

STUDI DEFORMASI GUNUNGAPI MENGUNAKAN METODE *DIFFERENTIAL INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR (DInSAR)* (Studi Kasus: Gunung Agung, Kab. Karang Asem, Bali)

BAGUS SURIPTO, HENRI KUNCORO², ESTU KRISWATI³

1. Institut Teknologi Nasional, Bandung
2. Institut Teknologi Nasional, Bandung
3. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG)
Email : bagussuripto42@gmail.com

ABSTRAK

Gunungapi Agung berlokasi di Kecamatan Rendang, Kabupaten Karangasem Bali, memiliki ketinggian 3.031 meter di atas permukaan laut dengan posisi geografis 8° 20' 30" Lintang Selatan dan 115° 30' 30" Bujur Timur. Tercatat sejak awal meletus tahun 1808 telah terjadi letusan sebanyak 5 kali hingga tahun 2018. Pada penelitian ini letusan yang dikaji ialah pada letusan 2 Juli 2018. Salah satu metode untuk menentukan nilai deformasi suatu objek di permukaan tanah, yaitu dengan cara DinSAR (*Differential Synthetic Aperture Radar*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola deformasi dan memetakan wilayah tubuh gunung agung yang mengalami perubahan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit Sentinel-1 dengan waktu perekaman pada tanggal 1 April hingga 31 Oktober 2018 dengan orbit *ascending* dan *descending*. Hasil dari penelitian ini adalah berupa peta deformasi nilai deformasinya. Pola deformasi yang dihasilkan yaitu pola deformasinya fluktuatif atau disebut juga tidak stabil karna terjadi naik turunnya permukaan tanah dan hasil nilai deformasi sebelum terjadinya erupsi yang terjadi pada tanggal 2 Juli 2018 cenderung bernilai negatif atau menunjukkan adanya *deflasi*, kemudian setelah terjadinya erupsi yang terjadi pada tanggal 2 juli 2018 nilainya cenderung positif atau menunjukkan adanya *inflasi*.

Kata kunci: Gunungapi, DinSAR, Pola Deformasi

1. PENDAHULUAN

Gunungapi Agung berlokasi di Kecamatan Rendang, Kabupaten Karangasem Bali, memiliki ketinggian 3.031 meter di atas permukaan laut dengan posisi geografis 8° 20' 30" Lintang Selatan dan 115° 30' 30" Bujur Timur. Gunungapi ini mempunyai kawah yang besar dan dalam, dan bentuknya yang mengerucut terdiri atas lava dan abu vulkanik. Oleh karena itu, gunungapi ini dikategorikan sebagai gunungapi tipe stratovolcano. Tercatat sejak awal meletus tahun 1808 telah terjadi letusan sebanyak 5 kali hingga tahun 2018 yang mengakibatkan banyak korban jiwa dan juga kerusakan daerah pemukiman di sekitarnya (Badan Geologi, 2018). Salah satu upaya mitigasi bencana yang dapat dilakukan terkait dengan erupsi yang terjadi pada Gunungapi Agung yaitu dengan cara melakukan pengamatan pergerakan pada tubuh gunungapi tersebut melalui pemantauan deformasi. (Hartono, 2019).

Deformasi pada gunung api terjadi karena aktivitas vulkanik berupa pergerakan magma di bawah permukaan yang berpengaruh pada perubahan tekanan pada kantong magma

(Jamel,dkk., 2013). Perubahan tersebut menyangkut perubahan geometri sehingga dalam pengukuran deformasi, parameter-parameter yang umum diukur adalah jarak antar titik, posisi titik, besarnya ungkitan, dan beda tinggi antar titik (Kriswati, 2011).

Salah satu metode untuk menentukan nilai deformasi suatu objek di permukaan tanah, yaitu dengan cara DinSAR. DInSAR (*Differential Synthetic Aperture Radar*) adalah metode pengukuran deformasi menggunakan teknik penginderaan jauh sensor aktif. Pada penelitian ini metode DInSAR memungkinkan untuk mendeteksi nilai deformasi hingga orde sentimeter (Gabriel, dkk.1989).. Nilai deformasi dapat dihitung dari selisih nilai fasa yang didapatkan dari perekaman citra *master* dan cita *slave* (Prasetyo dan Haniah, 2011). Data radar mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi deformasi bidang tanpa keterbatasan seperti yang dialami pada metode lapangan (Kriswati, 2011).

Pada penelitian ini dilakukan pemantauan deformasi yang disebabkan erupsi di Gunung Agung yang terjadi pada 2 Juli 2018 dengan menggunakan citra satelite Sentinel-1a yang terdiri dari Citra Sentinel-1a (*master*) dan Citra Sentinel-1a (slave) dengan orbit *Ascending* dan *Descending* dengan metode DinSAR untuk mengetahui pola dan nilai deformasi hingga satuan *centimeter* (cm).

