lahan bervegetasi tinggi ke permukiman.

Fenomena alih fungsi juga tampak di wilayah yang secara morfologis berada pada zona perbukitan dan lereng terjal, seperti Sukajaya, Pamijahan, dan Cisarua. Meskipun sebagian besar wilayah ini masih mempertahankan tutupan lahan berupa perkebunan dan hutan, terdapat indikasi pertumbuhan bangunan linear di sepanjang jalur transportasi dan lereng, yang menunjukkan kecenderungan pemanfaatan ruang secara intensif di kawasan rawan. Aktivitas ini memperbesar gaya peluncur lereng dan mengurangi gaya penahan, sehingga meningkatkan risiko tanah longsor, terutama bila digabungkan dengan intensitas hujan tinggi.

Dari perspektif ekologis, konversi sawah dan ladang ke fungsi nonpertanian berpotensi menghilangkan sistem penyerapan air alami di wilayah tangkapan hujan. Sementara dari sisi spasial, perubahan ini menjadikan zona-zona yang sebelumnya tergolong sedang hingga tinggi dalam indeks kerentanan, kini masuk ke kategori tinggi hingga sangat tinggi, karena skornya secara akumulatif meningkat akibat kombinasi parameter lainnya seperti kemiringan lereng dan curah hujan yang tinggi.

Dengan kata lain, peta penggunaan lahan tahun 2024 tidak hanya merepresentasikan bentuk ruang saat ini, tetapi juga mencerminkan pola tekanan manusia terhadap fungsi ekologis kawasan. Alih fungsi lahan dari tahun 2019 ke 2024 memperjelas tren yang mengarah pada peningkatan kerawanan tanah longsor, terutama karena tidak disertai dengan pendekatan konservasi, penguatan vegetasi, atau sistem penyangga lereng. Oleh karena itu, identifikasi perubahan ini harus menjadi dasar utama dalam kebijakan mitigasi bencana berbasis zonasi risiko, serta penyusunan tata ruang yang berwawasan ekologi di Kabupaten Bogor.

3.2.7 Jenis Tanah Kabupaten Bogor

Jenis tanah adalah salah satu faktor edafik yang mempengaruhi kestabilan lereng melalui karakteristik fisik dan kimia tanah, termasuk porositas, kemampuan menyerap air, struktur agregat, dan kohesi. Dalam konteks risiko tanah longsor, jenis tanah yang cepat jenuh air, mudah terdegradasi, atau memiliki permeabilitas tinggi dapat mempercepat pembentukan tekanan pori di lereng curam, sehingga meningkatkan kemungkinan pergerakan tanah.

Peta jenis tanah di Kabupaten Bogor menunjukkan variasi yang luas dalam distribusi, dengan dominasi tanah aluvial, latosol, andosol, dan nitosol. Dalam penelitian ini, klasifikasi tanah diberikan bobot 10 dan diberi skor antara 1 hingga 5, di mana nilai tertinggi diberikan kepada tanah yang paling rentan terhadap longsor.

Sebagian besar area di utara dan barat daya seperti Jasinga, Ciampea, Cibungbulang, dan Leuwiliang didominasi oleh tanah aluvial, yang memiliki skor rendah (1). Meskipun tanah aluvial stabil di daerah datar dan landai, sifat permeabelnya yang tinggi membuatnya rentan terhadap pergerakan air tanah di lereng yang terbuka dan terkena hujan deras.

Sementara itu, tanah latosol banyak terdapat di tengah dan timur, seperti Klapanunggal, Cileungsi, dan Jonggol. Latosol memiliki sifat yang cukup stabil berkat struktur agregatnya yang baik, tetapi bisa mudah terdispersi ketika jenuh air. Maka dari itu, jenis tanah ini memperoleh skor sedang (3), menunjukkan potensi longsor yang menengah, terlebih lagi jika tidak terdapat vegetasi penutup dan digunakan untuk pertanian terbuka.

