

Analisis Deformasi Gunung Agung Berdasarkan Data Citra SAR Sentinel-1A dan Metode D-InSAR

Lysa Dora Ayu Nugraini^{*1)}, Dika Ayu Safitri²⁾

¹⁾Teknik Geomatika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

²⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

*Email: lysa.dora@upnyk.ac.id

Abstrak – Gunung Agung merupakan salah satu gunung berapi aktif di Indonesia yang terletak di Kabupaten Karangasem Provinsi Bali, yang pada tanggal 21 November 2017 silam telah meletus dan mengakibatkan ribuan orang mengungsi. Monitoring aktivitas fisik gunung berapi penting untuk dilakukan guna memahami proses dan perilaku gunung berapi. Salah satu aktivitas fisik gunung berapi yang dapat secara berkala diamati adalah deformasi permukaan sebagai salah satu parameter ada tidaknya peningkatan aktivitas magma di bawah permukaan gunung itu sendiri. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh sensor aktif dalam rangka menganalisis deformasi permukaan yang terjadi di Gunung Agung sesaat sebelum meletus menggunakan citra Sentinel-1A dan metode D-InSAR. Hasil pengolahan data menunjukkan adanya deformasi yang terjadi di Gunung Agung sebelum terjadi letusan. Nilai deformasi bervariasi, dimana *uplift* terjadi pada wilayah puncak Gunung Agung dan wilayah Budakeling yang terletak disebelah tenggara dengan besar nilai *uplift* pada kedua titik sampel ini adalah 4 hingga 5 cm. Sedangkan rata-rata kejadian *subsidence* terjadi di wilayah Sukadana yang berada di utara dan berjarak 10 km dari puncak Gunung Agung dengan nilai penurunan tanah sebesar 4-5 cm.

Kata Kunci: Deformasi, Gunung Agung, Sentinel-1A, D-InSAR.

Abstract – Mount Agung is one of the active volcanoes in Indonesia located in Karangasem Regency, Bali Province, which erupted on November 21, 2017, displacing thousands of people. Monitoring the physical activity of volcanoes is essential to understand the process and behavior of volcanoes. One of the physical activities of the volcano that can be regularly observed is surface deformation as one of the parameters of whether or not there is an increase in magma activity under the mountain's surface. This research utilizes active sensor remote sensing technology to analyze the surface deformation on Mount Agung shortly before the eruption using Sentinel-1A images and the D-InSAR method. The data processing results show the deformation that occurred on Mount Agung before the eruption. The deformation value varies, where uplift occurs in the peak area of Mount Agung and the Budakeling area located to the southeast. The uplift value at these two sample points is 4 to 5 cm. At the same time, the average subsidence occurred in the Sukadana area located in the north and 10 km away from the peak of Mount Agung, with a subsidence value of 4-5 cm.

Keywords: Deformation, Mount Agung, Sentinel-1A, D-InSAR.

PENDAHULUAN

Gunung Agung yang terletak di Kabupaten Karangasem Provinsi Bali meletus pada tanggal 21 November 2017. Status Gunung Agung sempat diturunkan dari awas menjadi siaga pada akhir Bulan Oktober 2017 (Tribun Bali, 2017). Namun pada tanggal 9 November 2017, PVMBG mencatat aktivitas Gunung Agung mulai pukul 00.00-06.00 WITA mengalami gempa vulkanik dangkal mencapai 10 kali, vulkanik dalam 8 kali, 2 kali gempa tektonik lokal, 2 kali gempa tektonik jauh dan satu kali gempa terasa yang berkekuatan 5 SR dengan durasi 198 detik. BMKG mencatat gempa dangkal berkekuatan 5 SR terjadi pada 9 November 2017 pukul 05.54 WITA berpusat di 12 km timur laut Gunung Agung tepatnya di daerah Kubu, Kabupaten Karangasem, Bali (Nasional Tempo, 2017). Berdasarkan informasi peningkatan aktifitas Gunung Agung dari awal bulan November hingga meletus tanggal 21 November 2017 tersebut, maka pengamatan deformasi permukaan sangat penting untuk dianalisis sehingga dapat dipahami proses dan perilaku gunung api tersebut sesaat sebelum meletus.

Pengamatan deformasi permukaan pada prinsipnya dapat dilakukan dengan pengamatan lapangan menggunakan GNSS Geodetik dan sipat datar (Yulita, 2018). Namun, karena keterbatasan sumber daya pada pengamatan langsung, penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh sensor aktif dalam rangka menganalisis deformasi yang terjadi di Gunung

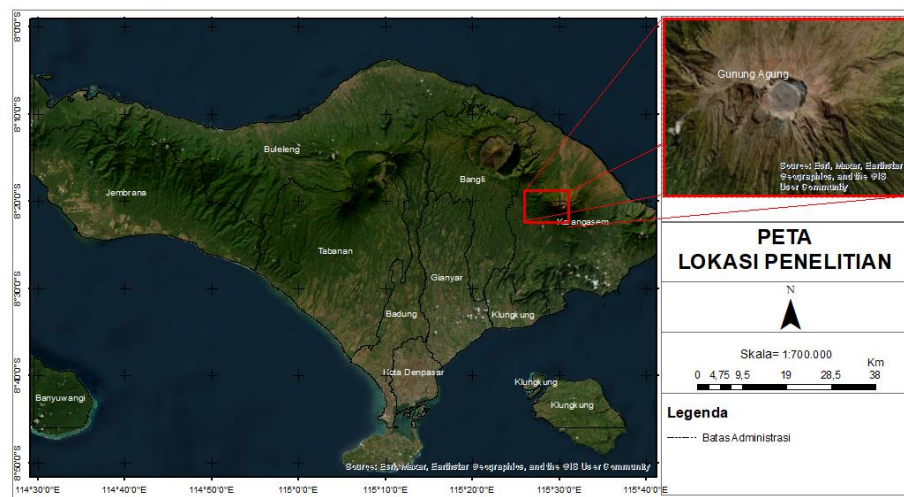
Agung sesaat sebelum meletus. *Synthetic Aperature Radar* (SAR) merupakan perkembangan teknologi penginderaan jauh sensor aktif yang telah populer untuk mengakuisisi data citra radar diatas permukaan bumi tanpa bergantung pada kondisi cuaca maupun waktu pengambilan data (Uys, 2016). Penggunaan metode *Differential Interferometric Aperature Radar* (D-InSAR) yang merupakan perkembangan dari metode SAR telah memberikan dorongan terhadap perkembangan teknologi penginderaan jauh sensor aktif dalam melakukan identifikasi deformasi permukaan pada objek diatas muka bumi. Dimana prinsip D-Insar adalah dengan mengukur perbedaan fase gelombang dari dua buah citra radar pada waktu yang berbeda di area kajian yang sama (Bassols, Vazquez-Sune, Crosetto, Barra, & Gerard, 2021). Pasangan citra ini kemudian dianalisis ada tidaknya perubahan permukaan hingga subsentimeter disepanjang *Line of Sight* (LoS) (Yulita, 2018).

Sentinel-1 merupakan salah satu produk citra sensor aktif yang dikeluarkan oleh *European Space Agency*. Satelit kembar yang membawa antena radar dengan resolusi $2,7 \times 22$ m to $3,5 \times 22$ m pada mode *Interferometric Mode* (IW) dengan lebar sapuan hingga 250 km, yang secara khusus dapat mendukung operasional yang berhubungan dengan pengamatan permukaan bumi secara rutin (Sowter, et al., 2016 dalam Yulita, 2018), dan secara global mampu mengestimasi deformasi sampai dengan satuan milimeter (Safitri, 2021 dan Yulita, 2018).

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Gunung Agung Kabupaten Karangasem Provinsi Bali. Periode penelitian dilakukan sesaat sebelum terjadinya bencana gunung meletus pada 21 November 2017. Secara rinci, lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepasang citra Sentinel-1A mode IW yang melintas secara *ascending* dengan menggunakan *band* polarisasi tunggal (VV). Sepasang citra tersebut adalah 1 buah citra tanggal 8 November 2017 yang kemudian digunakan sebagai *master* dan citra tanggal 20 November 2017 yang digunakan sebagai *slave*. Data citra dapat diunduh secara gratis di website <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>. Data lain yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data *Digital Elevation Model* (DEM) SRTM dengan ketelitian 1 *arc second*. Data DEM digunakan sebagai referensi elevasi yang akan berguna untuk menghapus efek topografi pada tahap pemrosesan citra SAR.

Tahap pemrosesan data menggunakan software *open source* GMTSAR berbasis linux (Sandwell, Mellors, Tong, Wei, & Wessel, 2011) yang dikembangkan oleh San Diego State University dan software *Generic Mapping Tools* (GMT) digunakan untuk tampilan hasil analisis data.

Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dapat dilakukan secara paralel antara pengolahan citra SAR dan pengolahan DEM. Pada penelitian ini pemrosesan data dimulai dengan melakukan konversi data DEM ke koordinat radar melalui *command* `dem2topo_ra.csh`.

tujuan dari langkah ini adalah untuk mengkonversi data DEM yang berkoordinat geografis ke dalam koordinat radar (Yulita, 2018) dalam bentuk *range* dan azimuth (Azhari, Karyanto, Rasimeng, & Mulyanto, 2020).

Data citra SAR Sentinel-1A yang telah diunduh kemudian dilakukan proses koregistrasi (*alignment*) yang bertujuan untuk mencocokkan piksel (Yulita, 2018) yang terdapat pada citra *slave* dengan citra *master* sehingga diperoleh citra *interferogram*.

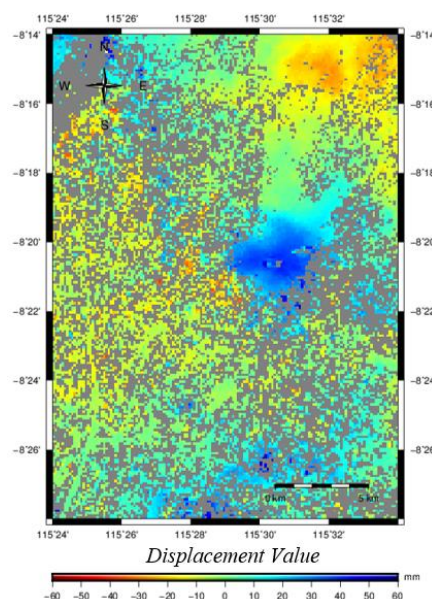
Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan *phase interferogram* melalui *interferogram generation* yang merupakan proses untuk mendapatkan *phase displacement* atau pola deformasi. Pola deformasi pada tahap ini perlu dilakukan proses filtering untuk meningkatkan visibilitas pada *fringes* (Yulita, 2018) dan mengurangi *phase ambiguity*. *Fringes* berupa garis-garis tipis yang dihasilkan dari *interferogram* (Azhari, Karyanto, Rasimeng, & Mulyanto, 2020). *Filtering* yang dilakukan diantaranya adalah *pixel filtering* yang terjadi akibat adanya gangguan seperti *speckle noise* (Yulita, 2018). Tahap *filtering* lainnya yaitu *flat earth phase removal* dan *topografi effect removal*. Proses *Topografi effect removal* memerlukan data DEM. Nilai DEM ini kemudian dikurangi dengan *differential interferogram* asli (Zhou, Chang, & Li, 2009).

Penentuan *coherence threshold* pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan rentang nilai koherensi tertentu. Nilai Koherensi menunjukkan sejauh mana tiap pixel antara citra master dengan slave memiliki kemiripan (Yulita, 2018). Penelitian ini mengambil rentang nilai koherensi antara 0.2 hingga 1, yang artinya nilai antara 0,2 hingga 1 dapat dipertimbangkan sebagai *scattered* sedangkan yang kurang dari 0,2 dipertimbangkan sebagai *bad pixel* untuk kemudian dibuang (Mellors, 2013 dalam Yulita, 2018).

Proses selanjutnya yaitu dengan melakukan proses *phase unwrapping* yaitu perhitungan deformasi dari pengamatan satelit (Yulita, 2018). Nilai negatif menunjukkan *subsidence*, sedangkan nilai positif menunjukkan adanya *uplift*. *Uplift* dan *subsidence* inilah yang kemudian dimasukkan kedalam parameter terjadinya deformasi permukaan secara vertikal di lokasi penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sebaran nilai deformasi di Gunung Agung yang diperoleh melalui pemrosesan citra Sentinel-1A sesaat sebelum meletus, dengan menggunakan metode D-InSAR dapat dilihat pada Gambar 2. Peningkatan warna menjadi biru tua dengan *displacement value* bernilai positif diinterpretasikan sebagai kejadian *uplift* sedangkan peningkatan warna menjadi merah tua dengan *displacement value* bernilai negatif diinterpretasikan sebagai kejadian *subsidence*. Warna abu-abu yang tersebar dilokasi penelitian menunjukkan bahwa pada saat pengolahan citra, nilai koherensi pada lokasi tersebut tidak masuk kedalam rentang 0,2 hingga 1, sehingga dianggap sebagai *bad pixel* dan tidak memiliki nilai deformasi.

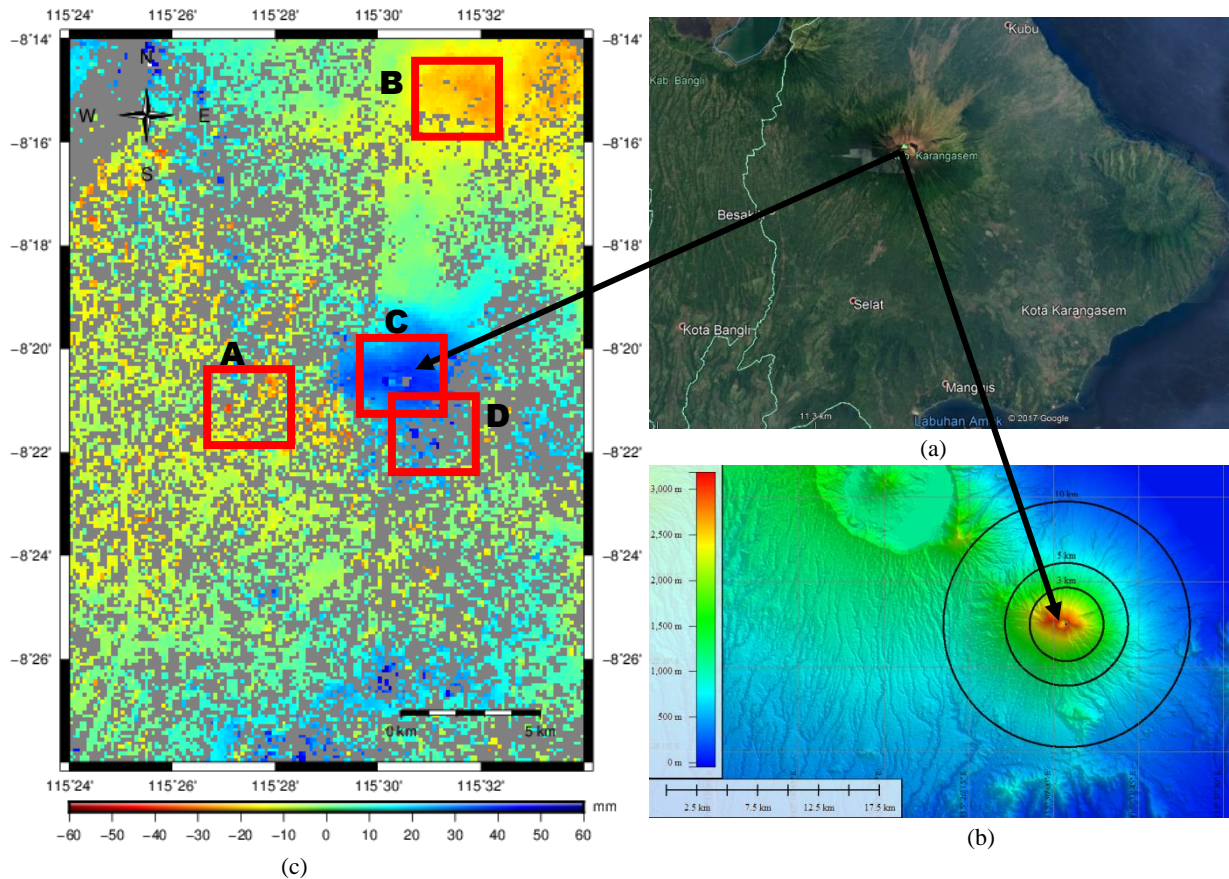


Gambar 2. Sebaran Nilai Deformasi Gunung Agung Sesaat Sebelum Letusan November 2017

Agar diperoleh analisis yang lebih dalam tentang lokasi mana saja yang terjadi *uplift* dan *subsidence*, penelitian ini membatasi radius area analisis terjauh adalah 10 km dari puncak gunung, dengan 4 lokasi sampel. Keempat lokasi sampel tersebut diantaranya terletak di wilayah Sebudi sebagaimana ditunjuk oleh kotak A, Sukadana sebagaimana ditunjuk oleh kotak B, Pura Luhur Giri Tohlangkir sebagaimana ditunjuk oleh kotak C, dan Budakeling sebagaimana ditunjuk oleh kotak D pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Lokasi Sampling



Gambar 4. (a) Foto Satelit Lokasi Gunung Agung Karangasem-Bali
 (b) Data Ketinggian Gunung Agung berdasarkan Citra DEM SRTM1 (30 m)
 (c) Nilai Deformasi Wilayah Gunung Agung pada Rentang Penelitian 2017

Dari Gambar 4 (c) diatas, dapat dilihat bahwa hasil pengolahan metode D-InSAR memperlihatkan wilayah dalam kotak A dan sebagian besar wilayah di sisi Barat Gunung Agung mengalami pengurangan nilai *phase* yang menjadi parameter adanya aktifitas deformasi di wilayah itu. Deformasi akibat pengurangan nilai *phase* ini mengindikasikan bahwa wilayah tersebut pada tanggal citra *slave* diambil mengalami *subsidence* relatif terhadap citra *master* yang diambil pada tanggal 8 November 2017 sebelum peningkatan aktifitas Gunung Agung. Pada gambar yang sama, aktifitas *subsidence* atau penurunan tanah terbanyak terjadi di wilayah utara yang ditunjukkan oleh kotak B. Wilayah ini berjarak 10 km dari Puncak Gunung Agung (lihat Gambar 4 (b)) dengan besar deformasi rata-rata adalah 3 cm. Sedangkan aktifitas di puncak Gunung Agung sendiri yang ditunjuk oleh kotak C pada Gambar 4(c) pada citra *slave* tanggal 20 November 2017, mengalami penambahan nilai *phase* yang berarti terjadi *uplift* dengan nilai rata-rata pada lokasi tersebut sebesar 4-5 cm relatif terhadap citra *master* yang diambil sebelum peningkatan aktivitas Gunung Agung. Di wilayah tenggara yang berjarak kurang lebih 2,5 km dari puncak Gunung Agung tepatnya di Desa Budakeling yang ditunjuk oleh kotak D, terjadi *uplift* rata-rata sebesar 4-5 cm.

Tabel 1. Nilai Deformasi pada Titik Sampel sekitar Gunung Agung

Titik yang Dianalisis	Lokasi		Jarak Dari Kawah (km)	Deformasi	
	Koordinat (ϕ, λ)	Daerah		Keterangan	Nilai
A	-8.3615411259 115.4911901645	Sebudi Selat, Karangasem	3 km ke barat daya hingga 4 km ke barat	<i>Subsidence</i>	Var 3-5 cm
B	-8.2569934034 115.5354599981	Sukadana Kubu, Karangasem	10 km ke utara	<i>Subsidence</i>	3-4 cm
C	-8.346452 115.506907	Pura Luhur Giri Tohlangkir (tepi Kawah Gunung Agung)	0 km	<i>Uplift</i>	4-5 cm
D	-8.3643047316 115.5192955123	Budakeling Bebandem, Karangasem	2,5 km ke tenggara	<i>Uplift</i>	4-5 cm

PENUTUP

Hasil pengolahan citra Sentinel-1A menggunakan metode D-InSAR pada periode waktu 8 hingga 20 November 2017 menunjukkan adanya deformasi yang terjadi di Gunung Agung sesaat sebelum terjadi letusan. Nilai deformasi bervariasi, dimana *uplift* terjadi pada wilayah puncak Gunung Agung dan wilayah Budakeling yang terletak disebelah tenggara. Besarnya nilai *uplift* pada kedua titik sampel ini sebesar 4 hingga 5 cm. Sedangkan rata-rata kejadian *subsidence* terjadi di wilayah Sukadana yang berada di utara dan berjarak 10 km dari puncak Gunung Agung dengan nilai *subsidence* sebesar 4-5 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, M. F., Karyanto, Rasimeng, S., & Mulyanto, B. S. (Juli 2020). Analisis Deformasi Permukaan Menggunakan Metode DInSAR pada Studi Kasus Gempabumi Lombok Periode Agustus 2018. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6(2).
- Bassols, J. B., Vazquez-Sune, E., Crosetto, M., Barra, A., & Gerard, P. (2021). D-InSAR monitoring of Ground Deformation Related to the Dewatering of Construction Sites. A Case Study of Glories Square, Barcelona. *Engineering Geology* 286.
- Nasional Tempo. (den 9 November 2017). *PVMBG: Aktivitas Gunung Agung Meningkat Lagi*. Hämtat från Tempo.Co: <https://nasional.tempo.co/read/1032089/pvmbg-aktivitas-gunung-agung-meningkat-lagi> Desember 2017
- Safitri, E. D., Hayati, N., & Bioresita, F. (2021). Analisis Deformasi Akibat Aktivitas Vulkanik Menggunakan Data Citra Sentinel-1A dengan Metode DInSAR Three-pass Interferometry (Studi Kasus: Gunung Semeru, Jawa Timur). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), A399.
- Sandwell, D., Mellors, R., Tong, X., Wei, M., & Wessel, P. (2011). *GMTSAR: An InSAR Processing System Based on Generic Mapping Tools*. Lawrence Livermore National Laboratory.
- Tribun Bali. (den 30 Oktober 2017). *Tribun Bali*. Hämtat från [bali.tribunnews.com: http://bali.tribunnews.com/2017/10/30/10-fakta-aktivitas-gunung-agung-hingga-turun-status-jadi-siaga-kasbani-tidak-ada-unsur-tekanan](http://bali.tribunnews.com/2017/10/30/10-fakta-aktivitas-gunung-agung-hingga-turun-status-jadi-siaga-kasbani-tidak-ada-unsur-tekanan) Desember 2017
- Uys, D. (2016). InSAR: an Introduction. *ResearchGate*. doi:DOI: 10.1071/PVv2016n182p43
- Yulita, S. A. (2018). *Aplikasi Metode SBAS -DInsar Menggunakan Data Sentinel-1A untuk Pengamatan Penurunan Muka Tanah di Kota Surabaya*. Master Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Magister Teknik Geomatika, Surabaya.
- Zhou, X., Chang, N.-B., & Li, S. (2009). Applications of SAR Interferometry in Earth and Environmental Science Research. *Sensors*. doi:doi:10.3390/s90301876