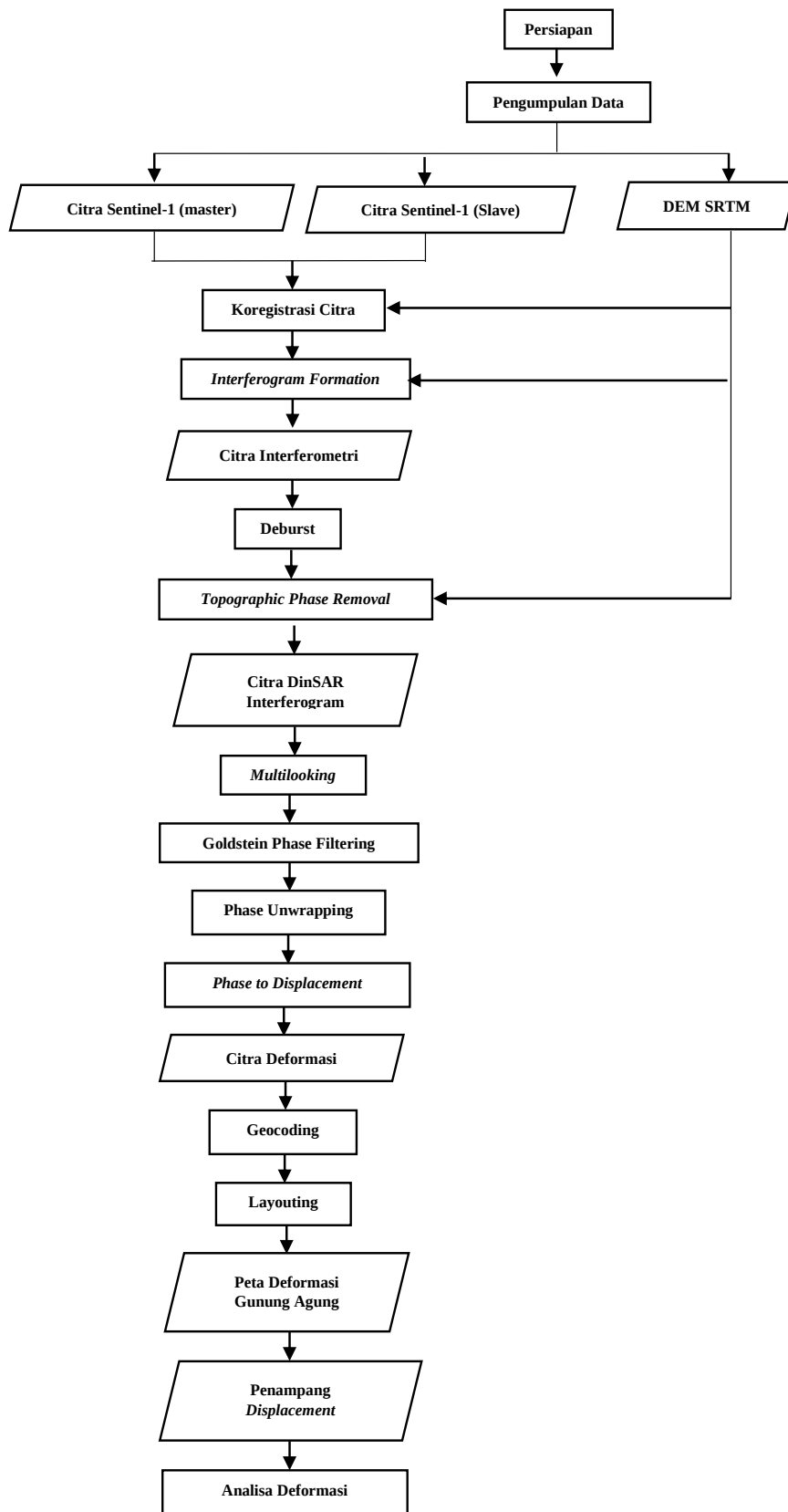
2. DATA DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Data, Peralatan, dan Lokasi Penelitian

