

BAB I

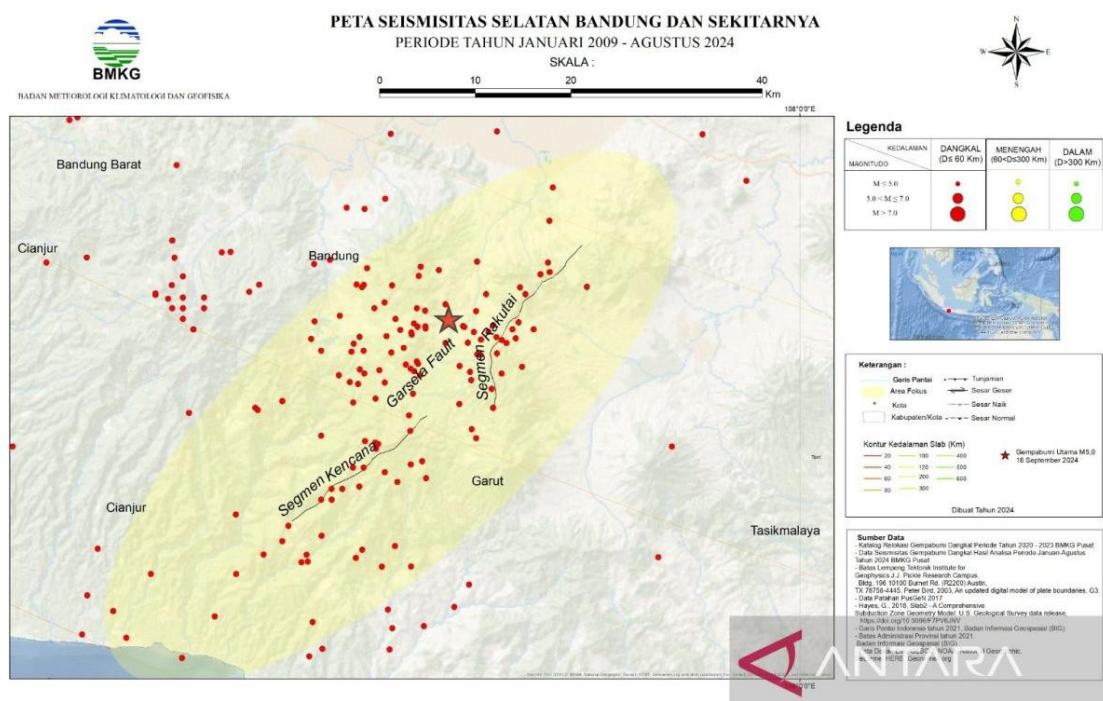
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Deformasi permukaan (*ground deformation*) telah dilaporkan secara luas di berbagai wilayah dunia dan menjadi ancaman serius terhadap keselamatan publik dan lingkungan. Fenomena ini menyebabkan berbagai dampak merugikan, seperti kerusakan infrastruktur penting termasuk gedung, jembatan, bandara, dan jalur rel kereta, yang berisiko mengganggu aktivitas sosial-ekonomi masyarakat (Chen et al., 2021; Fan et al., 2023). Di kawasan pesisir, deformasi permukaan bahkan dapat memperbesar risiko banjir, yang kerap menimbulkan kerugian signifikan terutama di kota-kota padat penduduk. Dampak lain yang tak kalah penting adalah terganggunya sektor pertanian dan ekosistem alami, yang menjadikan deformasi permukaan sebagai salah satu ancaman ekologis, geologis, dan lingkungan paling serius dalam konteks keberlanjutan (Bai et al., 2023).

Di Indonesia, fenomena deformasi permukaan tanah menjadi isu penting terutama di jalur sesar aktif seperti dalam penelitian berjudul “*Lembang Fault Deformation Study Using Sentinel-1A Image with Ps-Insar Method*” oleh Nurtyawan & Sigho (2024) yang memantau deformasi di sepanjang Sesar Lembang menggunakan DInSAR dan PS-InSAR. Hasilnya menunjukkan adanya pergerakan horizontal dan vertikal yang signifikan dan mengindikasikan potensi risiko bencana akibat deformasi tektonik aktif. Kemudian Setyonegoro et al., (2024) juga melakukan penelitian serupa berjudul “*Exploring tsunami generation and propagation: A case study of the 2018 Palu earthquake and tsunami*” yang menunjukkan deformasi kompleks (vertikal dan horizontal) sepanjang patahan Palu-Koro. Dan masih banyak penelitian sejenis lainnya yang berfokus pada pemantauan deformasi di wilayah sesar aktif Indonesia.

Fenomena deformasi permukaan akibat aktivitas tektonik juga menjadi perhatian di wilayah Jawa Barat, khususnya pada salahsatu jalur sesar aktif yaitu Sesar Garsela (Garut Selatan). Sesar ini terdiri dari dua segmen utama, yaitu Segmen Kencana di barat daya sepanjang 17 km dan Segmen Rakutai di timur laut sepanjang 19 km (Nugraha et al., 2023). Sesar ini tergolong sebagai sesar aktif yang dapat memicu terjadinya gempa bumi, terutama jika terjadi pelepasan energi yang besar. Gempa tersebut kemudian berpotensi terjadinya fenomena deformasi permukaan tanah yang dapat mengancam permukiman padat dan infrastruktur penting di sekitarnya (Carboni et al., 2022).



Gambar 1. 1 Peta Seismisitas Selatan Bandung dan Sekitarnya

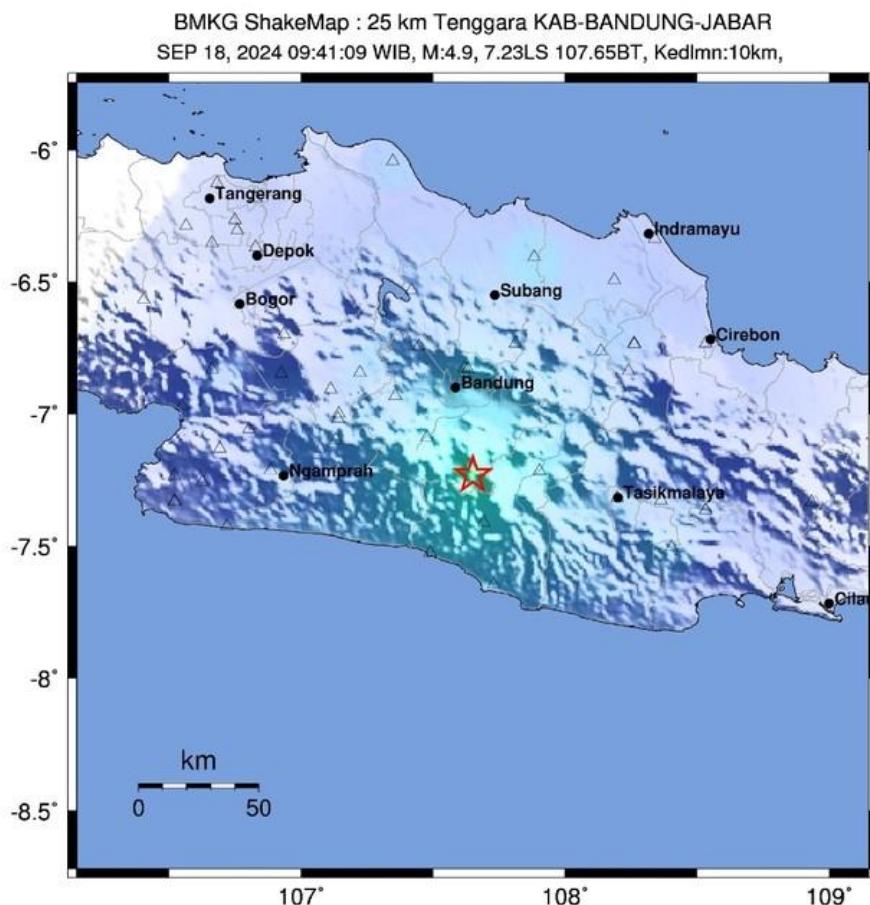
Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2009)

