

**PEMETAAN DIGITAL TANAH (DIGITAL SOIL MAPPING) UNTUK
PERENCANAAN TATA GUNA LAHAN: REVIEW LITERATUR : 2020 - 2025**

Gustia Nurul 'Ain¹, Rorisa Adela Jengka², Zilvina.B³, Hendra Saputra⁴

Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim

gustiati001@gmail.com, rorisaadelazengka@gmail.com, zilvina.b@gmail.com,

hendra.saputra@uin-suska.ac.id

Abstract

This article aims to examine the role of Digital Soil Mapping (DSM) in supporting effective and sustainable land-use planning, particularly in tropical regions such as Indonesia, which are highly vulnerable to natural disasters. The method employed is a literature review, analyzing ten national and international scientific articles published between 2015 and 2025 that are relevant to the topics of DSM, Geographic Information Systems (GIS), and soil resource management. The findings indicate that DSM, supported by technologies such as GIS, remote sensing, and machine learning, enables the production of accurate and efficient soil maps. These maps are crucial for identifying soil characteristics, environmental risks, and potential land uses. The study also reveals that recent approaches, such as the use of neighborhood environmental effects and predictive algorithms, significantly enhance the accuracy of soil modeling. Overall, DSM plays a strategic role in disaster mitigation, environmental conservation, and data-driven decision-making in sustainable land-use planning.

Keywords: Digital Soil Mapping, Geographic Information Systems, land-use planning.

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk mengkaji peran pemetaan digital tanah (Digital Soil Mapping/DSM) dalam mendukung perencanaan tata guna lahan yang efektif dan berkelanjutan, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia yang rentan terhadap bencana alam. Metode yang digunakan adalah literature review, dengan menganalisis sepuluh artikel ilmiah nasional dan internasional terbitan 2015–2025 yang relevan dengan topik DSM, SIG, dan pengelolaan sumber daya tanah. Hasil kajian menunjukkan bahwa DSM, dengan bantuan teknologi seperti SIG, penginderaan jauh, dan machine learning, mampu menghasilkan peta tanah yang akurat dan efisien. Pemetaan ini sangat penting dalam mengidentifikasi karakteristik tanah, risiko lingkungan, dan potensi penggunaan lahan. Studi juga menemukan bahwa pendekatan terbaru, seperti penggunaan efek lingkungan sekitar dan algoritma prediktif, meningkatkan akurasi pemodelan tanah. Secara keseluruhan, DSM berperan strategis dalam mitigasi bencana, konservasi, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam tata guna lahan yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Pemetaan Digital Tanah, Sistem Informasi Geografis, perencanaan tata guna lahan.

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu komponen penting dalam menjaga keberlanjutan kehidupan manusia, karena mendukung berbagai sektor seperti pertanian, pelestarian lingkungan, pemukiman, dan pembangunan wilayah. Oleh sebab itu, informasi yang tepat dan menyeluruh mengenai karakteristik serta distribusi tanah sangat diperlukan untuk menyusun perencanaan tata guna lahan yang berwawasan lingkungan. Akan tetapi, teknik pemetaan tanah secara tradisional masih memiliki banyak keterbatasan, misalnya tergantung pada survei lapangan yang membutuhkan waktu lama, biaya tinggi, serta terbatas dalam jangkauan spasial (Adeniyi et al., 2024).

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, pendekatan Digital Soil Mapping (DSM) hadir sebagai inovasi dalam dua dekade terakhir. DSM merupakan proses pemetaan yang memanfaatkan kombinasi data observasi tanah, variabel lingkungan, teknologi penginderaan jauh, dan model statistik atau algoritma kecerdasan buatan (Arrouays et al., 2021). Pendekatan ini mampu menghasilkan peta tanah dengan tingkat ketelitian tinggi dalam waktu yang lebih efisien. DSM telah digunakan secara luas baik pada skala lokal maupun global, dan terbukti mendukung berbagai kebijakan pengelolaan lahan, termasuk dalam praktik pertanian presisi, rehabilitasi lahan terdegradasi, dan konservasi sumber daya tanah.

Namun, aplikasi DSM di dataran rendah menghadapi tantangan tersendiri karena kondisi topografi yang cenderung seragam menyulitkan identifikasi variasi sifat tanah. Meski demikian, dengan bantuan kovariat lingkungan seperti vegetasi, indeks topografi, dan data citra satelit, DSM tetap mampu menghasilkan prediksi yang akurat. Model seperti random forest telah terbukti efektif dalam memetakan tanah pada wilayah-wilayah yang relatif homogen (Adeniyi et al., 2024). Di sisi lain, pendekatan baru seperti adjacency effect yang mempertimbangkan pengaruh area sekitar terhadap kondisi tanah mampu meningkatkan akurasi hingga 36% (Fatholouloumi & Biswas, 2024).

