

INTISARI

Gunung Lewotobi Laki-Laki merupakan salah satu dari puncak kembar Gunung Lewotobi yang terletak di Kabupaten Flores Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Sejak tahun 1675, gunung ini telah tercatat mengalami beberapa kali erupsi. Setelah memasuki masa dorman sejak erupsi terakhir pada tahun 2002, aktivitas vulkaniknya kembali terpantau pada Desember 2023 dan berlanjut hingga pertengahan tahun 2025. Penelitian sebelumnya menggunakan InSAR secara *time-series* dari tahun 2021 hingga 2024 menunjukkan adanya deformasi signifikan pada orbit *ascending* dan *descending*. Salah satu temuan penting dalam penelitian tersebut adalah perbedaan arah *displacement* yang teramati pada orbit *ascending* adalah inflasi, sedangkan pada orbit *descending* mengalami deflasi. Hal ini mengindikasikan adanya pergerakan secara vertikal maupun horizontal, dengan pergerakan lateral yang mendominasi di lereng Barat gunung. Untuk memperdalam temuan tersebut, penelitian ini menganalisis pola deformasi Gunung Lewotobi Laki-Laki pada tiga fase erupsi (pra-erupsi, erupsi, dan pasca-erupsi) selama periode Desember 2023 hingga April 2025. Dengan menggunakan pendekatan *time-series* InSAR yang sama, dilakukan dekomposisi (*coupling*) pada kedua orbit untuk memperoleh *velocity displacement* secara horizontal dan vertikal.

Data citra Sentinel-1 SAR diunduh dan diproses menggunakan *Hybrid Pluggable Processing Pipeline* (HyP3) milik Alaska Satellite Facility (ASF) untuk menghasilkan interferogram yang telah melalui proses *unwrapping*. Data fase yang telah di-*unwrap* kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *open source Miami InSAR Time Series in Python* (MintPy) untuk memperoleh deformasi secara *time-series*. Untuk meningkatkan akurasi estimasi deformasi, dilakukan koreksi atmosfer menggunakan data ERA5 dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) yang diperoleh melalui *Copernicus Climate Data Store* (CDS) dan diproses menggunakan algoritma PyAPS.

Hasil analisis menunjukkan pola siklik inflasi dan deflasi yang berkorelasi dengan aktivitas erupsi pada Desember 2023, November 2024, dan Maret 2025. *Time-series displacement* dari 15 titik observasi mengindikasikan akumulasi tekanan (inflasi) menjelang erupsi dan pelepasan tekanan (deflasi) pasca-erupsi yang mencerminkan dinamika magmatik aktif baik secara vertikal maupun lateral. Ketiga peristiwa erupsi didominasi oleh deflasi akibat pelepasan tekanan magma, sementara fase pasca-erupsi menunjukkan deflasi lambat sebagai bagian dari proses relaksasi sistem magmatik. Analisis *velocity displacement* mengungkapkan pola *uplift* di area puncak dan *subsidence* di wilayah lereng, khususnya sebelum dan sesudah erupsi besar. *Subsidence* secara konsisten teramati di lereng Timur-Laut hingga Tenggara dengan laju terbesar mencapai -5,9 cm/tahun. Selain itu, interpretasi citra optik Sentinel-2 menunjukkan keberadaan *lava flow* dan *pyroclastic flow* yang mulai terbentuk pasca-erupsi Januari 2024 dan mengalami perluasan pasca-erupsi November 2024.

Kata-kata kunci: Gunung Lewotobi Laki-Laki, InSAR, MintPy, Deformasi, Velocity Displacement

ABSTRACT

Lewotobi Laki-Laki volcano is one of the twin summits of the Lewotobi Volcano, located in East Flores Regency, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. Since 1675, the volcano has experienced multiple recorded eruptions. After remaining dormant since its last eruption in 2002, volcanic activity resumed in December 2023 and continued through mid-2025. Previous research utilizing time-series InSAR from 2021 to 2024 revealed significant deformation observed on both ascending and descending orbits. A key finding from this study was the contrasting displacement patterns, with inflation observed in the ascending orbit and deflation in the descending orbit. This indicates both vertical and horizontal ground movement, with dominant lateral displacement occurring on the western flank of the volcano. To further investigate these findings, this study analyzes the deformation patterns of Mount Lewotobi Laki-Laki across three eruptive phases (pre-eruption, syn-eruption, and post-eruption) from December 2023 to April 2025. Using the same time-series InSAR approach, data from both orbits were decomposed (coupled) to extract horizontal and vertical velocity displacement components.

Sentinel-1 SAR imagery was downloaded and processed using the Hybrid Pluggable Processing Pipeline (HyP3) from the Alaska Satellite Facility (ASF) to generate unwrapped interferograms. The unwrapped phase data were then analyzed using the open-source software MintPy (Miami InSAR Time Series in Python) to obtain time-series deformation. To improve the accuracy of the deformation estimates, atmospheric corrections were applied using ERA5 data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), obtained through the Copernicus Climate Data Store (CDS) and processed using the PyAPS algorithm.

The results show cyclic patterns of inflation and deflation that correlate with eruptive events in December 2023, November 2024, and March 2025. Time-series displacement at 15 observation points indicates pressure accumulation (inflation) preceding eruptions and pressure release (deflation) afterward, reflecting active magmatic dynamics both vertically and laterally. All three eruptions were dominated by deflation due to magma withdrawal, while the post-eruptive phases exhibited gradual deflation, indicating relaxation of the magmatic system. Velocity displacement analysis revealed uplift near the summit and subsidence on the flanks, particularly before and after major eruptions. Persistent subsidence was detected on the northeastern to southeastern flanks, with rates reaching up to -5.9 cm/year. Additionally, optical imagery from Sentinel-2 identified the formation of lava flows and pyroclastic deposits following the January 2024 eruption, which expanded further after the November 2024 event.

Keywords: *Lewotobi Laki-Laki Volcano, InSAR, MintPy, Deformation, Velocity Displacement*