Data yang digunakan berupa data Citra Sentinel-1a dengan perekaman tanggal 1 April 2018 sampai 31 Oktober 2018 dengan orbit *Ascending* dan *Descending*, dengan mode pengambilan datanya Interferometric Wide swath (IW), citra satelit ini memiliki resolusi 5m x 20m (single look) dan luas cakupannya 250 km, yang dikeluarkan oleh European Space Agency (ESA). Citra dengan mode IW ini dapat mengetahui informasi deformasi daerah yang diteliti. Lokasi penelitian ini dilakukan di Gunung Agung , Kabupaten Karangasem, Bali.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian dimulai dari pengumpulan data Citra Sentinel-1a,kemudian dilakukan tahap pengolahan Citra Sentinel 1a pada *software* SNAP. Pengolahan data ini dimulai dari tahap Koregistrasi Citra,*Interferogram* Formation *Deburst*,*Topographic Phase Removal*, *Multilooking*,*Goldstein Phase Filterring*,*Phase unwrapping*,*Phase to Displacement*,*Geocoding*, *Layouting*. Tahap pengolahan citra dilakukan untuk menghasilkan Citra deformasi dan juga untuk mendapatkan nilai deformasi. Untuk tahap perhitungan nilai deformasi dilakukan pada tahap *Phase Unwrapping* menggunakan algorima dari *Snaphu* pada *Windows Command* , kemudian didapat nilai deformasi dari dua buah data citra master dan slave, kemudain dilakukan tahap *Phase Unwrapping* yang berfungsi untuk mengubah satuan yang didapat dalam tahap *Phase Unwrapping* kedalam satuan meter karna satuan yang didapat pada tahap *Phase Unwrappingi* adalah satuan radian. Diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