Selain menghasilkan peta tanah yang lebih presisi, DSM juga memainkan peran penting dalam meningkatkan keamanan tanah atau soil security. Menurut Arrouays et al. (2021), DSM mendukung lima dimensi utama keamanan tanah, yaitu kondisi, kemampuan, nilai ekonomi, keterkaitan, dan sistem regulasi tanah. Dengan kemampuan untuk melakukan pemantauan berkala, DSM sangat efektif dalam mendeteksi perubahan kualitas tanah akibat konversi lahan, degradasi, maupun pengaruh perubahan iklim.

Studi-studi lokal di Indonesia juga menunjukkan efektivitas DSM dalam mendukung perencanaan wilayah. Misalnya, penelitian di Kecamatan Rumpin dan Sukajaya membuktikan bahwa metode overlay dan pembobotan berbasis SIG dapat digunakan untuk menilai kapasitas tanah serta potensi risiko longsor (Yuda et al., 2022; Naryanto et al., 2020). Bila metode ini dipadukan dengan DSM berbasis data spasial dan statistik, maka zonasi lahan dapat dirancang dengan lebih akurat dan berkelanjutan.

Tak hanya itu, DSM juga terbukti berguna dalam upaya mitigasi lingkungan, seperti pengendalian erosi dan sedimentasi. Penelitian di DAS Garang menunjukkan bahwa dengan metode USLE dan pemetaan menggunakan ArcGIS, konservasi lahan dapat mengurangi sedimentasi secara signifikan (Khumaira et al., 2025). Penelitian lain oleh Sandri et al. (2023) dan Handoyo et al. (2025) juga menekankan pentingnya pendekatan berbasis SIG untuk pemetaan kerentanan bencana seperti longsor dan banjir, guna mendukung perencanaan ruang berbasis risiko.

Lebih lanjut, pemanfaatan pendekatan berbasis kemiripan lingkungan sekitar atau neighborhood similarity dalam DSM, seperti yang dikembangkan oleh Zhao et al. (2025), telah menunjukkan peningkatan akurasi pemetaan di daerah kompleks seperti pegunungan dan lereng. Prinsip ini juga sangat potensial untuk diterapkan di dataran rendah yang kini menghadapi tekanan akibat pertumbuhan pembangunan dan perubahan penggunaan lahan.

Berdasarkan perkembangan tersebut, penelitian mengenai pemetaan digital tanah dalam konteks perencanaan tata guna lahan menjadi sangat penting. Kajian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam mengembangkan teknik pemetaan tanah yang lebih presisi dan aplikatif untuk mendukung pengelolaan ruang yang berbasis data, berorientasi jangka panjang, dan menyesuaikan dengan dinamika kondisi lingkungan setempat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literature review untuk mengkaji bagaimana pemetaan digital tanah (Digital Soil Mapping/DSM) dapat mendukung perencanaan tata guna lahan yang efektif dan berkelanjutan, khususnya dalam konteks geografis Indonesia yang kompleks dan rawan bencana. Kajian ini mengacu pada sumber-sumber ilmiah dari jurnal nasional dan internasional guna memperoleh pemahaman yang komprehensif terhadap peran DSM dalam pengelolaan sumber daya lahan.

Pencarian Literatur

- a. Referensi diperoleh dari berbagai basis data akademik terkemuka seperti Google Scholar, ScienceDirect, MDPI, Springer, dan Sinta, serta jurnal nasional yang relevan dengan topik geografi tanah dan perencanaan tata guna lahan.
- b. Jumlah artikel yang dianalisis sebanyak 10 artikel dengan rentang waktu penerbitan antara 2020 hingga 2025, yang memiliki nilai akademik dan validitas ilmiah tinggi.
- c. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi: digital soil mapping, pemetaan tanah digital, sistem informasi geografis untuk tata guna lahan, kesesuaian lahan berbasis SIG, dan pengelolaan sumber daya lahan.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

- a. Inklusi: Artikel yang membahas pemetaan digital tanah dengan pendekatan berbasis teknologi (SIG, remote sensing, machine learning), serta artikel yang relevan dengan perencanaan tata guna lahan di wilayah tropis atau berkembang.
- b. Eksklusi: Artikel populer, opini, atau dokumen yang tidak berbasis pada riset akademik dan tidak menyertakan metode ilmiah yang jelas.

Analisis Data

- a. Menganalisis isi artikel yang dipilih berdasarkan topik utama, seperti metode pemetaan, jenis data yang digunakan, akurasi hasil, dan penerapan pada kasus perencanaan tata guna lahan.
- b. Menyusun dan membandingkan pendekatan DSM dari berbagai sumber untuk mengetahui persamaan, perbedaan, serta tren dan inovasi terbaru dalam teknologi pemetaan tanah.
- c. Menyajikan sintesis hasil kajian dalam bentuk naratif dan tematik yang menghubungkan antara teknologi, karakteristik tanah, dan implikasi kebijakan tata guna lahan.