Keberadaan Sesar Garsela menjadi perhatian karena dikelilingi oleh gunung api aktif seperti Gunung Papandayan dan Gunung Guntur, serta dikenal sebagai sumber gempa bumi lokal yang cukup aktif. Aktivitasnya telah tercatat menyebabkan ratusan gempa bumi dengan magnitudo kecil sepanjang tahun, yang mengindikasikan bahwa sesar ini memiliki potensi bahaya laten terhadap wilayah sekitarnya.

Hanipah Nurdini, 2025

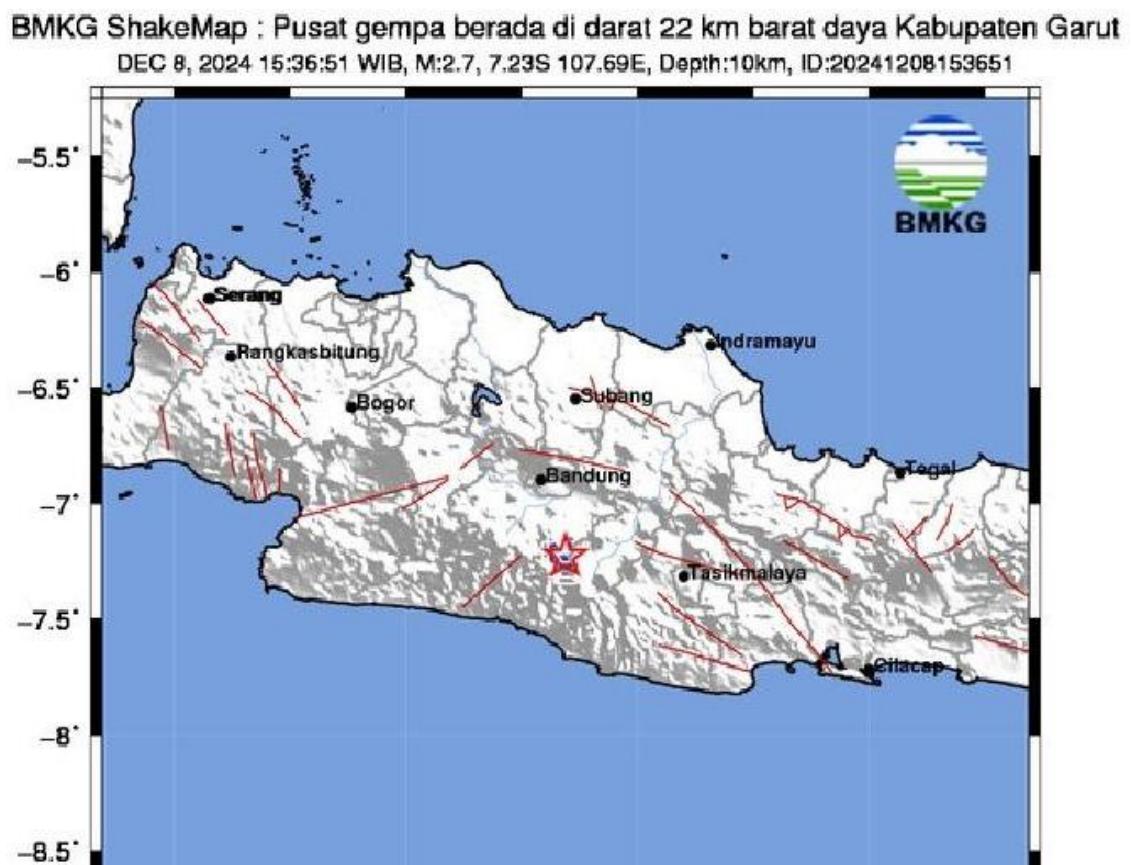
ANALISIS DEFORMASI PERMUKAAN PADA BULAN JULI-DESEMBER 2024 DI WILAYAH SEKITAR SEGMIN RAKUTAI MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN MULTI-LAYER PERCEPTRON

Sejumlah kejadian gempa bumi signifikan telah tercatat berasal dari aktivitas Sesar Garsela. Salah satu kejadian paling merusak terjadi pada 18 Juli 2017, ketika gempa dengan magnitudo 3,7 mengguncang wilayah Kamojang, Garut, dan menyebabkan kerusakan infrastruktur lokal. Sesar ini kembali menjadi sorotan setelah serangkaian aktivitas seismik terdeteksi sepanjang tahun 2023 dan 2024. Puncaknya terjadi pada 18 September 2024, saat gempa dengan magnitudo 4,9 mengguncang wilayah Kabupaten Bandung dan Garut. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menyatakan bahwa gempa tersebut merupakan gempa dangkal dengan kedalaman 10 km, berpusat di darat sekitar 25 km tenggara Kabupaten Bandung. Gempa ini diidentifikasi sebagai akibat dari aktivitas Sesar Garsela, khususnya dengan mekanisme pergerakan geser turun (oblique normal) (CNN Indonesia, 2024).



Gambar 1. 2 Gempa bumi di Kabupaten Bandung dengan Magnitudo (M) 4,9

Gempa bumi lain yang signifikan terjadi pada Sabtu, 7 Desember 2024 pukul 07.12 WIB dengan magnitudo 4,2 yang mengguncang tujuh kecamatan di Kabupaten Garut. Gempa ini berpusat di $7,24^{\circ}$ Lintang Selatan dan $107,22^{\circ}$ Bujur Timur, tepatnya 19 kilometer arah barat daya Garut, dengan kedalaman 5 kilometer yang termasuk kategori gempa dangkal (0–60 km). Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Barat yang dilansir oleh Tempo bahwa hingga Senin, 9 Desember 2024, gempa ini menyebabkan kerusakan rumah di 26 desa yang tersebar di tujuh kecamatan, yakni Pasirwangi, Cisurupan, Bayongbong, Samarang, Sukaresmi, Cikajang, dan Tarogong Kaler (Costa, 2024; Zulmunir, 2024).



Gambar 1. 3 Peta Pusat Gempa Kabupaten Garut

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2024)

Dalam wawancaranya dengan Kompas, Kepala Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah II Tangerang Selatan, Hartanto menyebutkan bahwa gempa tersebut diklasifikasikan sebagai gempa bumi dangkal yang disebabkan oleh aktivitas sesar aktif berdasarkan lokasi episenter dan kedalaman hiposenternya. Lebih lanjut, Koordinator Bidang Data dan Informasi Stasiun Geofisika Kelas I Bandung, Virga Librian menjelaskan kepada Kompas bahwa gempa tersebut diperkirakan dipicu oleh pergerakan sesar Garsela segmen Rakutai, mengingat lokasinya yang berdekatan dengan pusat gempa. Segmen Rakutai sendiri diketahui memiliki panjang sekitar 19 kilometer dan dinilai memiliki potensi tinggi untuk menimbulkan deformasi permukaan tanah yang membahayakan permukiman padat di utara Kabupaten Garut.

