

*Interferometry SAR* (InSAR) telah terbukti menjadi metode yang handal dalam mendeteksi dan memantau deformasi permukaan. Namun, ketika deformasi di dunia nyata terjadi pada tiga dimensi spasial (ENU), saat ini pemantauan InSAR masih terbatas pada arah *Line of Sight* (LOS). Pembentukan model deformasi 3D dengan InSAR memerlukan persyaratan dan pendekatan yang ketat, jika tidak terpenuhi, maka pembentukan model 2,5D dengan mengabaikan komponen *North-South* diusulkan. Studi ini menggunakan data multiorbit Sentinel-1A/B untuk mengevaluasi akurasi model *displacement* multidimensi (1D, 2,5D, dan 3D) di tiga wilayah dengan dinamika antropogenik, tektonik, dan vulkanik utama di Indonesia.

*Displacement* LOS dihasilkan dari metode Parallel-SBAS yang terintegrasi ke dalam platform GEP untuk setiap dataset. Pembentukan model *displacement* multidimensi dilakukan dengan transformasi komponen dari setiap pengukuran dan diselesaikan menggunakan pendekatan *least square* dan *weighted least-square*. Data eksternal digunakan sebagai pembandingan pemodelan, yaitu pengukuran GPS kontinu dari stasiun InaCORS. Selanjutnya, dilakukan uji akurasi dan perbandingan terhadap kelas akurasi vertikal dari ASPRS 2014.

Hasil utama menunjukkan bahwa penggunaan model 2,5D memberikan peningkatan akurasi hingga 11% untuk wilayah antropogenik, 28% untuk wilayah tektonik, dan 65,9% untuk wilayah vulkanik dibandingkan dengan pengamatan 1D. Hasil pemodelan *displacement* 3D di wilayah tektonik dan vulkanik cukup akurat untuk memantau dinamika *displacement* pada ketiga arah dengan akurasi pada level milimeter hingga sentimeter. Komponen NS pada kedua lokasi memberikan wawasan baru bahwa kemampuan satelit SAR untuk menangkap sinyal *displacement* horizontal di lintang rendah memberikan hasil yang prospektif. Di sisi lain, ketika hanya satu orbit tersedia, orbit descending menunjukkan kesalahan dekorelasi yang lebih kecil, tetapi orbit ascending umumnya menghasilkan akurasi yang lebih baik. Keterbatasan penelitian mencakup jumlah stasiun GNSS CORS yang minim untuk pengujian akurasi hingga koreksi atmosfer yang belum tercakup dalam metode P-SBAS. Studi ini menyoroti pentingnya penggunaan multiorbit SAR dalam memantau *displacement* permukaan di wilayah dinamis dan potensi peningkatan akurasi dengan penggunaan pemodelan *displacement* 2,5D dan 3D.

**Kata kunci:** InSAR, P-SBAS, ascending-descending, *displacement* 2,5D, *displacement* 3D

## ABSTRACT

Interferometry SAR (InSAR) has proven to be a reliable method for detecting and monitoring surface displacement. However, when deformation occurs in three spatial dimensions (ENU), InSAR monitoring is still limited to the Line of Sight (LOS) direction. The formation of 3D displacement with InSAR requires strict requirements and approaches. If not fulfilled, the formation of 2.5D by ignoring the North-South component is recommended. This study uses multiorbit Sentinel-1A/B data to evaluate the accuracy of multidimensional displacement models (1D, 2.5D, and 3D) in three regions with major anthropogenic, tectonic, and volcanic dynamics in Indonesia.

LOS displacement is generated from the Parallel-SBAS method integrated into the GEP platform for each dataset. The formation of multidimensional displacement is done with transformation components from each measurement and solved using the least square and weighted least-square approaches. External data is used as a comparison for modeling, which is continuous GPS measurement from InaCORS stations. Furthermore, accuracy tests and comparisons were made against the vertical accuracy class of ASPRS 2014.

The main results found that 2.5D models improved accuracy up to 11% for anthropogenic regions, 28% for tectonic regions, and 65.9% for volcanic areas compared to 1D observations. 3D displacement modeling results in tectonic and volcanic areas are accurate enough to monitor deformation dynamics in all three directions with accuracy at the millimeter to centimeter level. The NS component in both locations provides new insights that the SAR satellite's ability to capture horizontal displacement signals at low latitudes produces promising results. On the other hand, when only one orbit is available, the descending orbit shows minimal decorrelation errors, but the ascending orbit generally yields better accuracy. Limitations of the study include a minimal number of GNSS CORS stations for accuracy testing, and atmospheric correction has not been covered by the P-SBAS method. This study highlights the importance of multiorbit SAR monitoring surface displacement in dynamic regions and the potential for improved accuracy using 2.5D and 3D displacement modeling.

**Keywords:** InSAR, P-SBAS, ascending-descending, 2.5D displacement, 3D displacement