HASIL PENELITIAN

Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai kontribusi masing-masing penelitian terhadap pemahaman tentang pemetaan digital tanah dan implementasinya dalam perencanaan tata guna lahan, berikut disajikan ringkasan hasil kajian literatur dari sepuluh artikel ilmiah yang telah dianalisis. Tabel ini merangkum informasi penting seperti tujuan penelitian, metode yang digunakan, variabel yang dikaji, serta kesimpulan utama dari setiap studi.

Tabel 1. Hasil kajian literatur artikel

| No. | Penulis | Tujuan | Abstrak | Metode | Sampel | Variabel | Hasil | Kesimpulan |
|-----|-------------------------|---|---|--|--|---|---|---|
| 1. | Naryanto et al., (2020) | Menganalisis dampak tanah longsor di Sukajaya dan evaluasi pengelolaan kawasan pasca bencana. | Membahas tanah longsor besar di Sukajaya pada 1 Januari 2020, penyebabnya, serta upaya mitigasi dan penataan pasca bencana. | Pengumpulan data melalui survei lapangan, analisis spasial, dan pemetaan dengan drone; analisis faktor penyebab dan mekanisme longsor. | Data diambil dari lokasi longsor di Kecamatan Sukajaya, Kabupaten Bogor. | Kelerengan, Kondisi geologi dan tanah, Tatagunaan, Pola drainase, Curah hujan, Aktivitas manusia. | Longsor masif disebabkan oleh curah hujan ekstrem, batuan vulkanik, dan lereng curam; mekanisme longsor dianalisis. | Relokasi penduduk dari zona rawan, penghijauan kawasan, dan penataan kawasan diperlukan untuk lingkungan yang aman dan berkelanjutan. |
| 2. | Arrouays et al., (2021) | Meninjau DSM dan pemantauan tanah di dataran rendah untuk memahami keamanan tanah. | Artikel ini menyoroti peran DSM dan pemantauan tanah dalam meningkatkan keamanan tanah dan mengungkap | Analisis sistematis terhadap 67 artikel (2008–2023) dari Web of Science dan Scopus. | 67 artikel yang relevan tentang pemetaan tanah di daerah rendah. | Kemampuan tanah, Kondisi tanah, Modal tanah, Konektivitas tanah, Kodefikasi tanah. | Minat terhadap DSM di dataran rendah meningkat, khususnya untuk lahan pertanian; variabel | DSM penting untuk keamanan tanah; penelitian lebih lanjut dan pendekatan komprehensif diperlukan untuk pengelolaan |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------------|---|--|--|--|---|---|--|
| | | | kesenjangan pengetahuan. | | | | penting adalah vegetasi dan relief. | dan konservasi berkelanjutan. |
| 3. | Yuda et al., (2022) | Menyediakan informasi untuk perencanaan pengembangan wilayah berbasis geologi dan tata lingkungan di Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor. | Menjelaskan potensi dan sumber daya Rumpin sebagai dasar rencana pengembangan kota baru melalui analisis geologi, hidrologi, dan penggunaan lahan. | Pengumpulan data geologi, hidrologi, dan kebencanaan primer dan sekunder; evaluasi menggunakan pembobotan kuantitatif dan overlay peta dengan software pemetaan. | Data diambil dari area penelitian di Kecamatan Rumpin yang meliputi berbagai kondisi geologis dan pola penggunaan lahan. | Daya dukung tanah Jenis tanah Kemiringan lereng Tata air Kerentanan gerakan tanah | Daya dukung tanah sedang hingga baik; jenis tanah pasir dengan gradasi buruk; tiga kelas lereng; kerentanan gerakan tanah rendah hingga menengah. | Rumpin berpotensi baik untuk pengembangan permukiman, dengan 90% lokasi permukiman sesuai rekomendasi; evaluasi penggunaan lahan perlu dilakukan secara berkala. |
| 4. | Erfani et al., (2023) | Menganalisis tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Cepu, Kabupaten | Mengevaluasi dampak perubahan tata guna lahan terhadap risiko | Pendekatan kuantitatif dengan analisis geospasial menggunakan ArcGIS | Data meliputi jenis tanah, geologi, curah hujan, | Kemiringan lereng, Ketinggian lahan, Jenis tanah, | Kecamatan Cepu memiliki kerawanan longsor signifikan dengan | Pemetaan kerawanan longsor dengan SIG penting untuk mitigasi dan membantu |