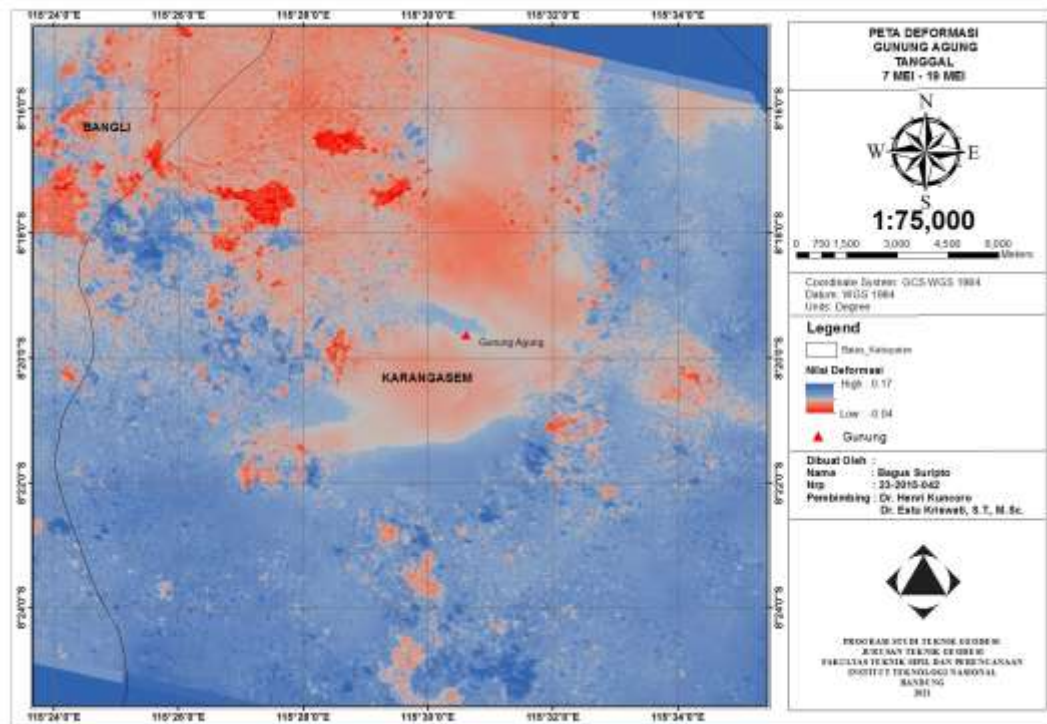


Gambar 1. Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

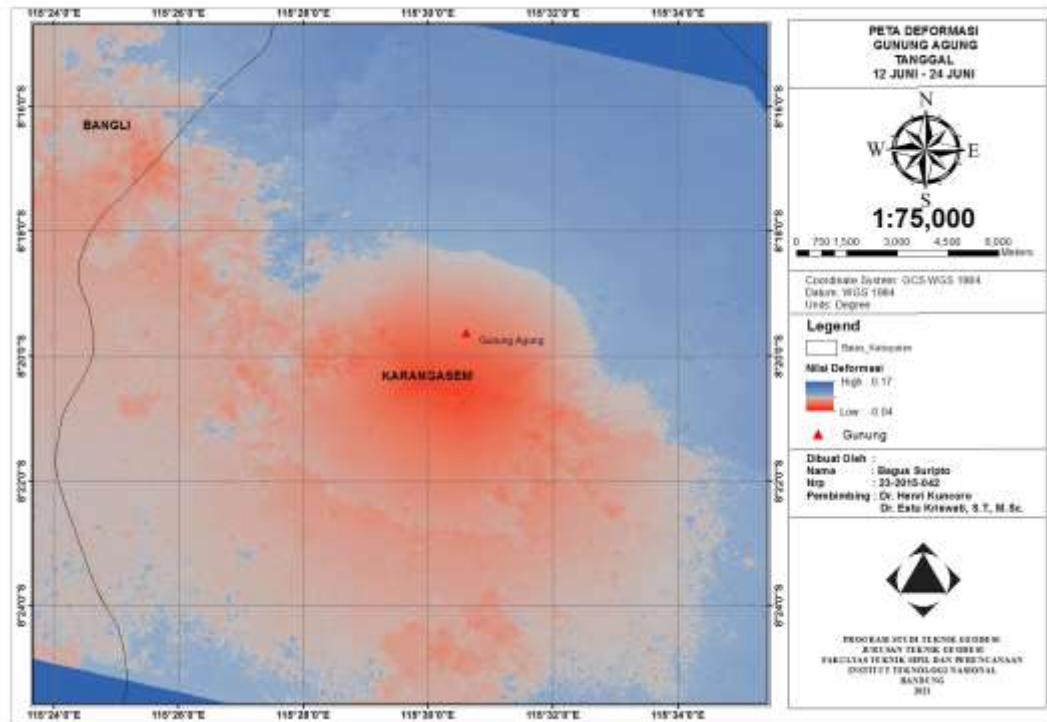
3.1 Peta Deformasi

Pada peta deformasi menunjukkan perubahan yang terjadi pada area kawah Gunung Agung Bali yang di tandai pada bagian yang berwarna merah yang menunjukkan adanya *Deflasi* sedangkan pada bagian yang berwarna biru menunjukkan adanya *Inflasi*, dengan nilai minimal sebesar -0.04 dan nilai maximal sebesar 0.17. Hasil Peta Deformasi dapat dilihat pada gambar 2 sampai gambar 5



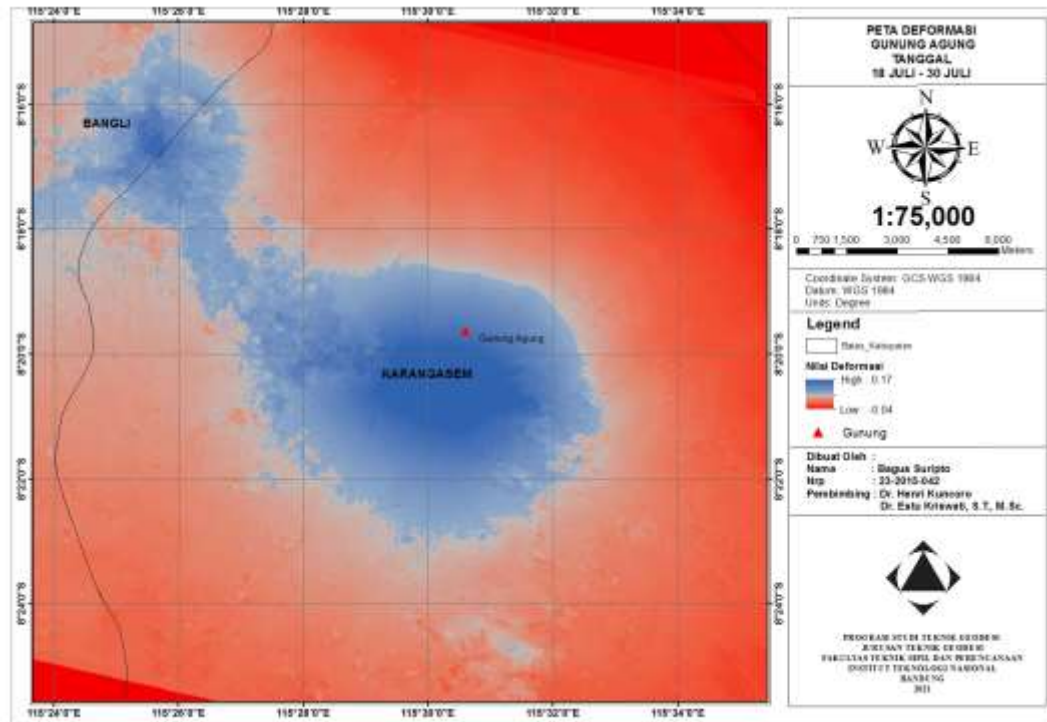
Gambar 2. Hasil Peta Deformasi Gunung Agung Tanggal 7 Mei - 19 Mei 2018

Hasil peta deformasi pada tanggal 7 Mei– 19 Mei menunjukkan adanya Deflasi di bagian kawah Gunung Agung pada bagian yang ditandai dengan warna merah sebesar -0,034 meter.