Sebelum gempa bumi pada 7 Desember 2024 terjadi, wilayah Kabupaten Bandung telah lebih dahulu diguncang gempa pada 18 September 2024 dengan magnitudo M5,0. Gempa ini menghasilkan intensitas maksimum IV–VI pada skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI) menimbulkan kerusakan parah di beberapa desa di Kecamatan Kertasari. Berdasarkan hasil analisis geoteknik, rumah-rumah yang rusak berat umumnya berada di atas tanah dengan frekuensi dominan 1,5 Hz, kecepatan gelombang maksimum 271 m/detik pada kedalaman 30 meter, amplitudo maksimum 9 kali penguatan, dan ketebalan tanah lunak mencapai 52 meter dengan klasifikasi tanah sedang (D). Karakteristik tanah di wilayah tersebut memicu penguatan gelombang gempa yang membuat guncangan terasa lebih kuat di permukaan (BADAN GEOLOGI, 2024).

Deformasi permukaan tanah pada kawasan padat permukiman yang berada di sekitar Segmen Rakutai menjadi perhatian serius mengingat potensi risiko bencana yang ditimbulkan. Pada tahun 2023, empat kecamatan yang dilalui segmen Rakutai mencatat jumlah penduduk yang cukup tinggi, yaitu Kecamatan Kertasari dengan 72.183 jiwa dan Kecamatan Ibun dengan 89.712 jiwa di Kabupaten Bandung, serta Kecamatan Pasirwangi dengan 66.779 jiwa dan Kecamatan Sukaresmi dengan 41.290 jiwa di Kabupaten Garut (BPS Kabupaten Bandung, 2024b; BPS Kabupaten Garut, 2024a). Padatnya penduduk di area segmen Rakutai ini menambah risiko bencana menjadi semakin tinggi karena deformasi tanah yang tidak terdeteksi Hanipah Nurdini, 2025

ANALISIS DEFORMASI PERMUKAAN PADA BULAN JULI-DESEMBER 2024 DI WILAYAH SEKITAR SEGMENT RAKUTAI MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN MULTI-LAYER PERCEPTRON

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

secara dini dapat menyebabkan kerusakan pada permukiman, jalan, dan fasilitas publik, serta meningkatkan potensi korban jiwa.

Deformasi permukaan sering kali terjadi secara bertahap dan tersembunyi sehingga sulit dideteksi tanpa alat pemantauan yang canggih (Crosetto et al., 2016). Metode pemantauan konvensional seperti GPS dan survei lapangan memiliki keterbatasan seperti biaya yang tinggi, memerlukan waktu yang lama, dan cakupan area yang terbatas (Casagli et al., 2010). Oleh karena itu diperlukan teknologi penginderaan jauh yang efisien, akurat, dan mampu menjangkau wilayah luas untuk memantau deformasi terutama di area rawan seperti Segmen Rakutai guna mitigasi risiko dan perencanaan wilayah yang lebih baik (Ferretti et al., 2007).

Interferometri Synthetic Aperture Radar (InSAR) adalah teknik penginderaan jauh yang memanfaatkan perbedaan fase antara citra radar untuk mendeteksi perubahan permukaan bumi secara detail (Massonnet & Feigl, 1988a). Pengembangan dari metode ini adalah *Differential InSAR* (DInSAR) yang dapat memantau deformasi permukaan dengan ketelitian hingga skala milimeter, menjadikannya sangat andal untuk memantau pergerakan tanah yang lambat maupun tiba-tiba (Hanssen, 2001). Keunggulan utama DInSAR mencakup cakupan area yang luas, efisiensi tinggi, dan kemampuan mendeteksi deformasi vertikal secara akurat (Bamler & Hartl, 1988). Dengan keunggulan tersebut metode DInSAR cocok diterapkan dalam pemantauan deformasi di wilayah yang rawan aktivitas tektonik di wilayah sekitar Segmen Rakutai yaitu Kecamatan Pacet, Kecamatan Kertasari dan Kecamatan Ibun yang berada di Kabupaten Bandung serta Kecamatan Pasirwangi dan Kecamatan Sukaresmi yang berada di Kabupaten Garut.

Beberapa penelitian terdahulu telah berhasil menerapkan DInSAR untuk memantau deformasi akibat aktivitas sesar aktif. (Aji et al., 2018) dalam studinya berjudul “Studi Sesar Lembang Menggunakan Citra Sentinel-1a Untuk Pemantauan Potensi Bencana Gempa Bumi” menunjukkan keberhasilan DInSAR dalam memperoleh nilai deformasi sebagai dasar perhitungan potensi gempa bumi akibat aktivitas sesar Lembang. Sementara itu, studi internasional oleh Guzzetti et al., (2009) yang berjudul “*Analysis of Ground Deformation Detected Using the SBAS*–

Hanipah Nurdini, 2025

ANALISIS DEFORMASI PERMUKAAN PADA BULAN JULI-DESEMBER 2024 DI WILAYAH SEKITAR SEGMENT RAKUTAI MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN MULTI-LAYER PERCEPTRON

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DInSAR Technique in Umbria, Central Italy” telah berhasil menunjukkan efektivitas metode DInSAR, khususnya pendekatan *Small Baseline Subset* (SBAS), dalam memantau deformasi tanah akibat berbagai proses geologi maupun antropogenik. Studi tersebut mampu mendeteksi deformasi pascagempa hingga 3,9 cm dan mengaitkannya dengan aktivitas tektonik serta dampaknya terhadap keselamatan masyarakat. Temuan ini menegaskan bahwa DInSAR sangat tepat digunakan untuk menilai risiko deformasi di wilayah rawan gempa, termasuk dalam mengidentifikasi potensi pergerakan tanah yang tidak kasat mata namun berbahaya sebagaimana diperlukan di kawasan aktif seperti di area sesar Garsela khususnya segmen Rakutai.

Seiring meningkatnya kebutuhan untuk menganalisis deformasi tanah secara lebih detail, pemanfaatan *machine learning* mulai menjadi pendekatan alternatif yang dinilai efektif untuk menganalisis deformasi permukaan terhadap data spasial yang kompleks. *Machine learning* sendiri berfokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan mesin untuk belajar dari data, mengenali pola, serta membuat prediksi atau keputusan tanpa perlu diprogram secara eksplisit. Teknologi ini membuka peluang baru dalam penanganan dan analisis dataset spasial berskala besar, meningkatkan efisiensi serta ketelitian dalam berbagai tugas analisis spasial, dan mendorong pengembangan alat serta kerangka kerja baru untuk mengintegrasikan SIG (Sistem Informasi Geografi) dengan disiplin ilmu lainnya. Kemampuan tersebut menjadikan *machine learning* sangat relevan dalam mendukung analisis deformasi permukaan tanah yang memerlukan pengolahan data spasial dan temporal yang kompleks dan beragam (Choi, 2023).