| | | | | | | | | |
|----|------------------------------|--|---|---|---|---|---|--|
| | | Blora, dengan metode skoring berbasis SIG. | longsor menggunakan metode USLE dan SIG serta menghasilkan peta kerawanan. | 10.8 dan metode skoring variabel indikator. | kemiringan lereng, dan penggunaan lahan. | Curah hujan, Penggunaan lahan, Kerapatan sungai. | luas area rendah 3,85 km ² dan tinggi 164,99 km ² . | pemerintah merencanakan pencegahan efektif. |
| 5. | Adeniyi et al., (2024) | Mengkaji pendekatan Digital Soil Mapping (DSM) di daerah rendah melalui tinjauan sistematis artikel 2008–2023. | Menyoroti pentingnya pemetaan tanah digital di daerah rendah yang sering diabaikan. | Pendekatan sistematis menggunakan database Web of Science dan Scopus dengan kriteria inklusi dan eksklusif. | 67 artikel terkait DSM di daerah rendah. | Kandungan karbon organik, salinitas, penggunaan lahan, data iklim, model elevasi digital, vegetasi, dan relief. | 62% artikel fokus pada lahan pertanian dengan variasi variabel terutama kandungan karbon organik. | Perlunya pendekatan pemetaan tanah yang disesuaikan untuk daerah rendah dan arah penelitian masa depan untuk meningkatkan akurasi DSM dan pengelolaan tanah. |
| 6. | Fathololomi & Biswas, (2024) | Mengembangkan pendekatan DSM baru dengan mempertimbangkan | Artikel ini memperkenalkan strategi DSM baru yang mempertim | Metode mencakup perbandingan pendekatan konvensional dan | Data berasal dari 3.277 titik sampel tanah di | Karbon organik (OC), Kapasitas tukarkation(C EC), | Pendekatan baru menguraikan masalah kesalahn rata-rata untuk | Inklusi efek tetangga dalam pemodelan DSM meningkatkan akurasi dan mengurangi |

| | | | | | | | | |
|----|---------------------|--|--|---|---|--|--|--|
| | | pengaruh lingkungan sekitar untuk meningkatkan akurasi pemodelan sifat tanah. | bangkan efek tetangga lingkungan, meningkatkan akurasi pemetaan sifat tanah dan mengurangi kesalahan hingga 36%. | strategi baru dengan menggunakan Gaussian Process Regression (GPR) dan Inverse Distance Weighting (IDW) untuk memasukkan efek lingkungan. | Ontario, Kanada, pada kedalaman 0–20 cm. | Densitas massa (BD), pH | OC, CEC, BD, dan pH masing-masing hingga 32%, 36%, 28%, dan 14%, serta secara signifikan meningkatkan nilai R ² . | ketidakpastian, serta memiliki dampak penting bagi manajemen tanah berkelanjutan dan aplikasi lingkungan lainnya. |
| 7. | Zhao et al., (2025) | Mengembangkan metode DSM baru yang memperhatikan kesamaan lingkungan geografis di sekitar lokasi guna meningkatkan akurasi | Artikel ini memperkenalkan metode iPSM-neighbor yang mempertimbangkan kesamaan lingkungan spasial untuk meningkatkan akurasi | Metodologi mencakup pengukuran kesamaan lingkungan di area tetangga dan penerapan model prediktif individual, serta diuji di dua area studi dengan perbandingan | Data diperoleh dari dua area studi, yaitu Heshan (82 sampel) dan Zhuxihe (39 sampel). | Variabel yang diprediksikan meliputi kandungan bahan organik tanah (SOM), kapasitas tukar kation (CEC), densitas massa | Metode iPSM-neighbor menunjukkan peningkatan signifikan dalam akurasi dengan RMSE dan MAE lebih rendah | Mengintegrasikan kesamaan lingkungan dalam DSM meningkatkan akurasi dan mengurangi ketidakpastian, dengan potensi aplikasi luas dalam manajemen tanah dan pemetaan lingkungan. |

| | | | | | | | | |
|----|----------------------|---|---|---|--|--|---|---|
| | | pemodelan sifat tanah. | prediksi sifat tanah, dengan pengurangan RMSE hingga 33% dibandingkan metode iPSM konvensional. | n terhadap metode lain seperti Ordinary Kriging dan Random Forest. | | (BD), dan pH tanah. | dibandingkan metode lain, dan bekerja lebih efektif di area pegunungan dibandingkan daerah datar. | |
| 8. | Yanti et al., (2024) | Mengidentifikasi dan memetakan daerah rawan pergerakan tanah di Desa Kolok Mudik, Kecamatan Barangin, Kota Sawahlunto, menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (SIG). | Penelitian ini menganalisis potensi gerakan tanah di Desa Kolok Mudik akibat topografi dan pertambangan, dengan mengklasifikasi kerentanan menggunakan overlay peta SIG | Pendekatan penelitian menggunakan metode campuran dengan analisis kuantitatif dan kualitatif, serta mengolah data primer dan sekunder menggunakan ArcGIS. | Data diambil dari 4 titik pengukuran tanah dan peta geologi, topografi, kemiringan, serta penggunaan lahan di lokasi penelitian. | Curah hujan, Jenis tanah, Kemiringan lereng, Jenis batuan, Penggunaan lahan. | Hasil menunjukkan kerentanan gerakan tanah di Desa Kolok Mudik termasuk sedang hingga tinggi, menandakan potensi longsor yang perlu | Pemetaan kerentanan gerakan tanah penting untuk meminimalkan risiko bencana. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan lahan dan pencegahan bencana di |