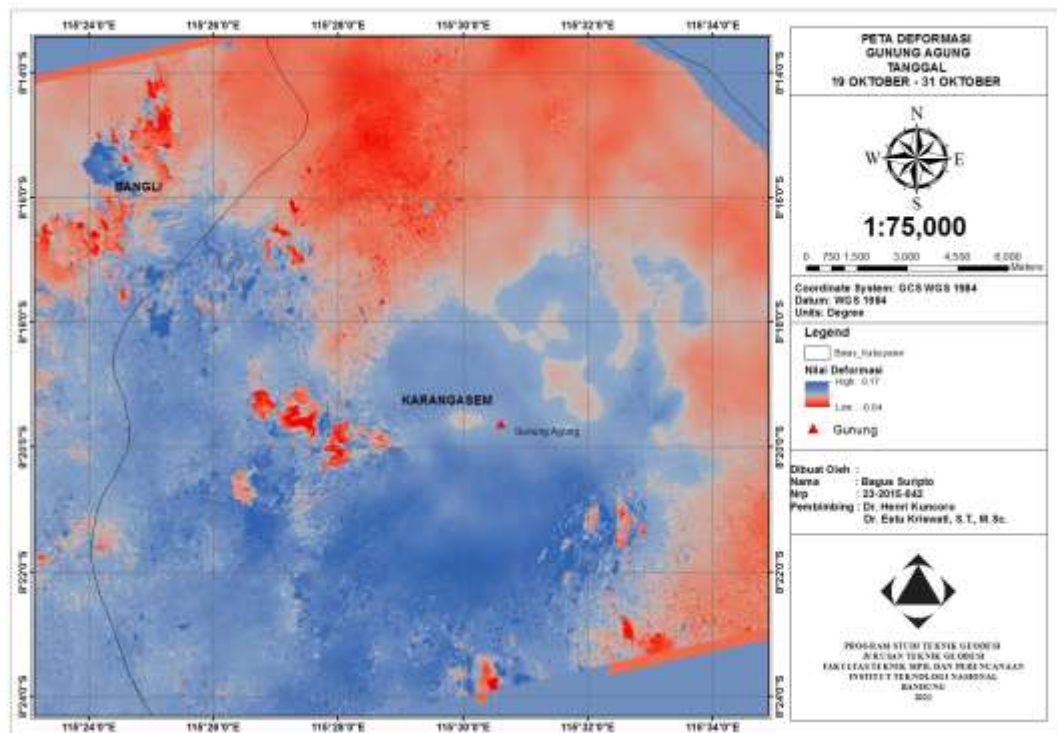
Gambar 3. Hasil Peta Deformasi Gunung Agung Tanggal 12 Juni - 24 Juni 2018

Hasil peta deformasi pada tanggal 12 Juni – 24 Juni menunjukkan adanya *Deflasi* di bagian kawah Gunung Agung pada bagian yang ditandai dengan warna merah sebesar -0.59 meter. Terjadi erupsi G. Agung pada hari Rabu, 13 Juni 2018, pukul 11:05 WITA dengan tinggi kolom abu teramati ± 2000 m di atas puncak (± 5142 m di atas permukaan laut). Kolom abu teramati berwarna kelabu dengan intensitas tebal ke arah barat daya dan barat. Erupsi ini terekam di seismograf dengan amplitudo maksimum 25 mm dan durasi 132 detik.



Gambar 4. Hasil Peta Deformasi Gunung Agung Tanggal 18 Juli - 30 Juli 2018

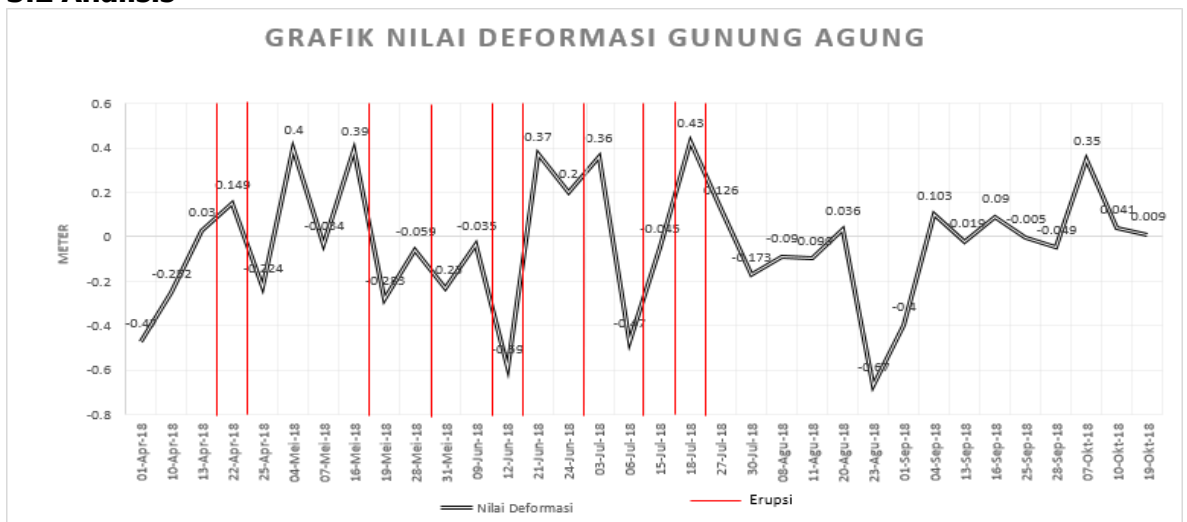
Hasil peta deformasi pada tanggal 18 Juli – 30 Juli menunjukkan adanya *Inflasi* di bagian kawah Gunung Agung pada bagian yang ditandai dengan warna biru sebesar 0.43 meter. Terjadi erupsi Gunung Agung pada hari Jumat, 27 Juli 2018, pukul 14:06 WITA dengan tinggi kolom abu teramati ± 2000 m di atas puncak (± 5142 m di atas permukaan laut). Kolom abu teramati berwarna putih hingga kelabu dengan intensitas tebal ke arah barat. Erupsi ini terekam di seismograf dengan amplitudo maksimum 22 mm dan durasi 92 detik.



