

## OBERSERVASI SAR UNTUK PERUBAHAN LAHAN PASCA GEMPA 7,5 MW NTT DI PULAU SELAYAR

Jeddah Yanti<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Makassar, Indonesia  
e-mail: [jeddahyanti@unm.ac.id](mailto:jeddahyanti@unm.ac.id)<sup>1\*</sup>

(Received: Desember-2021; Reviewed: Januari-2022; Accepted: Januari-2022;  
Available online: Februari 2022; Published: Februari 2022)

### Abstrak

Gempa berkekuatan 7,5 magnitudo terjadi pada 14 Desember 2021 dengan lokasi epicentrum di 112-kilometer barat laut Larantuka, NTT menimbulkan dampak hingga Kepulauan Selayar. Kerusakan struktur, infrastruktur serta perubahan struktur permukaan tanah terjadi di sebagian besar Pulau Selayar. Perubahan struktur permukaan tanah yang terjadi di Pulau Selayar diidentifikasi dengan memanfaatkan citra satelit SAR Sentinel-1 A dan Sentinel-1 B pada rentang waktu post-event yakni 05 Desember 2021 hingga 11 Desember 2021, event yakni 11 Desember 2021 hingga 17 Desember 2021, dan pasca event yakni 17 Desember 2021 hingga 04 Januari 2022. Metode DInSAR digunakan untuk mengidentifikasi nilai beda fase dan arah perambatan energi gelombang gempa bumi. Hasil pendekatan DInSAR didapatkan perubahan nilai beda fase lebih dari 3 cm pada post-event, event dan pasca event. Sebaran nilai beda fase menunjukkan perubahan negatif pada vertical deformation di kategori event di antara rentang waktu 11 desember 2021 hingga 17 desember 2021. Dengan lebih dari 50 persen sebaran nilai beda fase menunjukkan penurunan permukaan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa gempa bumi merupakan salah satu faktor yang dapat memicu terjadinya perubahan permukaan tanah yang terjadi di Pulau Selayar.

**Kata kunci:** permukaan tanah; gempa bumi; dinsar; sentinel-1

### Abstract

An earthquake with a magnitude of 7.5 occurred on December 14, 2021, with an epicenter location at 112-kilometers northwest of Larantuka, NTT, causing an impact on the Selayar Islands. Damage to structures, infrastructure, and changes in the ground surface structure occurred in most of Selayar Island. Changes in the structure of the ground surface that occurred were identified by utilizing SAR satellite imagery of Sentinel-1 A and Sentinel-1 B in the post-event time range, namely December 05 to December 11, 2021, the event which was December 11 to December 17, 2021, and post-event, namely December 17, 2021, to January 04, 2022. The DInSAR method is used to identify the value of the phase difference and the direction of earthquake wave energy. The results of the DInSAR approach obtained a change in the value of the phase difference of more than 3 cm at the post-event, event, and post-event. The distribution of phase difference values shows an adverse change in vertical deformation in the event category between December 11, 2021, to December 17, 2021. More than 50 percent of the distribution of phase difference values shows land subsidence. The result shows that earthquakes can trigger land surface change on Selayar Island.

**Key words:** land surface; earthquake; dinsar; sentinel-1

---

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan dengan catatan fenomena gempa terbanyak di dunia. Indonesia merupakan salah satu negara yang termasuk daerah rawan bencana (Lusy et al., 2020). Bencana alam sudah menjadi bagian dalam kehidupan penduduk Indonesia yang hampir setiap hari terjadi (Ningsih et al., 2020). Gempa terbaru terjadi di barat laut Larantuka, NTT dan berpusat di 112-kilometer yang berada pada garis Bujur 7.59 dan Lintang 122.26 dengan kekuatan 7,5 magnitudo serta terjadi 308 kali gempa susulan. Gempa disebabkan oleh peningkatan *strike slip* pada sesar aktif di Laut Flores di sebelah utara Pulau Flores. Guncangan turut dirasakan oleh masyarakat di beberapa kota dan kabupaten di Provinsi NTT, Kabupaten Selayar hingga Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Sulawesi Selatan menjadi salah satu provinsi terdekat dengan pusat gempa yang mengalami berbagai indikasi kerusakan pasca gempa tanggal 14 Desember 2021.