Salah satu algoritma *machine learning* yang banyak dimanfaatkan dalam analisis deformasi permukaan adalah *random forest*. Metode ini termasuk dalam pendekatan *supervised learning* dan efektif digunakan untuk tugas klasifikasi maupun regresi, dengan keunggulan dalam menghadapi data berskala besar dan kompleksitas tinggi .(Breiman, 2001; Naghibi et al., 2017; Youssef et al., 2016) RF bekerja dengan membentuk sejumlah pohon keputusan (*decision trees*) yang kemudian digabungkan untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil.

Dalam konteks analisis spasial, algoritma ini mampu memetakan hubungan spasial antara berbagai variabel input, seperti data deformasi DInSAR, karakteristik geologi, dan data lingkungan, untuk menghasilkan estimasi deformasi yang lebih representatif (Kim et al., 2017). Proses *ensemble* dari banyak pohon keputusan ini memungkinkan RF untuk mengurangi *overfitting* serta meningkatkan generalisasi, sehingga menjadi metode yang handal untuk mengevaluasi risiko deformasi di wilayah yang kompleks secara geospasial.

Seiring meningkatnya kebutuhan untuk menganalisis deformasi tanah secara lebih detail, pemanfaatan *machine learning* mulai menjadi pendekatan alternatif yang dinilai efektif untuk menganalisis deformasi permukaan terhadap data spasial yang kompleks. *Machine learning* sendiri berfokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan mesin untuk belajar dari data, mengenali pola, serta membuat prediksi atau keputusan tanpa perlu diprogram secara eksplisit. Teknologi ini membuka peluang baru dalam penanganan dan analisis dataset spasial berskala besar, meningkatkan efisiensi serta ketelitian dalam berbagai tugas analisis spasial, dan mendorong pengembangan alat serta kerangka kerja baru untuk mengintegrasikan SIG (Sistem Informasi Geografis) dengan disiplin ilmu lainnya (Choi, 2023). Kemampuan tersebut menjadikan *machine learning* sangat relevan dalam mendukung analisis deformasi permukaan tanah yang memerlukan pengolahan data spasial dan temporal yang kompleks dan beragam.

Sementara itu, algoritma *Multi-Layer Perceptron* (MLP) *Neural Network* merupakan salah satu metode *artificial neural network* (ANN) yang telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai studi klasifikasi, termasuk dalam analisis spasial geologi. MLP memiliki beberapa keunggulan, seperti tidak memerlukan asumsi awal mengenai distribusi data pelatihan, serta tidak membutuhkan keputusan eksplisit mengenai tingkat kepentingan relatif dari tiap variabel input. Sebaliknya, bobot antar variabel akan secara otomatis disesuaikan selama proses pelatihan model (Gardner & Dorling, 1998). Secara umum, MLP tersusun atas tiga komponen utama, yaitu lapisan input yang merepresentasikan faktor-faktor pemicu deformasi,

lapisan tersembunyi (*hidden layer*) yang berfungsi sebagai pengolah dan pengklasifikasi data, serta lapisan output yang menghasilkan prediksi berupa kelas, misalnya area terdampak deformasi atau tidak (Pham et al., 2017). Dengan struktur ini, MLP mampu mengolah data spasial dan temporal yang kompleks dan menghasilkan prediksi berbasis pola data secara efisien.

Sejumlah penelitian terdahulu telah berhasil menerapkan algoritma *machine learning* dalam mendeteksi deformasi permukaan dan menunjukkan hasil yang baik. Misalnya Confuorto et al., (2022) dalam studinya memanfaatkan data MTInSAR Sentinel-1 untuk memantau deformasi permukaan secara kontinu di Tuscany, Italia Tengah, dengan fokus pada deteksi anomali pergerakan seperti percepatan atau perlambatan. Algoritma *random forest* digunakan untuk menilai probabilitas anomali yang disebabkan oleh ketidakstabilan lereng dan penurunan muka tanah (*subsidence*). Selain itu, studi oleh Hosseini et al., (2025) menerapkan model *multi-layer perceptron* untuk memodelkan dan memprediksi tingkat penurunan muka tanah (*subsidence*) di Cekungan Dehgolan, Provinsi Kurdistan, Iran. Hasil regresi menunjukkan bahwa model MLP memiliki akurasi tinggi dalam memprediksi *subsidence*, bahkan mampu memperkirakan nilai yang hilang.

Hasil dari kedua studi ini menegaskan bahwa pemanfaatan algoritma *machine learning* seperti *random forest* dan MLP dalam mendeteksi dan memprediksi deformasi permukaan memberikan hasil yang baik. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini akan mengadaptasi pendekatan serupa untuk mendeteksi dan memetakan deformasi permukaan di wilayah sebagian Kabupaten Bandung dan Kabupaten Garut.

Penelitian ini akan menghasilkan peta sebaran deformasi permukaan dari bulan Juli hingga Desember 2024 dan peta hasil pemodelan deformasi permukaan menggunakan algoritma *Random Forest* dan *Multi-Layer Perceptron*. Selain itu, penelitian ini juga akan menyajikan output berupa visualisasi diagram luasan area hasil prediksi dari model *machine learning* berdasarkan peta deformasi yang sebelumnya telah dihasilkan. Temuan ini akan menjadi alat penting bagi pemerintah kecamatan, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), serta Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) dalam mengidentifikasi wilayah-Hanipah Nurdini, 2025

ANALISIS DEFORMASI PERMUKAAN PADA BULAN JULI-DESEMBER 2024 DI WILAYAH SEKITAR SEGMENT RAKUTAI MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN MULTI-LAYER PERCEPTRON

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

wilayah paling rentan terhadap deformasi permukaan sehingga langkah mitigasi dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran.

Selain mendukung upaya mitigasi bencana, model prediksi deformasi dari penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pengembangan metode dan penerapan model serupa di wilayah rawan deformasi lainnya. Mengingat masih terbatasnya studi deformasi permukaan berbasis *machine learning* ini. Maka dari itu, peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Analisis Deformasi Permukaan Pada Bulan Juli–Desember 2024 Di Wilayah Sekitar Segmen Rakutai Menggunakan Algoritma *Random Forest* Dan *Multi-Layer Perceptron*”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana deformasi permukaan di wilayah sekitar segmen rakutai selama bulan Juli – Desember tahun 2024 menggunakan metode DInSAR?
2. Bagaimana deformasi permukaan di wilayah sekitar segmen Rakutai dengan input citra deformasi bulan Juli – Desember tahun 2024 hasil pemodelan *random forest* dan *multi-layer perceptron*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut

1. Untuk menganalisis deformasi permukaan di wilayah sekitar segmen rakutai selama bulan Juli – Desember tahun 2024 menggunakan metode DInSAR.
2. Untuk menganalisis deformasi permukaan di wilayah sekitar Rakutai dengan input citra deformasi bulan Juli – Desember tahun 2024 hasil pemodelan *random forest* dan *multi-layer perceptron*.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dirumuskan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya literatur dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang geografi, geologi, dan ilmu kebumian, khususnya yang berkaitan dengan analisis deformasi permukaan berdasarkan *Line of Sight* (LOS) dan pemodelan *machine learning* menggunakan algoritma *Random Forest* dan *Multi-Layer Perceptron* (MLP).