| | | | | | | | | |
|----|----------------------------|--|---|--|---|--|---|---|
| | | | berdasarkan curah hujan dan jenis tanah. | | | | diwaspadai. | daerah tersebut. |
| 9. | Arif & Andawayanti, (2025) | Menganalisis laju erosi dan sedimentasi di DAS Garang, Jawa Tengah, serta memetakan sebaran indeks bahaya erosi. | Penelitian ini menilai dampak perubahan tata guna lahan di DAS Garang, dengan peningkatan laju erosi dari 39,56 ton/ha/tahun (2019–2022) dan penurunan sedimentasi setelah konservasi, menggunakan metode USLE dan SIG. | Pendekatan kuantitatif menggunakan analisis data curah hujan, peta geologi, dan peta penggunaan lahan. Proses pemetaan dilakukan dengan overlay peta menggunakan ArcGIS. | Data diambil dari peta dan pengukuran lapangan di DAS Garang. | Curah hujan, Jenis tanah, Kemiringan lereng, Jenis batuan, Penggunaan lahan. | Analisis menunjukkan kerentanan gerakan tanah kategori sedang hingga tinggi, dan konservasi vegetatif-mekanik berhasil mengurangi laju erosi hingga 75,43%. | Konservasi lahan yang tepat dapat mengurangi risiko erosi dan sedimentasi di DAS Garang. Pemetaan yang akurat penting untuk pengelolaan sumber daya tanah yang berkelanjutan. |

| | | | | | | | | |
|----|------------------------|--|---|---|--|---|--|---|
| 10 | Handoyo et al., (2025) | Menganalisis tingkat kerawanan banjir di Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, menggunakan pendekatan metode skoring berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). | Penelitian ini mengevaluasi dampak perubahan tata guna lahan terhadap risiko banjir di Kecamatan Cepu dan menghasilkan peta kerawanan berdasarkan enam indikator. | Analisis dilakukan dengan memanfaatkan ArcGIS 10.8 untuk mengolah data geospasial dan menerapkan metode scoring pada variabel-variabel yang berkontribusi terhadap risiko banjir. | Data diambil dari peta dan pengukuran di Kecamatan Cepu, dengan total area 49,04 km ² . | Kemiringan lereng, Ketinggian lahan, Jenis tanah, Curah hujan, Penggunaan lahan. Kerapatan sungai | Kerentan banjir di Kecamatan Cepu terbagi lima kategori, dengan area sangat rawan dan konservasi efektif mengurangi erosi serta sedimentasi. | Pemetaan kerawanan banjir penting untuk perencanaan dan mitigasi bencana, serta dapat membantu memperbaiki kebijakan dan langkah pencegahan pengelolaan risiko banjir di daerah tersebut. |
|----|------------------------|--|---|---|--|---|--|---|

Hasil Analisis Tabel Kajian Literatur

Hasil analisis dari sepuluh artikel yang direview menunjukkan kecenderungan meningkatnya penggunaan pendekatan Digital Soil Mapping (DSM) dalam berbagai konteks perencanaan lahan. Tiga tema utama ditemukan dari analisis isi tabel, yaitu pengembangan metode, fokus wilayah, dan kontribusi terhadap konservasi dan mitigasi bencana.

1. Perkembangan Metodologi Pemetaan Tanah

Sebagian besar artikel (50%) mengembangkan pendekatan DSM dengan bantuan teknologi SIG, penginderaan jauh, dan algoritma berbasis machine learning seperti Random Forest dan Gaussian Process Regression. Hal ini menunjukkan adanya pergeseran dari metode

konvensional ke arah metode prediktif yang lebih efisien dan akurat. Misalnya, penelitian oleh Fatholoulumi & Biswas (2024) menunjukkan bahwa mempertimbangkan efek lingkungan sekitar (adjacency effect) dapat meningkatkan akurasi model hingga 36%.

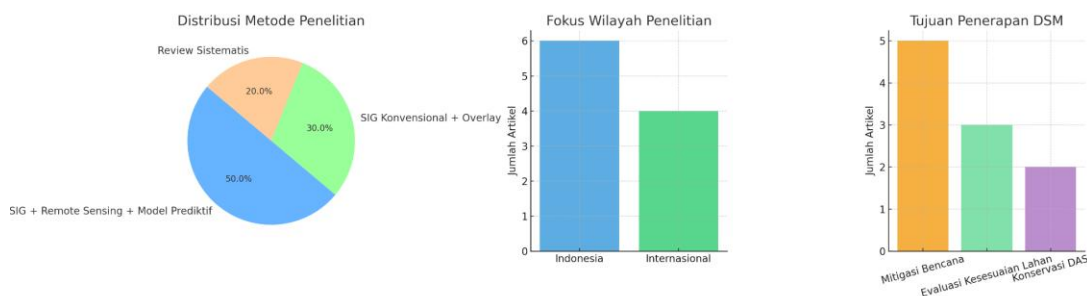
2. Fokus Wilayah Tropis dan Rawan Bencana