Tanah dengan tingkat kerawanan tinggi, yakni andosol dan nitosol, banyak ditemukan di selatan dan tenggara, termasuk Sukamakmur, Cisarua, Megamendung, hingga Pamijahan. Andosol, yang berasal dari material vulkanik, memiliki porositas dan kemampuan menyerap air yang sangat baik. Akan tetapi, kelemahan muncul ketika kapasitas air tanah melebihi batas jenuh, karena andosol bisa kehilangan kohesi dan menjadi tanah mudah lepas. Sebagai dampaknya, lereng yang terdiri dari andosol sangat rentan terhadap longsor, terutama bila dikombinasikan dengan topografi curam dan curah hujan yang tinggi. Oleh karena itu, andosol mendapatkan skor tinggi (4), sedangkan kombinasi andosol dengan grumusol dan nitosol bahkan memperoleh skor maksimal (5), seperti yang ditemukan di wilayah Tanjungsari dan bagian barat Sukajaya.

Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun bobot jenis tanah kecil, ia berperan penting dalam pemodelan kerentanan ketika dipadukan dengan parameter topografi dan hidrologi. Lokasi-lokasi dengan andosol dan nitosol yang juga menghadapi tekanan perubahan penggunaan lahan dan curah hujan tinggi perlu menjadi prioritas dalam kebijakan mitigasi bencana longsor yang berbasis pada konservasi tanah.

3.2.8 Kerawanan Tanah Longsor

Peta hasil overlay lima parameter utama yakni curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan, dan penggunaan lahan menghasilkan peta zonasi tingkat kerawanan tanah longsor Kabupaten Bogor yang terbagi ke dalam tiga kategori utama: rendah, sedang, dan tinggi. Hasil pemodelan berbasis metode overlay dan skoring menunjukkan bahwa terdapat pola spasial yang konsisten, di mana wilayah dengan tekanan kombinasif dari faktor fisik dan penggunaan lahan cenderung membentuk klaster-klaster risiko tinggi di zona tertentu.

Zona dengan kerawanan tinggi, yang ditandai dengan warna merah pada peta, terkonsentrasi di wilayah selatan, barat daya, dan sebagian timur Kabupaten Bogor. Kawasan ini meliputi kecamatan seperti Pamijahan, Leuwiliang, Cijeruk, Caringin, Cibungbulang, Sukajaya, Tenjolaya, Megamendung, dan Sukamakmur. Wilayah-wilayah ini merupakan daerah dengan kemiringan lereng yang dominan curam hingga sangat curam, ditutupi oleh jenis tanah andosol atau nitosol yang mudah jenuh dan lapuk, serta mengalami intensitas hujan yang tinggi (>500 mm/tahun). Tekanan ini semakin diperparah oleh adanya alih fungsi lahan yang cukup masif dari kawasan pertanian dan vegetasi menjadi pemukiman dan area terbuka. Konvergensi semua parameter ini menjadikan wilayah tersebut sebagai klaster risiko longsor paling kritis, dengan skor total tertinggi dalam pemodelan.

Sementara itu, zona kerawanan sedang (warna kuning) tersebar secara lebih merata dan membentuk sabuk transisi dari wilayah pegunungan ke dataran. Beberapa kecamatan seperti Cigudeg, Rumpin, Ciampea, Cileungsi, dan Jonggol tergolong dalam kelas ini. Meskipun lerengnya tidak securam wilayah selatan, dan jenis tanahnya cenderung lebih stabil seperti latosol atau sedimen, namun perubahan fungsi ruang yang cepat serta sistem drainase yang belum tertata meningkatkan risiko akumulatif terutama pada saat musim hujan. Zona ini

mencerminkan wilayah-wilayah dengan kerentanan sedang yang berpotensi meningkat, terutama bila tidak ada pengendalian tata guna lahan.