Model integratif yang digunakan dalam penelitian ini dapat menjadi pijakan awal bagi studi-studi lanjutan yang ingin menggabungkan pendekatan geospasial, geologi, geoteknik, dan kecerdasan buatan dalam satu kerangka analisis terpadu. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengembangan metodologi analisis deformasi yang lebih adaptif dan aplikatif untuk wilayah-wilayah rawan gempa dan sesar aktif lainnya.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat di sekitar Segmen Rakutai – Sesar Garsela terhadap risiko deformasi permukaan tanah yang terjadi. Informasi dari hasil analisis deformasi yang disajikan dalam bentuk peta dan klasifikasi tingkat deformasi diharapkan dapat menjadi sumber informasi penting dalam menyusun strategi mitigasi risiko dan rencana evakuasi yang lebih efektif dan berbasis data.

Selain itu, penerapan algoritma *machine learning* dalam proses deteksi deformasi memberikan efisiensi dalam waktu, tenaga, dan sumber daya, sekaligus meningkatkan akurasi deteksi terhadap area terdampak. Hal ini sangat bermanfaat bagi instansi atau lembaga penyedia informasi kebencanaan dalam menyajikan data yang cepat, akurat, dan dapat diperbarui secara berkala sesuai kondisi terbaru di lapangan.

3. Manfaat Kebijakan

Penelitian ini juga memiliki potensi kontribusi pada tataran kebijakan, khususnya bagi lembaga seperti BPBD, BAPPEDA, Dinas Pekerjaan Umum, serta pemerintah daerah. Hasil analisis deformasi dan pemetaan wilayah terdampak dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan yang berkelanjutan dan berbasis risiko.

Informasi tersebut dapat digunakan dalam:

- Penentuan zona aman untuk pembangunan permukiman,
- Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang adaptif terhadap potensi bencana geologi,
- Pengembangan sistem peringatan dini (*early warning system*), serta
- Strategi mitigasi jangka panjang yang tidak hanya fokus pada dampak langsung pasca-gempa, tetapi juga pada perubahan deformasi permukaan secara gradual yang berisiko terhadap keselamatan, keberlangsungan ekonomi, dan kenyamanan masyarakat di masa depan.

1.5. Definisi Operasional

Definisi operasional disusun dengan tujuan untuk memberikan penafsiran yang jelas, spesifik, dan seragam terhadap istilah-istilah yang digunakan dalam proposal penelitian ini. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi perbedaan persepsi maupun kesalahan dalam memahami maksud dari istilah dan variabel-variabel tertentu. Adapun definisi operasional yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Proses pengolahan Deformasi Permukaan di wilayah sekitar segmen rakutai selama bulan Juli – Desember tahun 2024 menggunakan metode DInSAR

Nilai deformasi permukaan berdasarkan *Line of Sight* (LOS) adalah nilai perubahan posisi permukaan tanah yang dihitung dari perbedaan fase citra Sentinel-1 dalam arah garis pandang sensor radar (LOS). Pengolahan nilai deformasi ini dilakukan dengan metode *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (DInSAR), yang menghasilkan displacement map atau peta deformasi untuk setiap rentang waktu. Dalam penelitian ini, citra Sentinel-1 digunakan sebanyak enam pasang akuisisi, yaitu: 3 Juli–8 Agustus 2024, 8 Agustus–1 September 2024, 1 September–7 Oktober 2024, 7 Oktober–11 November 2024, 11 November–6 Desember 2024, dan 6 Desember 2024–11 Januari 2025. Setiap citra hasil pemrosesan mewakili nilai deformasi LOS dalam satuan meter pada lokasi pengamatan.

Keenam citra deformasi yang dihasilkan dari masing-masing pasangan citra tersebut kemudian dijadikan sebagai input numerik dalam proses pemodelan deformasi permukaan. Dengan demikian, nilai deformasi permukaan berdasarkan LOS dalam konteks penelitian ini bukan hanya menjadi hasil akhir dari pengolahan DInSAR, melainkan juga digunakan sebagai data masukan dalam proses pembelajaran algoritma *machine learning* untuk memodelkan sebaran spasial deformasi lebih lanjut. Nilai deformasi negatif menunjukkan penurunan (*subsidence*) permukaan tanah relatif terhadap sensor, sedangkan nilai positif menunjukkan pengangkatan (*uplift*).

2) Pemodelan Deformasi Permukaan Menggunakan Algoritma *Random Forest* dan *Multi-Layer Perceptron*

Pemodelan deformasi permukaan menggunakan algoritma *Random Forest* (RF) dan *Multi-Layer Perceptron* (MLP) dilakukan dengan memanfaatkan nilai-nilai deformasi dari enam citra hasil pengolahan DInSAR sebagai input fitur. Setiap piksel citra mewakili vektor fitur berisi enam nilai deformasi dari enam periode berbeda, yang kemudian digunakan untuk melatih model RF dan MLP guna mengidentifikasi pola deformasi permukaan di wilayah studi. Algoritma RF bekerja berdasarkan prinsip *ensemble decision tree*, sedangkan MLP merupakan jaringan saraf tiruan dengan beberapa lapisan tersembunyi yang mampu mengenali pola non-linier secara lebih kompleks.

Hasil dari proses pemodelan ini berupa peta deformasi prediksi dari masing-masing algoritma yang menunjukkan kategori atau nilai deformasi permukaan pada lokasi studi. Dalam konteks penelitian ini, tujuan dari pemodelan adalah untuk mengklasifikasikan dan mengestimasi area-area yang mengalami deformasi dengan membandingkan sebaran kelas deformasi hasil prediksi dari kedua algoritma. Pemodelan ini diharapkan memberikan pendekatan alternatif yang lebih adaptif terhadap keragaman spasial deformasi dibandingkan metode konvensional berbasis ambang (*threshold*).

1.6. Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi ini disusun dalam lima bab utama yang saling terhubung secara sistematis untuk menggambarkan alur dan isi penelitian dari awal hingga akhir.

BAB I berisi pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional, serta tinjauan penelitian terdahulu. Bab ini menjadi dasar dalam memahami konteks dan urgensi penelitian yang dilakukan. Bab ini juga merujuk pada penelitian terdahulu yang relevan sebagai landasan teoritis dan konseptual.

BAB II menyajikan tinjauan pustaka yang mencakup teori-teori terkait deformasi permukaan, metode pengolahan citra radar menggunakan DInSAR, dan prinsip algoritma *machine learning* (*Random Forest* dan *Multi-Layer Perceptron*).

BAB III menjelaskan metodologi penelitian yang meliputi desain penelitian, lokasi dan waktu, jenis data yang digunakan, tahapan teknis dalam pemrosesan citra Sentinel-1, dan klasifikasi deformasi menggunakan *machine learning*.

BAB IV berisi uraian mengenai hasil penelitian, dimulai dari gambaran umum lokasi penelitian (kondisi geografis, fisik, dan sosial), kemudian dilanjutkan dengan penyajian hasil utama yakni sebaran nilai deformasi berdasarkan citra DInSAR, dan hasil model deformasi permukaan dari algoritma model *Random Forest* dan MLP. Sub-bab terakhir dari BAB IV merupakan pembahasan menyeluruh terhadap hasil temuan tersebut yang meliputi interpretasi spasial deformasi permukaan, dan evaluasi hasil prediksi dari model *Random Forest* dan *Multi-Layer Perceptron*.