Sebanyak 60% artikel dilakukan di wilayah Indonesia atau negara berkembang lainnya yang berada di zona tropis. Wilayah-wilayah tersebut umumnya menghadapi tantangan lingkungan seperti banjir, longsor, dan degradasi tanah, sehingga pemetaan digital tanah menjadi penting dalam mendukung perencanaan yang adaptif terhadap risiko. Artikel oleh Yuda et al. (2022) dan Erfani et al. (2023) menyoroti pentingnya pemetaan berbasis spasial dalam menilai daya dukung tanah dan kerawanan geologis.

3. Kontribusi terhadap Perencanaan dan Konservasi

Sebagian besar studi menunjukkan bagaimana DSM tidak hanya digunakan untuk klasifikasi tanah, tetapi juga sebagai alat untuk mitigasi bencana, konservasi DAS, dan zonasi lahan. Studi oleh Arif & Andawayanti (2025) menunjukkan bahwa DSM berperan dalam mengidentifikasi area prioritas konservasi dengan mengintegrasikan data erosi, curah hujan, dan topografi ke dalam sistem pemetaan geospasial.

Untuk memperkuat temuan tersebut, berikut disajikan visualisasi grafik berdasarkan data hasil analisis literatur:



Gambar 1. Visualisasi Hasil Analisis Literatur

- Diagram pie menunjukkan bahwa 50% artikel menggunakan gabungan teknologi DSM modern.
- Grafik batang menunjukkan dominasi studi yang dilakukan di Indonesia (6 dari 10 artikel).

- c. Tujuan utama penelitian adalah mitigasi bencana (5 artikel), disusul oleh evaluasi kesesuaian lahan dan konservasi DAS.

Kesimpulan sementara dari hasil analisis ini menunjukkan bahwa DSM telah berkembang dari sekadar alat pemetaan menjadi instrumen penting dalam pengambilan keputusan berbasis data untuk pembangunan berkelanjutan. Integrasi antara pendekatan spasial dan algoritma prediktif mampu mendukung perencanaan tata guna lahan yang lebih tepat sasaran, khususnya di wilayah-wilayah rawan bencana dan tertekan secara ekologis.

PEMBAHASAN

Digital Soil Mapping (DSM) merupakan metode pemetaan tanah modern yang mengintegrasikan teknologi geospasial, penginderaan jauh, serta teknik statistik dan machine learning untuk meningkatkan ketelitian dan cakupan spasial. Dibandingkan dengan metode konvensional, DSM menawarkan efisiensi lebih tinggi dalam waktu dan biaya. Seperti yang dijelaskan oleh Adeniyi et al. (2024), pendekatan ini sangat penting diterapkan di kawasan dataran rendah yang meskipun secara topografi tampak seragam, tetap menyimpan variasi karakteristik tanah yang signifikan untuk keperluan perencanaan lahan secara optimal.

Salah satu pengembangan terbaru dalam DSM adalah penerapan efek spasial lingkungan sekitar (adjacency effect). Fatholoulumi dan Biswas (2024) berhasil mengembangkan metode prediktif yang mempertimbangkan pengaruh dari area sekitar terhadap titik pengamatan tanah, dan hasilnya menunjukkan peningkatan ketepatan prediksi hingga 36%. Pendekatan ini juga mampu menurunkan tingkat kesalahan tinggi dalam peta prediktif, sehingga menunjukkan bahwa memperluas cakupan spasial analisis sangat penting dalam meningkatkan kualitas output DSM, khususnya di daerah landai seperti dataran rendah.

DSM juga berperan penting dalam menunjang konsep keamanan tanah (soil security). Arrouays et al. (2021) menyatakan bahwa DSM mendukung lima pilar utama soil security, yakni kondisi, kapabilitas, kapital, konektivitas, dan kodifikasi tanah. Melalui kemampuan monitoring jangka panjang dan representasi spasial yang rinci, DSM memungkinkan pemangku kepentingan untuk mengamati perubahan kualitas tanah dan mengambil langkah pengelolaan yang lebih adaptif terhadap ancaman degradasi lahan dan konversi fungsi tanah.

Di tingkat lokal, pemanfaatan DSM terlihat dalam studi-studi di Indonesia. Yuda et al. (2022) dan Naryanto et al. (2020) melakukan evaluasi kesesuaian dan ketahanan tanah terhadap

bencana menggunakan metode tumpang susun (overlay) dan pembobotan berbasis SIG. Analisis ini memungkinkan perumusan rekomendasi zonasi tata guna lahan berbasis risiko. Dengan mengintegrasikan DSM ke dalam pendekatan ini, akurasi dan efektivitas evaluasi tata ruang dapat ditingkatkan secara signifikan.