Pulau Selayar menjadi bagian dari Provinsi Sulawesi Selatan dan termasuk sebagai salah satu lokasi terdampak bencana alam gempa bumi yang paling besar. Pulau Selayar mengalami kerusakan baik pada struktur hingga infrastruktur jalan dan bangunan. Sebanyak 16.593 warga Kepulauan Selayar mengungsi dikarenakan kerusakan yang terjadi pasca gempa. Lebih dari 230 rumah di Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan mengalami kerusakan dan menyebabkan banyak keluarga kehilangan tempat tinggal (Muhari, 2021). Tempat ibadah, bangunan sekolah hingga jalanan ikut terdampak gempa tersebut. Guncangan gempa bumi yang kuat dapat memicu terjadinya ratusan hingga ribuan tanah longsor dan dapat menyebabkan timbulnya korban jiwa.

Peningkatan energi *strike slip* pada sesar aktif di Laut Flores menjadi penyebab terjadinya perubahan permukaan tanah. Perubahan permukaan tanah yang terjadi secara signifikan memerlukan informasi yang dapat diakses dengan cepat guna ketepatan sasaran mitigasi bencana. Perubahan yang terjadi dapat diidentifikasi dengan memanfaatkan teknologi citra satelit yakni citra satelit *Synthetic Aperture Radar* (SAR), Sentinel-1 (Ng, et. al., 2017). Citra Sentinel-1 memanfaatkan C-Band 5,6 cm dengan jenis *Single-Look Complex* (SLC) memiliki spasial resolusi yang sangat tinggi hingga 3 m pada *Interferometrik Wide* (IW) untuk dual polarisasi VV (*vertical-vertical*) dan VH (*vertical-horizontal*). Akuisisi data yang berdasarkan ketelitian data (*high-resolution*), ketersediaan data yang *uptodate* serta *open access data* sangat penting dalam rangka mendukung observasi perubahan permukaan tanah.

Beberapa penelitian memanfaatkan data citra Sentinel-1 dapat dimanfaatkan untuk memonitoring deformasi permukaan lahan pada wilayah perkotaan di Romania (Boukhemacha, et. al., 2021). Perubahan permukaan tanah berdasarkan penurunan muka tanah teridentifikasi terjadi di Kota Semarang pada tahun 2017 (Islam, et. al., 2017). Analisis citra satelit Sentinel-1 untuk mengidentifikasi dampak gempa telah dilakukan seperti pemanfaatan hasil kombinasi Sentinel-1A/B untuk mendeteksi deformasi yang terjadi pasca gempa bumi Pidie Jaya berkekuatan 6,5 Mw pada tahun 2016 (Syahreza, et al. 2018). Pemanfaatan citra SAR juga digunakan untuk mengidentifikasi perubahan landscape pasca gempa Kaikoura dengan kekuatan 7.8 Mw pada tahun 2016 (Jelének & Kopačková-Strnadová, 2021). Getaran yang merambat mempengaruhi struktur dan tekstur permukaan tanah karena adanya beda fase serta perambatan gelombang pada permukaan tanah (Periasamy, et. al., 2019). Pendekatan empiris dan semiempiris dilakukan untuk mendapatkan informasi perubahan yang lebih presisi.

Oleh karena itu penting dilakukan analisis lebih lanjut untuk melihat perubahan

permukaan tanah pasca gempa bumi yang terjadi pada 14 Desember 2021 dengan memanfaatkan citra satelit *high-spatial and temporal resolution* yakni Sentinel-1. Pendekatan metode DInSAR (Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar) dengan akuisisi citra SAR Sentinel-1 digunakan untuk melihat perubahan berdasarkan perbedaan permukaan tanah dengan memanfaatkan master-slave data pada post-event, event, hingga pasca event. Sehingga, hasil observasi mengenai perubahan permukaan tanah dapat diidentifikasi sebagai informasi hingga dasar penentuan tindakan mitigasi bencana pasca bencana alam gempa bumi yang terjadi.

## METODE

Pulau Selayar merupakan sebuah pulau dengan letak geografis diantara  $5^{\circ} 42' - 7^{\circ} 35'$  Lintang Selatan dan  $120^{\circ} 15' - 122^{\circ} 30'$  Bujur Timur di Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan berbatasan langsung dengan laut Flores, Nusa Tenggara Timur dan menjadi lokasi observasi penelitian. Data yang digunakan untuk rekonstruksi perubahan permukaan tanah yakni data citra satelit Sentinel-1 (Ilovitsh, et. al., 2013). Data dapat didownload secara gratis dengan mengakses <https://scihub.copernicus.eu/>. Data yang digunakan merupakan data hasil perekaman sensing period dan ingestion period sejak 1 Desember 2021 hingga 04 Januari 2021.

Observasi hasil penelitian dikaji dengan mengaplikasikan metode interferogram pada Digital Elevation Model (DEM) dan Differential Interferometry (DInSAR) untuk pre-event, event, hingga post-event. Perubahan permukaan tanah dapat diidentifikasi dengan melihat anomaly nilai berdasarkan perbedaan master-slave observasi. Pendekatan DInSAR dapat mengidentifikasi dan memonitoring perubahan-perubahan kecil pada wilayah atau permukaan yang terjadi dengan memanfaatkan beda fase dan perambatan panjang gelombang dari sinyal elektromagnetik yang dipancarkan. Interpretasi beda fase dan perambatan panjang gelombang menggunakan metode DInSAR memudahkan observasi topografi dan perubahan bentuk permukaan (Ferretti, et. al., 2007).

Rekonstruksi data dilakukan dengan memanfaatkan *geocoding* menggunakan *software* SNAP. Data yang terinterpretasi memiliki lebih dari satu IW sehingga perlu dilakukan *split-wide* untuk menentukan *focus area* yang diinginkan. Selanjutnya, dilakukan koreksi geometrik pada *terrain displacement* untuk menyelaraskan data *ascending* dan *descending* dengan menggunakan *Range-Doppler Correction*. Data yang telah dikoreksi dikategorikan kedalam tiga bagian yakni sebelum terjadi gempa yakni pada 5 desember 2021 hingga 11 desember 2021, saat kejadian gempa 14 desember 2021 dengan rentang waktu 11 desember 2021 hingga 17 desember 2021, serta setelah kejadian gempa yakni 17 desember 2021 hingga 04 januari 2022. Pengaplikasi *orbit file* diperlukan untuk menyesuaikan posisi orbit pada setiap citra. Selanjutnya dilakukan *back-geocoding* untuk menentukan acuan *Digital Elevation Model* SRTM dengan metode interpolasi *bicubic* sehingga dapat dilakukan masking area dengan elevasi NaN. Langkah *Enhanced-Spectral-Diversity* dilakukan untuk mengoreksi spectral resolusi untuk mendapatkan akurasi nilai *azimuth*, *range*, *window* menggunakan periodogram. Pada proses komputasi interferometri dilakukan perhitungan koherensi setiap *window sizes* dengan range 20 dan azimuth 5 sehingga polarisasi terfokus pada VV di TOPSAR-*Deburst*. Tahapan selanjutnya meliputi interpretasi band fase topografi, band elevasi, hingga orthorektifikasi band Lat/Lon. Filterisasi turut dilakukan dengan memanfaatkan *Snaphu Export* pada metode *Goldstein Phase Filtering* dengan FFT size 64 dan window size 3. Perhitungan perubahan menggunakan metode DInSAR yang digunakan untuk melihat perubahan permukaan tanah dikalkulasikan dengan menggunakan rumus

sebagai berikut.

$$\Delta\phi = \frac{2\pi\Delta r}{\lambda} + \frac{4\pi}{\lambda} d \quad (1)$$

$$\Delta r = -2 \frac{B_n q}{R} + \frac{4\pi}{\lambda} d \quad (2)$$

$$\Delta\phi = -\frac{4\pi}{\lambda} \frac{B_n q}{R \sin \theta} + \frac{4\pi}{\lambda} d \quad (3)$$

Dimana:

$B_n$  = *perpendicular baseline*

R = jarak radar dan target

q = perpindahan antara resolusi sepanjang tegak lurus terhadap bidang miring

d = perpindahan relatif yang diproyeksikan pada bidang miring



**Gambar 1** Peta Lokasi Penelitian

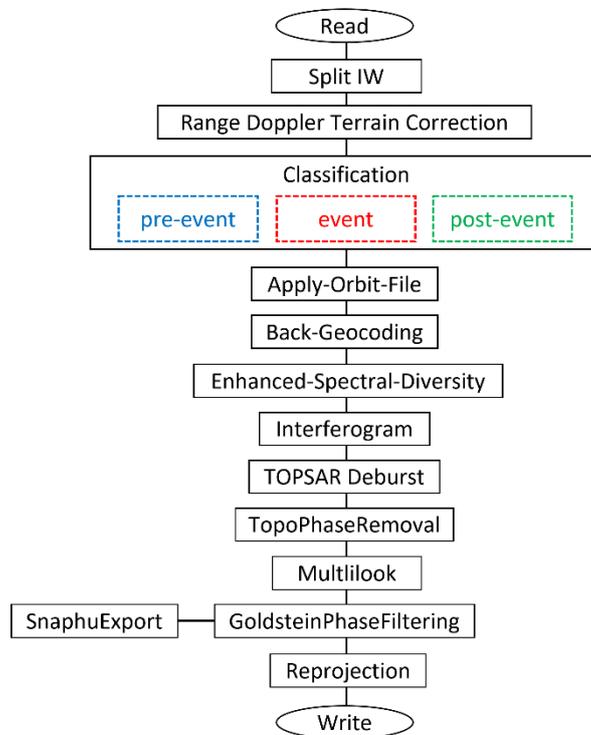
(Sumber: Sistem Informasi Pemrograman dan Penganggaran, PUPR, 2021)

Adapun beberapa karakteristik dari data Sentinel-1 yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Karakteristik data observasi SAR Sentinel-1

	Tanggal Perekaman	Karakteristik				
		Jenis	Level	Mode	Orbit	Pass Direction
Sentinel-1 B	05 Desember 2021	SLC	L1	IW-VV-2	112	Ascending
	17 Desember 2021	SLC	L1	IW-VV-2	112	Ascending
Sentinel-1 A	11 Desember 2021	SLC	L1	IW-VV-2	112	Ascending
	04 Januari 2022	SLC	L1	IW-VV-2	112	Ascending

Alur prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



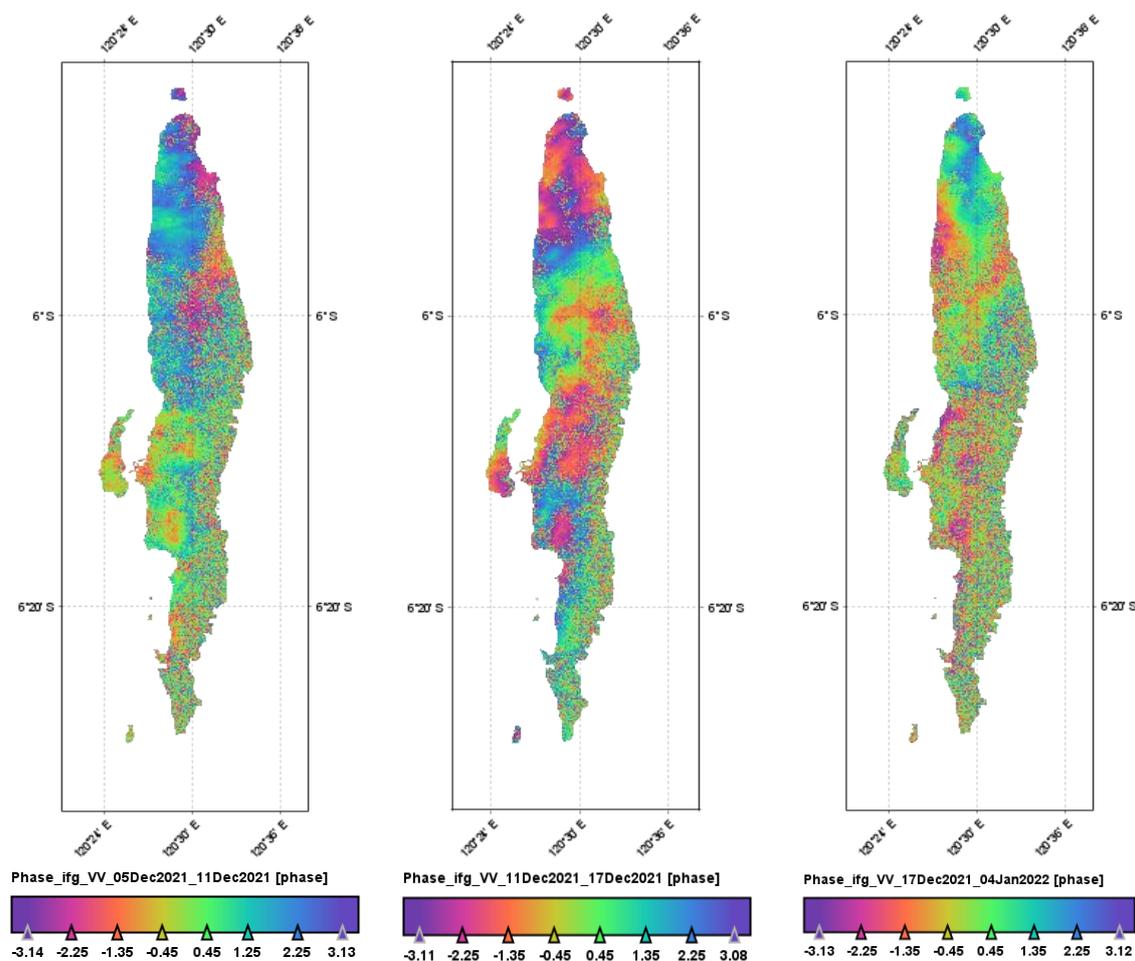
**Gambar 2** Alur Prosedur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Pemanfaatan citra satelit *Synthetic Aperture Radar* (SAR) Sentinel-1 untuk melihat perubahan permukaan tanah pasca-distorsi energi rambatan yang dihasilkan oleh bencana alam seperti gempa bumi menunjukkan hasil yang signifikan. Identifikasi perubahan permukaan tanah post-event menggunakan sensing data 5 Desember 2021 (*slave data*) dengan sensing data 11 Desember 2021 (*master data*). Analisis interferometrik dilakukan dengan melakukan kajian *post-event* perbandingan data *master* dan *slave geocoding* dari kombinasi Sentinel-1 A (11 Desember 2021) dan Sentinel-1 B (05 Desember 2021) untuk melihat perbedaan fase yang ditimbulkan. Indikator warna menunjukkan perubahan permukaan tanah sekitar 3,13 cm.

Fenomena gempa bumi yang terjadi pada tanggal 14 Desember 2021 menjadi acuan pemilihan data *event* yakni *sensing data* 11 Desember 2021 (*slave data*) dengan *sensing data* 17 Desember 2021 (*master data*). Analisis interferometrik dilakukan dengan mengaplikasikan data Sentinel-1 A (11 Desember 2021) dan Sentinel-1 B (17 Desember 2021) untuk melihat beda fase yang terjadi. Indikator warna menunjukkan perubahan permukaan tanah pada rentang 3,08 hingga 3,11 cm.

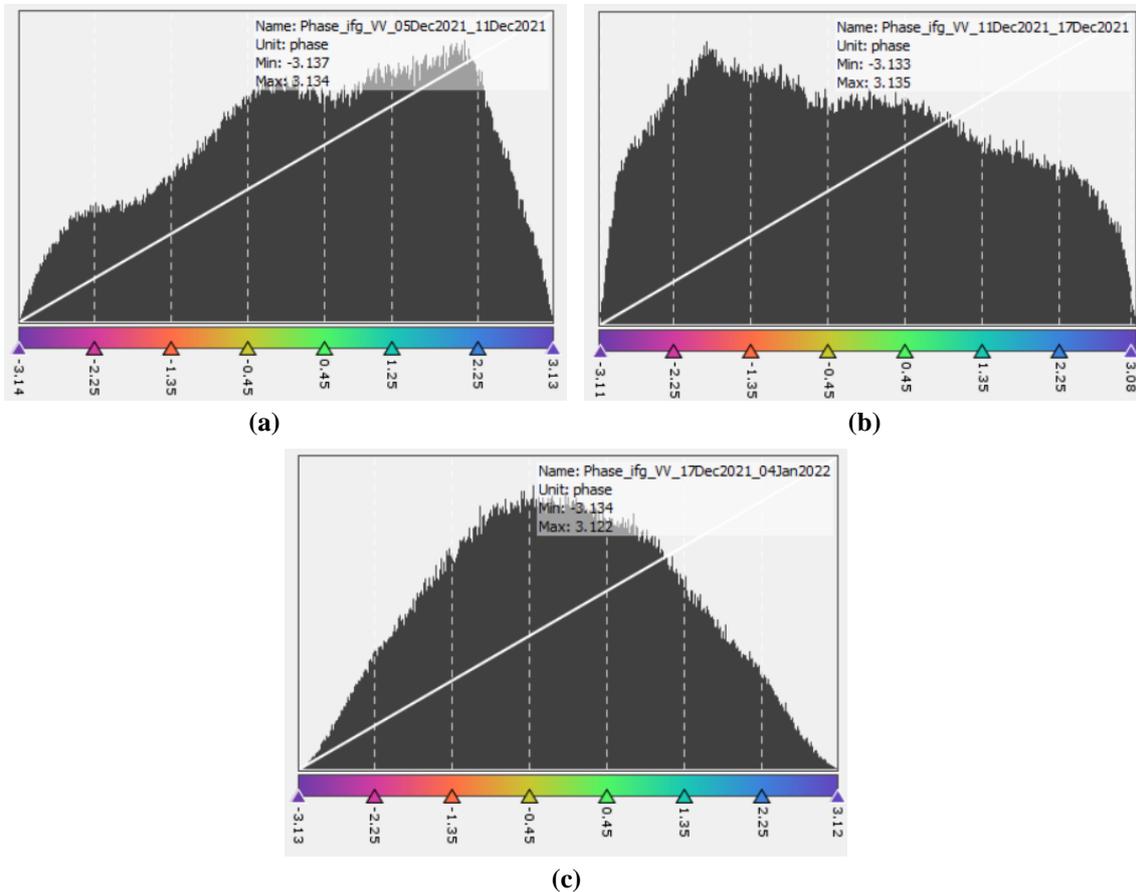


**Gambar 3.** Hasil analisis DInSAR menggunakan data SAR Sentinel-1 A dan Sentinel-1 B di Pulau Selayar pada saat (a) post-event, (b) event, (c) pasca-event gempa bumi 7,4 Mw NTT 2021

Analisis *pasca-event* dilakukan menggunakan data Sentinel-1 B (17 Desember 2021) dan Sentinel-1 A (04 Januari 2021). Indikator warna menunjukkan perubahan permukaan tanah pada nilai yang lebih stabil pada 3,12 cm. Semua range color mewakili perubahan permukaan tanah lebih dari 3 cm. Positive dan negative nilai beda fase menunjukkan perubahan berupa penurunan atau peningkatan permukaan tanah yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 4 dibawah ini merupakan grafik histogram sebaran nilai beda fase yang didapatkan dengan menganalisis metode DInSAR menggunakan data Sentinel-1 A dan Sentinel-1 B pada observasi sebelum kejadian gempa bumi yakni 05 Desember 2021 dan 11 Desember 2021. Sebaran nilai beda fase post event menunjukkan sebaran nilai meningkat

menuju nilai beda fase positif. Sedangkan sebaran nilai pada saat event atau kejadian gempa bumi 14 Desember 2021 yakni 11 Desember 2021 dan 17 Desember 2021 menunjukkan fluktuasi sebaran nilai beda fase pada negative value.



**Gambar 4** Sebaran nilai beda fase dari DInSAR menggunakan data SAR Sentinel-1 A dan Sentinel-1 B di Pulau Selayar pada saat (a) post-event, (b) event, (c) pasca-event Gempa Bumi 7,4 Mw NTT 2021

Adapun sebaran nilai pasca-event dengan observasi data 17 Desember 2021 dan 04 Januari 2022 menunjukkan sebaran nilai beda fase yang relatif stabil dengan puncak sekitar 0 cm hingga lebih dari 1 cm.

## Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis maka dapat dilihat pada sebaran warna peta dan distribusi nilai (gambar 3 dan gambar 4) yakni lebih dari 50 persen sebaran nilai beda fase pada kategori event menunjukkan hasil penurunan permukaan tanah atau vertical deformation yang signifikan di Pulau Selayar. Nilai vertical deformation menunjukkan koherensi pada beberapa titik diantaranya pada dusun Padang dan dusun Baruja. Lokasi ini menjadi salah satu daerah terdampak kerusakan struktur dan infrastruktur akibat gempa bumi. Penurunan permukaan tanah disebabkan oleh energi rambatan yang ditimbulkan akibat gempa bumi yang terjadi pada 14 Desember 2021. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Jelének & Kopačková-Strnadová pada tahun 2021 mengenai analisis pengaruh gempa Kaikoura Earthquake (Mw 7.8) pada tahun 2016 menunjukkan gempa bumi memicu

terjadinya perubahan vertical landscape di New Zealand. Perubahan topografi, elevasi serta orthorektifikasi juga menunjukkan hasil yang signifikan pada kategori event

## SIMPULAN DAN SARAN

Gempa bumi berkekuatan 7,5 Mw menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur, infrastruktur, hingga perubahan permukaan tanah di Pulau Selayar. Perubahan permukaan tanah diidentifikasi dengan melihat nilai beda fase serta perambatan panjang gelombang dari energi yang dilepaskan saat gempa bumi terjadi. Perbedaan fase permukaan tanah diobservasi dengan melakukan pendekatan post-event dengan rentang waktu 5 desember 2021 hingga 11 desember 2021, event dengan rentang data pada 11 desember hingga 17 desember 2021, dan pasca event dengan rentang waktu 17 desember 2021 hingga 04 januari 2022 dengan memanfaatkan metode DInSAR. Perubahan fase tampak mencolok pada range event 11 desember hingga 17 desember. Pada observasi master 11 desember 2021 dan slave 17 desember 2021 didapatkan nilai beda fase maksimum pada 3.08 hingga -3.11. Dengan lebih dari 50 persen sebaran nilai beda fase menunjukkan penurunan permukaan tanah. Hal ini mendukung hipotesis penulis bahwa gempa bumi merupakan salah satu faktor yang dapat memicu terjadinya perubahan permukaan tanah.

## DAFTAR RUJUKAN

- Boukhemacha, M. A., Teleaga, D., Serbulea, M.-S., Poncos, V., Serpescu, I., Manoli, D. M., Haagmans, R. (2021). Combined In-Situ And Persistent Scatterers Interferometry Synthetic Aperture Radar (Psinsar) Monitoring Of Land Surface Deformation in Urban Environments - Case Study: Tunnelling Works in Bucharest (Romania). *International Journal of Remote Sensing*, 42(7), 2641-2662.
- Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F. (2007). *InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation*. Netherland: ESA Publications.
- Ilovitsh, A., Zach, S., & Zalevsky, Z. (2013). Optical Synthetic Aperture Radar. *Journal of Modern Optics*, 60(10), 803-807.
- Islam, F. Jundi, L. et al. (2017). Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Kota Semarang Menggunakan Citra Sentinel-1 Berdasarkan Metode Dinsar pada Perangkat Lunak Snap. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(2), 29-36.
- Jelének, J., & Kopačková-Strnadová, V. (2021). Synergic Use of Sentinel-1 And Sentinel-2 Data for Automatic Detection of Earthquake-Triggered Landscape Changes: A Case Study of the 2016 Kaikoura Earthquake (Mw 7.8), New Zealand. *Remote Sensing of Environment*, 265, 112634.
- Lusy, I., Suwarni, N., Miswar, D., & Jaya, M. T. B. (2020). Pemodelan Bencana Longsor Berbasis Spasial. *LaGeografia*, 19(1), 16-27.
- Ningsih, Y. W., Imawati, N. D., A'dawiyah, R., Prihastomi, A., Gunawan, G., & Widyatmoko, W. (2020). Identifikasi Kesiapan Sekolah Menengah Muhammadiyah untuk Implementasi Sekolah Siaga Bencana di Kecamatan Wedi Kabupaten Klaten. *LaGeografia*, 18(2), 99-108.
- Ng, A. H.-M., Ge, L., Du, Z., Wang, S., & Ma, C. (2017). Satellite Radar Interferometry for Monitoring Subsidence Induced by Longwall Mining Activity Using Radarsat-2, Sentinel-1 and ALOS-2 Data. *International Journal of Applied Earth Observation*

and *Geoinformation*, 61, 92–103.

Periasamy, S., Senthil, D., & Shanmugam, R. S. (2019). A Soil Texture Categorization Mapping From Empirical and Semi-Empirical Modelling of Target Parameters of Synthetic Aperture Radar. *Geocarto International*, 36(2), 1-15.

Syahreza, S., Fadhil, Saepuloh, A., Jefriza, Lateh, H. (2018). Combining the Sentinel-1A/B DinSAR Interferometry to Detect Deformation Associated with Pidie Jaya Earthquake. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1120. 012021.