Gambar 5. Hasil Peta Deformasi Gunung Agung Tanggal 19 Oktober - 31 Oktober 2018

Hasil peta deformasi pada tanggal 19 Oktober – 31 Oktober menunjukkan adanya *Inflasi* di bagian kawah Gunung Agung pada bagian yang ditandai dengan warna biru sebesar 0.009 meter.

3.2 Analisis



Gambar 6. Grafik Nilai Deformasi

Hasil dari penelitian menunjukkan perubahan yang terjadi pada Gunung Agung pada sebelum dan sesudah terjadinya erupsi yang terjadi pada tanggal 2 Juli 2018 berada di bagian kawah Gunung Agung di sebelah barat daya, hal ini disebabkan karna dampak letusan Gunung Agung terjadi condong ke sebelah barat hingga barat daya.

Hasil dari grafik nilai deformasi pada gambar 6 merupakan hasil pengolahan data dari pasangan Citra Master dan Slave yang memiliki orbit *Ascending* dan *Descending* yang digabungkan dalam satu grafik sehingga periode atau tanggalnya menjadi berurutan yang menunjukkan bahwa pola deformasi yang terjadi pada sebelum dan sesudah terjadinya erupsi pada 2 Juli 2018 menunjukkan pola deformasi yang tidak stabil atau disebut juga dengan fluktuaktif. Hal ini sama seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Ichsan, 2020) dimana pola deformasi yang dihasilkan dari pengolahan data pengamatan GPS memiliki hasil yang fluktuaktif, kemudian menurut (PVMBG, 2018) sebelum erupsi Gunung Agung yang terjadi pada 2 Juli 2018 Gunung Agung sudah mengalami erupsi pada 11 Januari 2018 dan diikuti dengan erupsi susulan yang terjadi setelahnya, jika dilihat dalam grafik yang ditandai dengan garis berwarna merah, erupsi Gunung Agung dalam Citra perekaman periode 1 April 2018 dan 19 Oktober terjadi pada Citra perekaman antara 13 April dan 22 April 2018, 22 April dan 25 April 2018, 16 Mei dan 19 Mei 2018, 28 Mei dan 31 Mei, 9 Juni dan 12 Juni 2018, 12 Juni dan 21 Juni 2018, 24 Juni dan 3 Juli 2018. Pada data antara tanggal 16 Mei dan 19 Mei 2018, 28 Mei dan 31 Mei 2018, 9 Juni dan 12 Juni 2018, hasil pengolahan menunjukkan adanya *Deflasi* atau pengempisan permukaan Gunung Agung, hal ini diperkuat dalam data kegempaan yang menunjukkan terjadinya erupsi. Kemudian setelah terjadi erupsi strombolian yang terjadi pada 2 Juli 2018 terjadi kembali erupsi susulan yang terjadi diantara Citra perekaman tanggal 6 Juli dan 15 Juli 2018, 15 Juli dan 18 Juli 2018, 18 Juli dan 27 Juli 2018. Kemudian pada Citra periode 27 Juli 2018 sampai 19 Oktober 2018, terekam adanya aktivitas Gunung Agung, namun menurut data kegempaan yang diperoleh dari PVMBG dan website *Magma.vsi.esdm.go.id* pada periode tersebut tidak terjadi erupsi tetapi pada periode tersebut merekam adanya aktivitas berupa Gempa Vulkanik dalam dan dangkal dengan aktivitas tertinggi pada Citra antara perekaman tanggal 13 September dan 16 September 2018 dengan Gempa Vulkanik dalam tertinggi yang terjadi sebanyak 15 kali yang terjadi pada tanggal 14 September 2018 dan Gempa Vulkanik dalam sebanyak 8 kali yang terjadi pada 15 September 2018.