Zona dengan kerawanan rendah (warna hijau) ditemukan di wilayah utara dan barat laut Kabupaten Bogor seperti Cibinong, Citeureup, Gunung Putri, Bojonggede, dan Parung Panjang. Wilayah ini umumnya berada pada topografi datar hingga landai, memiliki jenis batuan dan tanah yang lebih padat serta resisten terhadap longsor, dan intensitas curah hujan yang relatif lebih rendah. Namun, penting dicatat bahwa meskipun tergolong rendah secara spasial, wilayah ini tetap perlu diawasi terhadap risiko longsor skala mikro atau rayapan tanah, khususnya di sekitar tebing jalan, saluran irigasi, dan zona pembangunan infrastruktur.

Hasil akhir ini menegaskan bahwa kerawanan longsor di Kabupaten Bogor bersifat spasial-kompleks dan multifaktorial, artinya tidak cukup hanya dilihat dari satu parameter tunggal seperti kemiringan lereng atau curah hujan. Justru kombinasi antarparameter inilah yang memperjelas wilayah dengan tekanan paling tinggi terhadap bencana. Selain itu, hasil ini juga memperlihatkan bahwa beberapa wilayah dengan skor tinggi tidak selalu berada di zona pegunungan, tetapi juga di daerah yang mengalami tekanan pembangunan berat tanpa memperhatikan kesesuaian lahan.

Zonasi ini penting tidak hanya sebagai bahan akademis, tetapi juga sebagai dasar dalam perencanaan kebijakan mitigasi bencana di tingkat kabupaten. Wilayah-wilayah dengan kerawanan tinggi harus dijadikan prioritas dalam program penguatan vegetasi lereng, penataan drainase, konservasi lahan, serta pembatasan alih fungsi ruang secara ketat berdasarkan zonasi ekologis.

4. KESIMPULAN

Penelitian mengungkapkan bahwa alih fungsi lahan sangat mempengaruhi potensi terjadinya tanah longsor di Kabupaten Bogor. Lewat pemanfaatan SIG, analisis overlay, dan peninjauan lima elemen penting (curah hujan, kemiringan kelereng, jenis tanah, jenis batuan, dan penggunaan lahan), terciptalah peta zonasi risiko yang terbagi dalam tiga tingkatan: rendah, menengah, dan tinggi. Wilayah berisiko tinggi umumnya berada di bagian selatan dan barat daya kabupaten, seperti Pamijahan, Sukajaya, Leuwiliang, dan Caringin, karena perpaduan faktor-faktor pemicu contohnya, lereng curam, curah hujan tahunan yang besar, serta jenis tanah yang mudah menyerap air seperti andosol dan nitosol. Selain itu, daerah tersebut juga mengalami peralihan fungsi lahan yang pesat dari area hutan dan pertanian menjadi pemukiman tanpa adanya tindakan pengamanan yang memadai..