Dalam aspek konservasi, DSM turut berkontribusi pada pengelolaan erosi dan sedimentasi. Penelitian oleh [Khumaira et al. \(2025\)](#) di DAS Garang menggunakan model USLE berbasis ArcGIS untuk memetakan risiko erosi, menunjukkan bahwa konservasi tanah dapat mengurangi sedimentasi hingga 75%. Dengan pemetaan digital tanah yang lebih detail melalui DSM, konservasi dapat ditargetkan secara lebih efisien dan sesuai dengan tingkat kerawanan lahan.

Di wilayah-wilayah rawan bencana, pemanfaatan metode skoring dan overlay dalam pemetaan kerentanan juga banyak diterapkan. [Sandri et al. \(2023\)](#) dan [Handoyo et al. \(2025\)](#) menggunakan pendekatan ini untuk memetakan wilayah rentan terhadap longsor dan banjir, berdasarkan faktor-faktor seperti jenis tanah, kemiringan lereng, dan curah hujan. DSM dapat memperkaya hasil-hasil ini dengan menambahkan model prediksi berbasis variabel lingkungan yang dinamis, sehingga mendukung perencanaan mitigasi risiko yang lebih terukur dan akurat.

Penelitian oleh [Zhao et al. \(2025\)](#) mengemukakan pendekatan berbasis kemiripan lingkungan spasial (neighborhood similarity) dalam DSM, yang menghasilkan prediksi lebih akurat dibanding metode standar seperti kriging dan random forest. Pendekatan ini sangat efektif dalam wilayah kompleks seperti daerah pegunungan, namun juga memiliki potensi besar untuk diterapkan di dataran rendah Indonesia guna memperbaiki ketelitian zonasi dan klasifikasi tanah.

Terakhir, studi oleh [Yanti et al. \(2025\)](#) di Kolok Mudik dan [Arif et al. \(2025\)](#) di DAS Garang menunjukkan pentingnya pemetaan berbasis geospasial dalam menilai kestabilan tanah di daerah rawan longsor dan bekas tambang. DSM dalam konteks ini menyediakan informasi yang lebih komprehensif mengenai kondisi tanah, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan tata guna lahan yang aman, berkelanjutan, dan tahan terhadap bencana alam.

KESIMPULAN

Dari hasil telaah terhadap sepuluh artikel ilmiah nasional dan internasional yang berfokus pada Digital Soil Mapping (DSM), Sistem Informasi Geografis (SIG), serta pengelolaan tanah dalam konteks perencanaan tata guna lahan, dapat disimpulkan bahwa DSM

memiliki peran krusial dalam mendukung perencanaan lahan yang presisi dan berkelanjutan. Melalui integrasi data pengamatan lapangan, penginderaan jauh, dan teknologi analitik seperti machine learning, DSM mampu menghasilkan peta tanah dengan tingkat akurasi tinggi dan efisiensi waktu.

Penerapan DSM tidak terbatas pada pemetaan tanah semata, namun juga sangat bermanfaat untuk konservasi lingkungan, mitigasi bencana, dan penyusunan kebijakan berbasis data spasial. Beberapa pendekatan terbaru seperti algoritma prediktif Random Forest dan Gaussian Process Regression, serta pemanfaatan data spasial lingkungan sekitar (seperti adjacency effect dan neighborhood similarity), terbukti meningkatkan keandalan hasil pemodelan tanah. Hal ini menjadikan DSM sebagai alat penting dalam perencanaan ruang yang adaptif, terutama untuk wilayah tropis dan rentan bencana seperti Indonesia.

Dengan demikian, DSM berkembang dari sekadar alat teknis menjadi instrumen utama dalam pengambilan keputusan tata ruang berbasis bukti ilmiah. Pendekatan ini memungkinkan pemantauan tanah secara berkelanjutan dan dapat disesuaikan dengan dinamika lingkungan yang terus berubah. Oleh karena itu, integrasi DSM dalam kebijakan tata guna lahan perlu ditingkatkan, khususnya di negara-negara berkembang yang menghadapi tantangan ekologis dan tekanan pembangunan yang tinggi.

Jika dibandingkan antar hasil review artikel, terdapat beberapa pola utama yang konsisten namun dengan pendekatan yang berbeda. [Arrouays et al. \(2021\)](#) meninjau peran DSM dalam mendukung lima aspek utama keamanan tanah secara global, seperti kondisi, potensi, dan konektivitas tanah. Kajian ini menekankan pentingnya pemantauan tanah jangka panjang untuk pengambilan kebijakan lingkungan. [Adeniyi et al. \(2024\)](#) membahas pentingnya DSM pada wilayah dataran rendah yang secara visual tampak seragam. Mereka menunjukkan bahwa integrasi data vegetasi dan iklim dapat meningkatkan prediksi sifat tanah di wilayah tersebut dengan metode seperti Random Forest. [Fathololoumi & Biswas \(2024\)](#) mengembangkan strategi DSM berbasis efek lingkungan tetangga (adjacency effect) yang meningkatkan akurasi pemodelan tanah hingga 36%. Inovasi ini memperlihatkan potensi pemetaan yang lebih realistis. [Zhao et al. \(2025\)](#) mengenalkan pendekatan iPSM-neighbor yang memanfaatkan kesamaan lingkungan geografis untuk prediksi sifat tanah. Metode ini terbukti lebih akurat terutama di daerah berbukit, dan dapat diterapkan pula di dataran rendah. [Naryanto et al. \(2020\)](#) mengkaji bencana tanah longsor di Sukajaya dengan pendekatan SIG. Walaupun belum menggunakan DSM, penelitian ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan dengan

