UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemantauan Deformasi Permukaan Kompleks Vulkanik Dieng Menggunakan InSAR Time Series Tahun 2021 s.d 2025
Wafiq Khoirunisa, Hidayat Panuntun, S.T., M.Eng., D.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Kompleks Vulkanik Dieng atau *Dieng Volcanic Complex* (DVC) merupakan kawasan vulkanik aktif dengan sistem hidrotermal yang berpusat di dalam Kaldera Dieng. Kawasan ini memiliki kepadatan penduduk mencapai 1.794 jiwa/km² dengan sejumlah permukiman berjarak kurang dari 200 meter dari kawah aktif. Aktivitas vulkanik DVC mengalami fluktuasi selama periode 2021 s.d 2025. Pada periode tersebut, terjadi erupsi freatik di Kawah Sileri tanpa didahului peningkatan aktivitas yang terdeteksi sebelumnya oleh parameter pemantauan yang tersedia. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan aktivitas vulkanik dapat terjadi secara tiba-tiba, sehingga berpotensi meningkatkan risiko terhadap masyarakat dan memerlukan pemantauan secara berkelanjutan. Namun, parameter pemantauan saat ini belum sepenuhnya mampu mendeteksi perubahan tekanan yang memicu terjadinya aktivitas vulkanik. Salah satu parameter pemantauan yang belum tercakup adalah deformasi permukaan yang dapat mendeteksi perubahan aktivitas vulkanik secara lebih awal. Penelitian ini menerapkan metode *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR) *time series* berbasis *Small Baseline Subset* (SBAS) untuk memantau deformasi permukaan Kaldera Dieng selama periode 2021 s.d 2025.

Metode yang digunakan pada proyek akhir ini adalah SBAS-InSAR dengan perangkat lunak LiCSBAS melalui dua tahapan utama *preprocessing* dan analisis deret waktu. Pada *preprocessing* diperlukan lima tahapan meliputi akusisi produk licsar, konversi format, koreksi atmosfer GACOS, *masking* dan *cliping unwrapping*. Pada analisis deret waktu diperlukan enam tahapan, meliputi periksa kualitas interferogram, periksa *loop closure*, inversi *small baseline*, estimasi standar deviasi kecepatan metode *boostrap*, *masking* dan *filtering time series*. Data bersumber dari COMET-LiCS berupa interferogram citra Sentinel-1 orbit *ascending* dengan *frame* ID 025A_09718_120810 dan orbit *descending* dengan *frame* ID 076D_09725_121107 tahun 2021 s.d 2025. Data *Generic Atmospheric Correction Online Service* (GACOS) digunakan untuk koreksi noise akibat *delay* troposferik. Hasil *Line of Sight* (LOS) *displacement* digunakan untuk perhitungan dekomposisi 2,5D sehingga didapatkan nilai pergerakan vertikal. Tren pergerakan vertikal selanjutnya diestimasi melalui proses *fitting* dengan pendekatan regresi linear untuk untuk mendapatkan nilai kecepatan tahunan.

Hasil analisis menunjukkan pergerakan vertikal di kaldera Dieng selama periode 5 tahun dengan dua pola deformasi yang berbeda secara spasial. Zona *subsidence* teridentifikasi di bagian utara, tengah-selatan, tengah, dan selatan-tenggara kaldera dengan nilai pergerakan vertikal kumulatif hingga -30,785 mm. Zona *uplift* teridentifikasi secara konsisten di bagian tengah hingga tengah-timur kaldera dengan nilai pergerakan kumulatif hingga 34,431 mm. Perubahan pola deformasi yang semakin jelas sejak 2023 diduga berkaitan dengan peningkatan dinamika bawah permukaan DVC yang konsisten dengan peningkatan status aktivitas vulkanik pada periode yang sama. Pola *uplift* yang terkonsentrasi di zona tengah hingga tengah-timur kaldera mengindikasikan adanya sumber tekanan yang terpusat di bawah zona tersebut. Pola ini kemungkinan berkaitan dengan mekanisme deformasi oleh model *Penny-Shaped Crack*. Interpretasi ini bersifat indikatif dan memerlukan pemodelan kuantitatif lebih lanjut untuk dapat dikonfirmasi kebenarannya.

Kata kunci: Pergerakan Vertikal, InSAR, LiCSBAS*, Time Series*, Dieng.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemantauan Deformasi Permukaan Kompleks Vulkanik Dieng Menggunakan InSAR Time Series Tahun 2021 s.d 2025
Wafiq Khoirunisa, Hidayat Panuntun, S.T., M.Eng., D.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The Dieng Volcanic Complex (DVC) is an active volcanic area with a hydrothermal system centered within the Dieng Caldera. The area has a population density of approximately 1,794 people/km², with several settlements located less than 200 m from active craters. Volcanic activity in the DVC fluctuated during the 2021–2025 period. During this period, a phreatic eruption occurred at Sileri Crater without any previously detected increase in volcanic activity. This condition indicates that volcanic activity may change abruptly, potentially increasing the risk to surrounding communities and requiring continuous monitoring. However, the current monitoring parameters have not fully captured subsurface pressure changes that may trigger volcanic activity. One important monitoring parameter that has not yet been incorporated is surface deformation, which can provide early indications of changes in volcanic activity. Therefore, this study applied the Small Baseline Subset Interferometric Synthetic Aperture Radar (SBAS-InSAR) time-series technique to monitor surface deformation within the Dieng Caldera during the 2021–2025 period.

The methodology consisted of two main stages: preprocessing and time-series analysis using the LiCSBAS software. The preprocessing stage included LiCSAR product acquisition, data format conversion, GACOS atmospheric correction, masking, and unwrapped interferogram clipping. The time-series analysis comprised interferogram quality assessment, loop closure checking, small-baseline inversion, standard deviation (STD) estimation, masking, and time-series filtering. The dataset consisted of Sentinel-1 interferograms provided by COMET-LiCS, including ascending orbit Frame ID 025A_09718_120810 and descending orbit Frame ID 076D_09725_121107 covering the 2021–2025 period. Generic Atmospheric Correction Online Service (GACOS) data were used to reduce tropospheric delay effects. The resulting Line-of-Sight (LOS) displacement was further processed through 2.5D decomposition to estimate the vertical displacement component. Subsequently, linear regression was applied to the vertical displacement time series to estimate the annual deformation velocity.

The results revealed two distinct spatial deformation patterns within the Dieng Caldera over the five-year observation period. Subsidence was identified in the northern, central-southern, central, and southeastern parts of the caldera, with cumulative vertical displacement reaching −30.785 mm. In contrast, uplift was consistently observed in the central to east-central parts of the caldera, with cumulative vertical displacement reaching 34.431 mm. The deformation pattern became increasingly pronounced after 2023 and is inferred to be associated with intensified subsurface dynamics, consistent with the increased volcanic activity level during the same period. The concentrated uplift pattern in the central to east-central caldera suggests the presence of a localized subsurface pressure source. This pattern is potentially associated with a Penny-Shaped Crack deformation model. However, this interpretation remains indicative and requires further quantitative deformation source modeling for confirmation.

Keywords : *Vertical Displacement*, InSAR, LiCSBAS, *Time Series*, Dieng.