Zona dengan risiko sedang tersebar di wilayah peralihan seperti Jonggol, Rumpin, dan Ciampea, yang meskipun menghadapi desakan pembangunan, namun kondisi fisik lahannya masih relatif stabil. Sementara itu, daerah dengan risiko rendah, seperti Cibinong dan Gunung Putri, memiliki topografi datar, curah hujan lebih sedikit, serta kondisi tanah dan batuan yang cukup kuat. Kajian ini menekankan bahwa perpaduan antara faktor alam dan perubahan pemanfaatan lahan merupakan penyebab utama meningkatnya risiko tanah longsor. Karenanya, perencanaan tata ruang dan pembangunan di Kabupaten Bogor perlu betul-betul mempertimbangkan aspek kerentanan wilayah agar potensi bencana tanah longsor di masa mendatang bisa diperkecil.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada Bapak Ilham Badarudin Mataburu dan Ibu Della A. Lestari, M. Si, selaku dosen pengampu mata kuliah Sistem Informasi Geografi, atas segala arahan, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan selama penulisan ini. Karya tulis yang berjudul "Dampak Alih Fungsi Lahan Terhadap Kerawanan Tanah Longsor di Kabupaten Bogor dengan Pendekatan SIG" merupakan buah dari kerja sama kelompok antara Alya Nuraini dan Raihan Saputra sebagai wujud tugas mata kuliah ini. Tak lupa, ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam menyelesaikan artikel ini hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor, 'KABUPATEN BOGOR DALAM ANGKA BOGOR REGENCY IN FIGURES V o L u m e 4 1 , 2 0 2 4', 2024.
- BPBD, 'DATA BENCANA KABUPATEN BOGOR 2022', 2023
<<https://bpbd.bogorkab.go.id/index.php/berita/Seputar-OPD/databencana2022>>.
- Corry 'Aina, Indra Nurjahjaningtyas, and Rindang Alfiah, 'Mitigasi Daerah Rawan Bencana Longsor Berbasis Pemetaan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Bumiaji', *MATRAPOLIS: Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 2.2 (2022), p. 53, doi:10.19184/matrapolis.v3i2.32097.
- Cut Medika Zellatifanny and Bambang Mudjiyanto, 'Tipe Penelitian Deskripsi Dalam Ilmu Komunikasi', *Diakom*, 1.2 (2018), pp. 83–90.
- Fopy Sonyinderawan, 'Dampak Alih Fungsi Lahan Sawah Menjadi Non Pertanian Mengakibatkan Ancaman Degradasi Lingkungan', *JURNAL SWARNABHUMI : Jurnal Geografi Dan Pembelajaran Geografi*, 5.2 (2020), p. 36, doi:10.31851/swarnabhumi.v5i2.4741.
- Lestari, T. 2009. Dampak Konversi Lahan Pertanian Bagi Taraf Hidup Petani. Makalah Kolokium. Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat . Institut Pertanian Bogor.
- Martin Reynaldi Simanjuntak and Heri Tjahjono, 'Analisis Ancaman Tanah Longsor Dan Upaya Konservasi Lahan Dengan Sistem Agroforestri Di Kecamatan Sukorejo Kabupaten Kendal', *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 11.2 (2022), pp. 76–81.
- MPP Muharlida Fazia Ulfa, SST Dini Dwiana Tari, S.Si Ernita Dwi Astusi, S.Si Dewi Senja Rahmawati, S.Si Rohmah Afifah, S.Tr.Stat Raden Candra Ningrum, MSE, *Kabupaten Bogor Dalam Angka 2023*, 2023.
- Naryanto, H.S. (2013), Analisis dan evaluasi kejadian bencana tanah longsor di Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat tanggal 25 Maret 2013, *JSTMB*, 8 (1), 39-49.
- Oleh : Heru and Sri Naryanto, 'Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Karanganyar', *Jurnal Penanggulangan Bencana*, 2.1 (2011), pp. 21–32.

- Paisa Paisa, Muh Said L, and Ayusari Wahyuni, 'Pemetaan Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Pencitraan Satelit Di Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan', *Jurnal Geoelebes*, 5.1 (2021), pp. 80–90, doi:10.20956/geoelebes.v5i1.12503.
- Puslittanak Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. (2004). Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi. Bogor.
- Reza Krisnandi and others, 'Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XVI Tahun 2021 (ReTII)', *Identifikasi Kawasan Rawan Bencana Longsor Metode Skoring Daerah Mojotengah Dan Sekitarnya, Kecamatan Reban, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah*, 2021.November (2021), pp. 501–08 <<https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/2678/1238>>.
- Ridho Agusman, Nambi Hanca Hayana, and Diko Dejan Stiano, 'Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Pemetaan Tingkat Rawan Longsor Menggunakan Metode Skoring Dan Overlay Di Kabupaten Serang, Banten', *Jurnal Sains Geografi*, 1.2 (2023), pp. 1–11, doi:10.2210/jsg.vx1ix.xxx.
- Tilahun Mersha and Matebie Meten, 'GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping and Assessment Using Bivariate Statistical Methods in Simada Area, Northwestern Ethiopia', *Geoenvironmental Disasters*, 7.1 (2020), doi:10.1186/s40677-020-00155-x.