BAB V memuat simpulan dari seluruh hasil dan pembahasan yang telah disampaikan sebelumnya. Selain itu, bab ini juga menguraikan implikasi dari hasil penelitian terhadap upaya mitigasi risiko dan perencanaan wilayah, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian lanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA memuat seluruh referensi ilmiah yang digunakan dalam penyusunan skripsi, baik dari buku, artikel jurnal, laporan institusi, maupun sumber digital yang relevan.

LAMPIRAN berisi dokumen pendukung seperti instrument penelitian, *script code* pemrograman dan dokumen lainnya yang mendukung transparansi serta keabsahan hasil penelitian.

1.7. Penelitian Terdahulu

Dalam upaya menyusun proposal penelitian, kajian literatur mengenai topik yang serupa menjadi tahap krusial. Penelitian terdahulu berfungsi sebagai landasan perbandingan untuk menganalisis persamaan dan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya serta menghindari adanya persamaan terhadap penelitian terdahulu yang memiliki topik/tema serupa. Namun, analisis perbandingan ini juga sangat membantu dalam menganalisis keunikan penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu yang digunakan dalam studi ini meliputi jurnal, prosiding, dan skripsi dengan rentang waktu 2006 - 2024.

Penelitian deformasi permukaan telah banyak dilakukan di Indonesia maupun di mancanegara baik dengan menggunakan metode InSAR, DinSAR, maupun PS-InSAR. Namun penelitian deformasi permukaan menggunakan teknik DinSAR yang diintegrasikan dengan *machine learning* algoritma *random forest* (RF) dan *multi-layer perceptron* (MLP) area sekitar segmen Rakutai – sesar Garsela, yang belum pernah dilakukan baik di Indonesia maupun di mancanegara sehingga hal inilah yang menjadi pembeda utama dalam penelitian ini dengan penelitian lainnya.

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Rumusan Masalah	Tujuan	Tinjauan	Metode	Hasil	Persamaan/ Perbedaan
1	Erwin Bakker, Saskia Pattilouw, Dennis Tanikwele, David Tuhumury, Chantyara Ayal, Virginia Ulorlo	Korelasi Data Citra Satelit Radar dan Geologi Untuk Analisis Deformasi Permukaan, Studi Kasus Gempa Ambon September 2019	<ul style="list-style-type: none"> Berapa nilai deformasi permukaan pada studi kasus gempa Ambon September 2019? 	<ul style="list-style-type: none"> Untuk menganalisis nilai deformasi permukaan pada studi kasus gempa Ambon September 2019 	Citra radar adalah citra penginderaan jauh yang akurat dan ekonomis. Metode DInSAR dapat mendeteksi deformasi permukaan dengan akurasi hingga milimeter serta memantau perubahan secara temporal	<i>Diferensial Interferometry Synthetic Aperture Radar</i> (DInSAR) adalah teknik pemrosesan citra satelit radar untuk mendeteksi deformasi permukaan. Metode ini membandingkan pasangan citra SAR yang diambil pada waktu dan posisi berbeda	<ul style="list-style-type: none"> Daerah Liang dan Tulehu mengalami penurunan tanah sebesar -8 cm hingga -14 cm, sementara Pulau Haruku mengalami kenaikan +4 cm hingga +10 cm. Perubahan ini dipengaruhi oleh kedekatannya dengan pusat gempa dan jalur sesar aktif timur laut-barat daya, yang menyebabkan frekuensi gempa tinggi di wilayah tersebut 	Persamaan: <ul style="list-style-type: none"> Citra yang digunakan yakni citra Sentinel-1A Penggunaan metode DinSAR untuk mengetahui besaran deformasi Perbedaan: <ul style="list-style-type: none"> Penulis menambahkan analisis tambahan dengan beberapa algoritma machine learning
2	Muhammad Fikri Azhari, Karyanto, Syamsurijal Rasimeng, Bagus Sapto Mulyanto	Analisis Deformasi Permukaan Menggunakan Metode Dinsar (<i>Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Berapa besaran deformasi yang terjadi pasca gempa Lombok 5 Agustus 2018? 	<ul style="list-style-type: none"> Untuk menganalisis besaran deformasi yang terjadi pasca gempa Lombok 5 Agustus 2018 	Deformasi adalah perubahan bentuk, ukuran, posisi, atau orientasi suatu objek akibat gaya eksternal, seperti gravitasi dan tekanan hidrostatik.	Dua pasang citra SAR Sentinel-1A dan 1B untuk menganalisis deformasi pasca gempa Lombok pada 5 dan 19 Agustus 2018. Selain itu, digunakan DEM-SRTM 30 m dengan	<ul style="list-style-type: none"> Gempa Lombok pada 5/8/2018 menyebabkan uplift 15-30 cm di pesisir Lombok Utara, subsidence -6 hingga -16 cm di Kota Mataram 	Persamaan: <ul style="list-style-type: none"> Citra yang digunakan yakni citra Sentinel-1A Penggunaan metode DinSAR untuk mengetahui besaran deformasi Perbedaan:

Hanipah Nurdini, 2025

ANALISIS DEFORMASI PERMUKAAN PADA BULAN JULI-DESEMBER 2024 DI WILAYAH SEKITAR SEGMENT RAKUTAI MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN MULTI-LAYER PERCEPTRON

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

		Pada Studi Kasus Gempa Bumi Lombok Periode Agustus 2018			DInSAR adalah teknologi penginderaan jauh berbasis satelit radar yang mampu mendekripsi deformasi permukaan dengan akurasi hingga tingkat sentimeter	sistem koordinat geografis, yang kemudian ditransformasi ke sistem koordinat radar untuk pemrosesan DInSAR	dan Lombok Barat. Pada 19/8/2018, uplift 18-31 cm di pesisir Lombok Timur, Lombok Tengah mengalami subsidence -3 hingga -17 cm.	• Penulis menambahkan analisis tambahan dengan beberapa algoritma <i>machine learning</i>
3	Ana Rizka Sari, Hepi Hapsari H, Agustan	Penerapan Metode Dinsar Untuk Analisa Deformasi Akibat Gempa Bumi Dengan Validasi Data Gps Sugar (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat)	<ul style="list-style-type: none"> • Berapa besar deformasi terhadap <i>line of sight(LOS)</i> dari pengolahan DInSAR? • Berapa besaran validasi pergeseran data SAR menggunakan data GPS dalam <i>SuGAr Network</i>? 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menganalisis besar deformasi terhadap <i>line of sight(LOS)</i> dari pengolahan DInSAR • Untuk menganalisis besaran validasi pergeseran data SAR menggunakan data GPS dalam <i>SuGAr Network</i> 	Deformasi akibat gempa bumi dapat terjadi secara vertikal dan horizontal. Proses ini dipelajari melalui observasi langsung menggunakan GPS dan metode tidak langsung dengan citra satelit resolusi tinggi.	Menggunakan metode <i>two-pass differential interferometry synthetic aperture radar</i> (DInSAR) dengan dengan menggunakan sepasang ALOS PALSAR pada tanggal 29 September 2010 dan 14 November 2010 di daerah rawan gempa	<ul style="list-style-type: none"> • Besar deformasi terhadap <i>line of sight(LOS)</i> dari pengolahan DInSAR adalah - 20 cm sampai dengan 20 cm • Hasil validasi pergeseran data SAR menggunakan data GPS dalam <i>SuGAr Network</i> dengan pengolahan DInSAR adalah 95% tingkat kepercayaan dengan hasil uji statistika dan 6 dalam derajat kebebasan. 	Persamaan: <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan metode DInSAR Perbedaan: <ul style="list-style-type: none"> • Citra satelit yang digunakan yakni citra ALOS PALSAR