Selanjutnya untuk nilai deformasi sebelum terjadi erupsi 2 Juli 2018 jika dilihat pada grafik menunjukkan nilai deformasi terendah terjadi dalam hasil pengolahan Citra diantara perekaman tanggal 9 Juni 2018 dengan tanggal 12 Juni 2018 dengan nilai deformasi sebesar -0,035 m sedangkan nilai deformasi tertinggi terjadi pada perekaman diantara tanggal 12 Juni 2018 dan 21 Juni 2018 dengan nilai deformasi sebesar -0,59 m, sedangkan untuk nilai deformasi sebelum terjadi letusan pada 2 Juli 2018 hasil nilai deformasinya cenderung negatif yang menunjukkan adanya *deflasi* dengan nilai *deflasi* terendah sebesar -0,04 m yang terjadi pada data perekaman diantara tanggal 4 Mei 2018 dan 7 Mei 2018, kemudian untuk nilai *deflasi* tertinggi sebesar -0,59 m yang terjadi pada perekaman Citra antara tanggal 9 Juni 2018 dengan 12 Juni 2018, sedangkan setelah terjadi erupsi pada tanggal 2 Juli 2018 nilai deformasinya cenderung positif yang menunjukkan adanya *Inflasi* dengan nilai *Inflasi* tertinggi sebesar 0,43 yang terjadi pada Citra perekaman tanggal 18 Juli 2018 dengan 27 Juli 2018 dan nilai *Inflasi* terendah sebesar 0,09 yang terjadi pada Citra pada perekaman tanggal 19 Oktober 2018 dengan 31 Oktober 2018.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian Studi Deformasi Gunungapi Menggunakan Metode *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (DinSAR). Maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pola deformasi Gunung Agung setelah dilakukan penelitian menggunakan metode DinSAR pada data Citra Satelit Sentinel-1a, maka pola deformasi Gunung Agung yang di hasilkan pola deformasinya fluktuaktif, atau terjadi kenaikan dan penurunan yang tidak stabil.
2. Untuk nilai deformasi hasil penelitian pada sebelum erupsi yang terjadi pada 2 Juli 2018 nilainya cenderung negatif atau cenderung terjadi *deflasi* dengan nilai

deflasi terendah sebesar -0,04 m dalam hasil pengolahan citra perekaman 7 Mei 2018 dengan 19 Mei 2018, lalu untuk nilai *deflasi* tertinggi sebesar -0,59 m dalam hasil pengolahan citra perekaman 12 Juni 2018 dengan 24 Juni 2018. Hal ini mengindikasikan gejala deformasi yang terjadi pada tubuh Gunung Agung berupa *deflasi* atau pengempisan yang disebabkan oleh efusi lava kedalam kawah puncak

3. Untuk nilai deformasi hasil penelitian pada Setelah terjadi erupsi yang terjadi pada 2 Juli 2018 nilainya cenderung positif atau cenderung terjadi *inflasi* dengan nilai *inflasi* terendah sebesar 0,09 m yang terjadi pada citra perekaman tanggal 19 Oktober 2018 dengan 31 Oktober 2018, lalu untuk nilai *inflasi* tertinggi sebesar 0,43 m dalam hasil pengolahan citra pada perekaman tanggal 17 Juli 2018 – 30 Juli 2018. Hal ini mengindikasikan gejala deformasi yang terjadi pada tubuh Gunung Agung berupa *inflasi* atau pembungaan yang disebabkan oleh peningkatannya intensitas kegempaan karna pergerakan magma.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan dapat ditambahkan data pengamatan GPS sebagai data validasi
2. Gunungapi Agung memerlukan penelitian yang berkelanjutan agar aktivitas Gunungapi Agung dapat terus terpantau serta mempermudah kegiatan upaya mitigasi bencana