teknologi pemetaan digital. Yuda et al. (2022) mengevaluasi daya dukung tanah untuk pembangunan wilayah di Rumpin. Penggunaan overlay dan pembobotan berbasis SIG dapat ditingkatkan presisinya melalui integrasi DSM. Erfani et al. (2023) memetakan risiko tanah longsor di Blora. Hasilnya menunjukkan nilai praktis pemetaan berbasis spasial dalam perencanaan mitigasi bencana, yang bisa diperkuat dengan DSM. Arif et al. (2025) memanfaatkan DSM dan USLE untuk memetakan laju erosi dan sedimentasi di DAS Garang. Konservasi lahan terbukti menurunkan sedimentasi secara signifikan setelah intervensi vegetatif. Yanti et al. (2024) menerapkan SIG untuk memetakan kerentanan tanah di wilayah pascatambang. Hasil penelitian ini sangat penting untuk pengambilan keputusan pemanfaatan lahan yang aman dan adaptif. Handoyo et al. (2025) menganalisis tingkat kerentanan banjir di Cepu dengan metode skoring. Studi ini menggarisbawahi pentingnya pemetaan spasial dalam menyusun strategi pengurangan risiko bencana.

Secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut dapat diklasifikasikan dalam tiga tema besar: (1) pengembangan metodologi DSM yang mencakup integrasi teknologi dan algoritma modern; (2) aplikasi DSM di wilayah tropis yang menghadapi risiko geologis dan ekologis tinggi; serta (3) kontribusi nyata DSM terhadap konservasi, mitigasi bencana, dan perencanaan lahan berbasis data. Hal ini menguatkan bahwa DSM adalah teknologi strategis dalam mendukung tata ruang dan pengelolaan sumber daya tanah yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeniyi, O. D., Bature, H., & Mearker, M. (2024). A Systematic Review on Digital Soil Mapping Approaches in Lowland Areas. *Land*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/land13030379>
- Arif, K., & Andawayanti, U. D. L. (2025). Analisis Laju Erosi dan Sedimentasi Berbasis Arcgis pada DAS. 05(01), 583–595.
- Arrouays, D., Mulder, Leatitia, V., & Richer-de-Forges, A. C. (2021). Soil mapping, digital soil mapping and soil monitoring over large areas and the dimensions of soil security – A review. *Soil Security*, 5(October), 100018. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2021.100018>
- Erfani, S., Naimullah, M., & Winardi, D. (2023). GIS Scoring and Overlay Methods for Mapping Landslide Vulnerability in Lebak Regency, Banten. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 20(1), 61. <https://doi.org/10.20527/flux.v20i1.15057>
- Fatholouloumi, S., & Biswas, A. (2024). A new digital soil mapping approach based on the

- adjacency effect. *Science of the Total Environment*, 957(July).
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177798>
- Handoyo, J., Yudhana, A., & Sunardi. (2025). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora dengan Pendekatan Metode Skoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. *22(1)*, 63–77. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v22i1.25180>
- Naryanto, H. S., Prawiradisastra, F., Ardiyanto, R., & Ardiyanto, R. (2020). Analisis Pasca Bencana Tanah Longsor 1 Januari 2020 Dan Evaluasi Penataan Kawasan Di. *Jurnal Geografi Gea*, 20(2), 197–213.
- Yanti, S. R., Putri, F. A. R., Burhamidar, Hidayat, A., Nauli, F., Algifari, A., & Pratama, H. (2024). Analysis of Ground Movement Using Geographic Information System Method in the Area of Sikalang Village, Talawi District, Sawahlunto City. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, Part F3395(1)*, 309–323. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5746-6_24
- Yuda, H. F., Dwi Nuryana, S., Triany, N., Sugiarto, E., & Amri, M. A. (2022). Evaluasi Penggunaan Lahan Daerah Rumpin Dan Sekitarnya, Kab. Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Geografi*, 11(1), 65–77. <https://doi.org/10.24036/geografi/vol11-iss1/2697>
- Zhao, F. H., An, Y. M., Qin, C. Z., Zhu, A. X., Yang, L., & Qi, F. (2025). Digital soil mapping based on the similarity of geographic environment over spatial neighborhoods. *International Journal of Digital Earth*, 18(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2471507>