4	Bambang Harimei Suprapto, Maria, Samsu Arif	Studi Tentang Coulomb Stress Paska Gempa Bumi Pada Daerah Mamuju– Majene Menggunakan Metode DInSAR	<ul style="list-style-type: none"> Bagaimana perubahan <i>coulomb stress</i> akibat gempa bumi mempengaruhi kemungkinan terjadinya gempa susulan di daerah sekitar episenter? Bagaimana pola deformasi permukaan tanah di berbagai wilayah pascagempa berdasarkan perubahan <i>coulomb stress</i>? 	<ul style="list-style-type: none"> Untuk menganalisis perubahan <i>coulomb stress</i> akibat gempa bumi mempengaruhi kemungkinan terjadinya gempa susulan di daerah sekitar episenter Untuk menganalisis pola deformasi permukaan tanah di berbagai wilayah pascagempa berdasarkan perubahan <i>coulomb stress</i> 	<p>Peningkatan <i>coulomb stress</i> dapat memicu gempa susulan, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian Astra et al. (2011) di Papua. Mayoritas gempa susulan terjadi di area dengan tegangan <i>Coulomb</i> positif. Untuk pemantauan deformasi permukaan, metode DInSAR digunakan karena mampu mendekripsi perubahan dengan akurasi tinggi menggunakan citra radar satelit</p>	<p>Menggunakan metode DInSAR untuk melihat perubahan nilai <i>coulomb stress</i> paska gempa bumi pada daerah Mamuju – Majene</p>	<ul style="list-style-type: none"> Perubahan Coulomb stress positif berkisar 0,2 - 1,0 bar dapat berkontribusi memicu gempa bumi di sekitar episenter radius 5 km - 35,52 km. Kecamatan Kaluku & Bonena mengalami <i>uplift</i> tertinggi (0,12514 m - 0,269211 m). Beberapa wilayah pesisir Kab. Majene mengalami <i>subsidence</i> (-0,1629 m hingga -0,0190 m) 	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Menggunakan metode DInSAR <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> DInSAR digunakan untuk untuk melihat besaran <i>Coulomb Stress</i> paska gempa bumi
5	T. Frontera, A. Concha, P. Blanco, A. Echeverria, X. Goula, R. Arbiol, G. Khazaradze, F. Perez', and E. Surinach	<i>DInSAR Coseismic Deformation of the May 2011 Mw 5.1 Lorca Earthquake (southeastern Spain)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Bagaimana kesesuaian hasil DInSAR dengan model numerik dalam memperkirakan deformasi seismik? Bagaimana pengaruh ekstraksi air 	<ul style="list-style-type: none"> Untuk menganalisis kesesuaian hasil DInSAR dengan model numerik dalam memperkirakan deformasi seismik Untuk menganalisis 	<p>Teknik DInSAR telah digunakan sebelumnya untuk mengukur deformasi akibat gempa di perbatasan lempeng Afrika-Eurasia, seperti di Maroko dan Semenanjung</p>	<p>Teknik DInSAR dengan citra TerraSAR-X digunakan untuk mengamati deformasi permukaan. Data GPS dari stasiun menentukan tingkat deformasi horizontal dan membandingkan arah pergerakan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hasil DInSAR (3 cm) dan model numerik (4 cm) menunjukkan kesesuaian, namun terdapat perbedaan luas area deformasi Ekstraksi air tanah di cekungan AGV 	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Penggunaan metode DInSAR untuk mengetahui besaran deformasi <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah TerraSAR-X

			tanah terhadap perbedaan hasil pengukuran deformasi?	pengaruh ekstraksi air tanah terhadap perbedaan hasil pengukuran deformasi	Iberia, khususnya di Betic Cordillera.	Model numerik elastic rupture dislocation digunakan untuk mensimulasikan pergeseran sesar dan memverifikasi hasil dari DInSAR serta GPS	menyebabkan subsidensi hingga 100 mm/tahun, yang mempengaruhi perbedaan hasil antara DInSAR, CGPS, dan model numerik	• Tidak ada pengolahan algoritma <i>machine learning</i>
6	Riccardo Lanari, Francesco Casu, Mariarosaria Manzo, Paul Lundgren	<i>Application of the SBAS-DInSAR technique to fault creep: A case study of the Hayward fault, California</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Seberapa akurat teknik SBAS-DInSAR dalam mendekripsi dan menganalisis fenomena pergerakan sesar (<i>fault creep</i>)? • Bagaimana keunggulan DInSAR dalam memetakan deformasi spasial akibat pergerakan sesar? 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menganalisis keakuratan teknik SBAS-DInSAR dalam mendekripsi dan menganalisis fenomena pergerakan sesar (<i>fault creep</i>) • Untuk menganalisis keunggulan DInSAR dalam memetakan deformasi spasial akibat pergerakan sesar 	DInSAR adalah teknik penginderaan jauh gelombang mikro yang memanfaatkan perbedaan fase antara citra SAR untuk mendekripsi deformasi permukaan. Metode ini kemudian berkembang dengan teknik seperti SBAS-DInSAR untuk menganalisis perubahan deformasi dalam deret waktu.	SBAS-DInSAR menggabungkan interferogram DInSAR untuk menganalisis deformasi. Data yang digunakan terdiri dari 45 citra SAR ERS (1992-2000), diproses dengan teknik multilook untuk meningkatkan koherensi spasial. Hasil DInSAR dibandingkan dengan data alignment array di sepanjang Sesar Hayward untuk mengukur pergeseran relatif antar area	<ul style="list-style-type: none"> • Teknik SBAS-DInSAR mendekripsi pergerakan sesar dengan standar deviasi 2 mm dan ketepatan lebih baik dari 1 mm/thn untuk laju deformasi rata-rata. • DInSAR dapat menghasilkan peta deformasi spasial yang lebih luas, meskipun analisis lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi keterbatasan dalam resolusi temporal dan adanya deformasi akibat faktor lain seperti perubahan akuifer musiman 	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan metode DInSAR untuk menganalisis besaran deformasi <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan data radar satelit ERS-1/2 milik Badan Antariksa Eropa untuk tahun 1992 hingga 2000

7	Majid Mohammad y, Hamid Reza Pourghasemi , Mojtaba Amiri	<i>Land Subsidence Susceptibility Assessment Using Random Forest Machine Learning Algorithm, (2019)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bagaimana kerentanan penurunan tanah menggunakan teori <i>machine learning random forest</i>? • Untuk menganalisis kerentanan penurunan tanah menggunakan teori <i>machine learning random forest</i>? 	<p>Proses penurunan tanah mencakup kerentanan terhadap degradasi yang lambat dan penurunan tanah secara tiba-tiba.</p>	<p>Penentuan prioritas faktor pengkondisian dilakukan dengan menggunakan ArcGIS 10.3 dengan metode <i>random forest</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Luas area di bawah kurva dengan nilai 0,77 menunjukkan bahwa <i>random forest</i> merupakan model yang dapat diterima untuk pemetaan kerentanan penurunan tanah di wilayah studi. 	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan algoritma <i>random forest</i> <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempat untuk mengolah <i>random forest</i> dalam penelitian ini adalah di ArcGIS 10.3
8	Davide Festa, Nicola Casagli, Francesco Casu, Pierluigi Confuorto, Claudio De Luca, Matteo Del Soldato, Riccardo Lanari, Michele Manunta, Mariarosaria Manzo, Federico Raspini	<i>Automated Classification Of A-Dinsar-Based Ground Deformation By Using Random Forest</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bagaimana algoritma <i>random forest</i> dapat digunakan untuk mendekripsi dan mengklasifikasi kan fenomena ketidakstabilan tanah berdasarkan data interferometri dari teknik P-SBAS A-DInSAR? • Sejauh mana akurasi pendekatan berbasis <i>random forest</i> dalam mengidentifikasi berbagai 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menganalisis deteksi dan klasifikasi oleh algoritma <i>random forest</i> dalam fenomena ketidakstabilan tanah berdasarkan data interferometri dari teknik P-SBAS A-DInSAR • Untuk menganalisis akurasi pendekatan berbasis <i>random forest</i> dalam mengidentifikasi berbagai 	<p>Perkembangan teknologi satelit, seperti Sentinel-1 dari ESA telah meningkatkan resolusi spasial dan frekuensi akuisisi data, memungkinkan pemantauan deformasi tanah secara luas dan berkelanjutan. DInSAR dan A-DInSAR telah banyak diterapkan untuk mendekripsi pergerakan tanah akibat bencana geologi seperti longsor, subsidensi, dan aktivitas pertambangan. Model ini dilatih dengan dataset seimbang yang mencakup variabel penjelas dari DEM, peta tutupan</p>	<p>Teknik <i>Advanced Differential Interferometry SAR</i> (A-DInSAR) dengan data Sentinel-1 (2015–2018) untuk memantau pergerakan tanah secara luas, yang kemudian dianalisis menggunakan metode <i>machine learning</i> (<i>Random Forest - RF</i>) guna mengklasifikasikan sumber deformasi seperti longsor, subsidensi, dan aktivitas pertambangan. Model ini dilatih dengan dataset seimbang yang mencakup variabel penjelas dari DEM, peta tutupan</p>	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teknik DinSAR untuk menganalisis deformasi permukaan • Citra Sentinel 1A • Algoritma <i>random forest</i> yang digunakan <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian penulis menambahkan algoritma <i>multi layer perceptron</i>

			jenis deformasi tanah pada skala regional ?	jenis deformasi tanah pada skala regional?		lahan, dan inventaris geohazard, serta indikator tambahan terkait deformasi	berbagai tipe deformasi tanah yang terjadi di Italia Utara berdasarkan analisis data Sentinel-1 dari Maret 2015 hingga Desember 2018	
9	Zahra ChatrSIMAB, Ali Asghar Alesheikh, Behzad Voosoghi, Saeed Behzadi, and Mehdi Modiri	<i>Development of a Land Subsidence Forecasting Model Using Small Baseline Subset—Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry and Particle Swarm Optimization—Random Forest (Case Study: Tehran-Karaj-Shahriyar Aquifer, Iran)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Seberapa efektif algoritma PSO-RF dalam memprediksi subsidensi tanah? • Faktor apa yang paling berpengaruh terhadap kejadian subsidensi tanah berdasarkan metode PSO-RF? 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menganalisis keefektifan algoritma PSO-RF dalam memprediksi subsidensi tanah • Untuk menganalisis faktor yang paling berpengaruh terhadap kejadian subsidensi tanah berdasarkan metode PSO-RF 	Algoritma <i>random forest</i> telah terbukti efektif dalam memodelkan fenomena lingkungan seperti longsor, banjir, dan subsidensi tanah, namun kinerjanya sangat bergantung pada pemilihan parameter yang optimal	SBAS-DInSAR digunakan untuk memantau penurunan tanah dengan kemungkinan mengevaluasi proses dari waktu ke waktu. Citra diproses menggunakan model bentang SAR ENVI dari EXELIS VIS <i>Information Solutions</i> . Secara total, 24 set data ENVISAT ASAR milik Agustus 2004 hingga Maret 2009 diperoleh dalam hal ini. Kemudian, 48 pasangan interferogram dihasilkan	<ul style="list-style-type: none"> • PSO-RF memiliki akurasi tinggi dalam memetakan subsidensi tanah ($AUC > 89\%$, $RMSE < 0,55$). • Faktor utama penyebab subsidensi adalah media akuifer, penurunan muka air tanah, transmisivitas, dan koefisien penyimpanan air tanah 	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan metode DinSAR dan algoritma <i>random forest</i> <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topik kajian dalam penelitian ini adalah penurunan muka tanah (<i>land subsidence</i>)

10	Xinxin Guo, Chaoying Zhao, Guangrong Li, Mimi Peng, Qin Zhang	<i>A Multifactor-Based Random Forest Regression Model to Reconstruct a Continuous Deformation Map in Xi'an, China</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Seberapa efektif model K-RFR dalam meningkatkan akurasi prediksi deformasi tanah dibandingkan metode tradisional? • Bagaimana pengaruh teknik <i>K-means clustering</i> terhadap peningkatan kinerja model <i>Random Forest Regression</i> (RFR)? 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menganalisis keefektifan model K-RFR dalam meningkatkan akurasi prediksi deformasi tanah dibandingkan metode tradisional • Untuk menganalisis pengaruh teknik <i>K-means clustering</i> terhadap peningkatan kinerja model <i>Random Forest Regression</i> (RFR)? 	<p>Pemantauan deformasi tanah penting untuk memahami dampak aktivitas alami dan antropogenik, namun metode tradisional seperti GNSS dan leveling memiliki keterbatasan cakupan spasial</p>	<p>Menggunakan model K-RFR, yang menggabungkan <i>K-means clustering</i> dan <i>Random Forest Regression</i> (RFR), untuk memprediksi deformasi tanah secara kontinu. Data SBAS-InSAR (2012–2015) diolah dalam grid 100×100 m, dengan 14 faktor pengaruh seperti air tanah, curah hujan, dan geologi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Model K-RFR mampu menghasilkan peta deformasi tanah dengan akurasi tinggi, mencapai ketelitian dalam skala sentimeter. • Penggunaan <i>K-means clustering</i> meningkatkan akurasi prediksi dengan mengurangi MAE ($3.4 \text{ mm} \rightarrow 2.5 \text{ mm}$) dan RMSE ($4.6 \text{ mm} \rightarrow 2.9 \text{ mm}$) serta meningkatkan korelasi dengan nilai aktual hingga 0.94 	<p>Persamaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan algoritma <i>random forest</i> dalam menganalisis deformasi permukaan <p>Perbedaan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan teknik InSar • Tidak menggunakan algoritma <i>multi layer perceptron</i>
----	---	---	--	--	--	--	---	--