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepda Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana yang telah membantu dalam menyediakan data untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., Darmawan, D., Kusuma, M.A., Hendrasto, M., Suganda, O.K., Gamal, M., Kimata, F., dan Rizos, C. (2001). Studi Deformasi Gunung Kelut Dengan Metode Survei GPS. Jurnal Surveying dan Geodesi, Vol.XI, No.1.
- Anonim, 2007 . Word Wide Web, [Http://www.rcamnl.wr.usgs.gov](http://www.rcamnl.wr.usgs.gov).
- Anonim, 2007 . Word Wide Web, [Http://csrc.ucsd.edu](http://csrc.ucsd.edu).
- Andreas, H., (2001). Analisis deformasi Gunung api Papandayan Memanfaatkan Parameter Baseline Hasil Survei GPS. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.
- Badan Geologi, (2018). Miliki 127 Gunung Api Aktif Jadikan Indonesia "Laboratorium" Gunung Api Dunia. <https://www.esdm.go.id/id/mediacenter/arsip-berita/miliki-127-gunung-api-aktif-jadikan-indonesialaboratorium-gunung-api-dunia>
- CCRS. (2015). Fundamentals of Remote Sensing.
- Chan, Y. K., dan Koo, V. C. (2008). An Introduction to Synthetic Aperture RADAR (SAR). Progress In Electromagnetics Research B, 2, 27-60.
- ESA.2017. Sentinel-1. <URL : http://www.esa.int/esapub/bulletin/bulletin131/bul131a_attema.pdf> Diakses pada 25 November 2019, pukul 19:00.
- Gabriel, A., Goldstein, R., & Zebker, H. (1989). Mapping Small Elevation Changes Over Large Area: Differential Radar Interferometry. Journal of Geophysical Resesarch, 9183-9191.

- Haniah, Y. 2011. "Pengenalan Teknologi Radar Untuk Pemetaan Spasial Di Kawasan Tropis". TEKNIK – Vol. 32 No.2.
- Hartono, A.R. (2019). Analisis Deformasi Gunung Api Agung Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kinematik Pada Erupsi Tahun 2017 Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Indra. (2011). Penggunaan Dual Pass Differential InSAR untuk Pemantauan Deformasi (Studi Kasus: Sesar Palu-Koro). Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB.
- Ichsan (2020). Analisis Renggangan Gunung Agung Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2017 Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Jamel, I., Meilano, I., Gumilar, I., Sarsito, D.A., dan Abidin, H.Z., (2013). Analisis Deformasi Gunung Api Papandayan Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2002 – 2011, Volume 2 Nomor 3 : 3
- Julzarika, A. Sudarsono, B., 2009. Penurunan Model Permukaan Dijital (DSM) menjadi Model Elevasi Dijital (DEM) dari Citra Satelit ALOS Palsar, Jurnal Teknik UNDIP, Semarang.
- Kriswati, Estu. (2011). *Remote Sensing* Untuk Pemantauan Deformasi Gunung Api. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Volume 6 Nomor 1: 31-37.
- Kuang, S. (1996). Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications. Ann Arbor Press.
- Kusman, A. (2008). Studi Deformasi Gunung Api Batur dengan Menggunakan Teknologi SAR Interferometri (InSAR). Bandung: Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, ITB.
- Lillesand, T. M., dan Keifer, R. W. (1994). Remote Sensing and Image Interpretation. Third Edition . United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Martono, D. N. (2008). Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh dan Uji Validasinya untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah dan Penggunaan/ Penutupan Lahan. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008 (SNATI 2008)
- Minchella A. (2016). Satellite Applications: SNAP-Sentinel-1 in a Nutshell. Innovate UK Technology Strategy Board, <https://sa.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2016/05/SNAP-Sentinel-1-Nutshell.pdf>, diakses pada 20 Desember 2019, pukul 21.35 WIB.
- Mura, J., Paradella, W., Gama, F., Santos, A., Galo, M., Camargo, P., Silva, A., dan Silva, G. (2014). "Monitoring of Surface Deformation in Open Pit Mine Using DInSAR TimeSeries: A Case Study in the N5W Iron Mine (Carajás, Brazil) Using TerraSAR-X Data". Proc. of SPIE Vol. 9243. SPIE
- Nurjanah. (2012). Kajian Mitigasi Bencana Erupsi Gunung Merapi di Kecamatan Camkringan Kabupaten Sleman.
- Pratomo, Indyo. (2006). Klasifikasi Gunung api Aktif Indonesia, Studi Kasus dari Beberapa Letusan Gunung api dalam Sejarah. Museum Geologi.
- Purna, Teguh. (2009). Penggunaan Teknologi InSAR Untuk Studi Deformasi. Teknik Geodesi dan Geomatika. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian. Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Prasetyo, Haniah. (2011) Pengenalan Teknologi Radar Untuk Pemetaan Spasial di Kawasan Tropis
- PVMBG, 2018. Informasi Letusan (16 Mei 2021 19:30) dipetik dari : <https://magma.esdm.go.id>
- Subiyanto, K.H. (2017). Analisis Deformasi Gunung Api Galunggung Berdasarkan Data Pengamatan GPS Geodetik Periode April 2015 – Oktober 2016. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Susanto, Julzarika, A., 2009. Pemanfaatan Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) Untuk Pemodelan 3d (DSM, DEM dan DTM).

- Susanto, Julzarika, A., 2009. Pemanfaatan Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) Untuk Pemodelan 3d (DSM, DEM dan DTM)
- Yudha, E., Mulyo, B., Yuwono., dan Wiweka. (2010). Studi Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Teknologi *Interferometry Synthetic Aperture Radar* (InSAR). Program Studi Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta.