

**PEMANTAUAN DEFORMASI GUNUNG API DENGAN METODE
DIFFERENTIAL INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR
(DInSAR)
PERIODE TAHUN 2019–2024
(Studi Kasus: Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan
Gunung Awu)**

NADYA LUTHFIYAH AMALIA¹, SONI DARMAWAN²

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
 2. Institut Teknologi Nasional Bandung
- Email: nadyaluthfiy@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Manifestasi dari keberadaan gunung api tentunya memiliki dampak secara langsung terhadap lingkungan baik itu positif atau negatif, salah satu dampak negatifnya adalah bahaya letusan gunung api. Pemantauan aktivitas gunung diperlukan untuk mengetahui status gunung mulai dari aktif normal, waspada, siaga hingga awas, untuk dilakukannya tindakan preventif atau evakuasi apabila ada bencana letusan. Dalam pelaksanaan monitoring deformasi ini menggunakan metode Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR), yaitu suatu metode teknologi penginderaan Jauh yang menggunakan citra hasil dari satelit radar. Pada penelitian ini menggunakan data citra sentinel-1, yang diproses secara cloud computing pengolahan DInSAR melalui laman ASF Alaska. Hasil pemantauan deformasi pada Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu, didapatkan Gunung Merapi mengalami aktivitas deformasi inflasi pada periode 2019, 2020, 2023, dan 2024 dengan nilai rata-rata sebesar 0.00548335 m - 0.0340384 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi terjadi pada periode 2021 dan 2022 dengan rata-rata deflasi sebesar -0.0247824 m - -0.05256405 m. Selanjutnya Gunung Sinabung mengalami aktivitas deformasi inflasi pada periode 2019, 2020, 2023, dan 2024 dengan nilai rata-rata sebesar 0.01156355 m - 0.0226108 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi terjadi pada periode 2021 dan 2022 dengan rata-rata sebesar -0.030459 m - -0.04549775 m. Berikutnya, Gunung Ijen mengalami aktivitas deformasi inflasi pada periode tahun 2020, 2022, 2023, dan 2024 dengan nilai rata-rata sebesar 0.00121845 m - 0.0126187 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi terjadi pada periode 2019 dan 2021 dengan rata-rata sebesar -0.02245965 m - -0.03785745 m. Selanjutnya, Gunung Awu mengalami aktivitas deformasi inflasi pada periode tahun 2019, 2020, 2021, 2023, dan 2024 dengan nilai rata-rata sebesar 0.00424515 m - 0.0232712 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi terjadi pada periode 2022 dengan rata-rata sebesar -0.0525549 m. Dari hasil tersebut terjadi beberapa kesesuaian aktivitas dengan data catatan aktivitas vulkanik dari Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode 2019–2024.

Kata Kunci: *Gunungapi, Deformasi, DInSAR, Penginderaan Jauh*

ABSTRACT

The manifestation of the existence of volcanoes certainly has a direct impact on the environment, whether positive or negative; one of the negative impacts is the danger of volcanic eruptions. Monitoring volcanic activity is necessary to determine the status of the volcano, ranging from normal active, alert, standby, to watch, in order to take preventive measures or evacuate in case of an eruption disaster. In the implementation of this deformation monitoring, the Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) method is used, which is a remote sensing technology that employs images from radar satellites. This research uses Sentinel-1 image data, processed through cloud computing DInSAR processing via the ASF Alaska site. The results of the deformation monitoring of Mount Merapi, Mount Sinabung, Mount Ijen, and Mount Awu reveal that Mount Merapi has experienced inflation deformation activity in the periods of 2019, 2020, 2023, and 2024 with an average value of 0.00548335 m - 0.0340384 m. The deflation deformation activity occurred in the periods of 2021 and 2022, with an average deflation of -0.0247824 m - -0.05256405 m. Furthermore, Mount Sinabung experienced inflation deformation activity in the periods of 2019, 2020, 2023, and 2024, with an average value of 0.01156355 m - 0.0226108 m. Meanwhile, the deflation deformation activity took place in the periods of 2021 and 2022, with an average of -0.030459 m - -0.04549775 m. Next, Mount Ijen experienced inflation deformation activity in the years 2020, 2022, 2023, and 2024, with an average value of 0.00121845 m - 0.0126187 m. The deflation deformation activity occurred in the periods of 2019 and 2021, with an average of -0.02245965 m - -0.03785745 m. Subsequently, Mount Awu experienced inflation deformation activity in the years 2019, 2020, 2021, 2023, and 2024, with an average value of 0.00424515 m - 0.0232712 m. The deflation deformation activity took place in 2022, with an average of -0.0525549 m. From the results, there are several alignments of activities with the activity record data of volcanic activity from Mount Merapi, Mount Sinabung, Mount Ijen, and Mount Awu during the period of 2019–2024.

Keywords: *Volcano, Deformation, DInSAR, Remote Sensing*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang secara geografis terletak di tepi Lempeng Samudra Pasifik masuk dalam area Cincin Api Pasifik, memiliki jumlah gunungapi aktif sebanyak 127 titik, terbanyak di dunia dan menduduki peringkat pertama dengan jumlah korban jiwa terbanyak, kutipan dari laman <http://magma.esdm.gi.id>. Menurut Wismaya (2016), manifestasi dari keberadaan gunung api tersebut tentunya memiliki dampak secara langsung terhadap lingkungan baik itu positif atau negatif, salah satu dampak negatifnya adalah bahaya letusan gunung api. Pemantauan aktivitas gunung diperlukan untuk mengetahui status gunung mulai dari aktif normal, waspada, siaga hingga awas, kemudian informasi ini disampaikan kepada pihak berwenang untuk dilakukannya tindakan preventif atau evakuasi apabila ada bencana letusan.

Dalam metode penentuan aktivitas pada gunung api, terdapat berbagai macam metode, salah satunya deformasi. Menurut Abidin (2002), metode deformasi saat ini sudah mulai banyak diterapkan untuk mengetahui aktivitas gunung api,

metode deformasi dapat diterapkan menggunakan berbagai macam sensor atau sistem. Deformasi adalah perubahan posisi, bentuk dan ukuran materi (Kuang, 1996). Deformasi pada gunung api terjadi karena aktivitas vulkanik berupa pergerakan magma di bawah permukaan yang berpengaruh pada perubahan tekanan pada kantong magma. Akibatnya volume permukaan juga berubah sehingga menyebabkan tubuh gunung api berubah (Riska dkk, 2017). Umumnya adanya pergerakan magma di bawah permukaan merupakan indikasi awal akan terjadi erupsi dan kenaikan tekanan akan menghasilkan deformasi di permukaan (ground deformation) (Riska dkk, 2017).

Untuk pengamatan deformasi pada gunung api dapat menggunakan teknologi satelit penginderaan jauh aktif yang menyediakan cakupan global untuk pemantauan gunung api (Rivera dkk, 2016). Dalam pelaksanaan monitoring deformasi ini menggunakan metode Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR), yaitu suatu metode teknologi penginderaan Jauh yang menggunakan citra hasil dari satelit radar. Menurut Gourmelen dkk tahun 2010, Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) merupakan teknik remote sensing (Penginderaan Jauh) yang mengukur perubahan dan perpindahan permukaan tanah dengan mengeksplorasi pengukuran perubahan fase (disebut/dikenal dengan interferogram) antara dua citra SAR.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisa aktivitas deformasi pada Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode tahun pengamatan 2019–2024, sebagai bahan mitigasi bencana dalam pemantauan aktivitas gunungapi. Manfaat dari penelitian ini diharapkan memiliki manfaat bagi masyarakat luas maupun instansi terkait, yaitu sebagai bahan informasi mengenai aktivitas deformasi pada Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu, guna sebagai tindak preventif mitigasi bencana gunung api.

2. DATA DAN METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di empat gunung api aktif di Indonesia, yaitu Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu.

Gunung Merapi yang secara administrasi berada di tengah-tengah dua Provinsi yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Salah satu gunung api di Indonesia yang paling sering meletus adalah Gunung Merapi. Gunung ini aktif sejak tahun 1900 sampai dengan sekarang dengan periode diam atau istirahat yang pendek (rata-rata tidak lebih dari 3,5 tahun). Sebagai pembandingan Gunung Kelud di Jawa Timur mempunyai siklus letusan 15 tahun sekali (Voight dkk, 2000).



Gambar 1 Gunung Merapi (PVMBG-BG-KESDM, 2023)

Gunung Api Sinabung salah satu gunung api aktif terletak di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara, merupakan gunung api tipe strato dengan ketinggian 2.460 m (PVMBG, 2016). Berdasarkan data dan klasifikasi oleh PVMB Sebelum tahun 2010 Gunung Sinabung merupakan gunung api tipe B yaitu gunung api yang belum pernah erupsi kembali sejak tahun 1600, kemudian sejak erupsinya yang pertama pada tahun 2010 maka Gunung Sinabung dinaikan klasifikasinya menjadi gunung api tipe A dan hingga saat ini Gunung Sinabung masih terus erupsi. (PVMBG, 2010).



Gambar 2 Gunung Sinabung (PVMBG-BG-KESDM, 2021)

Gunung api Ijen merupakan salah satu gunung dari delapan gunung api yang memiliki danau kawah dengan air danau yang bersifat asam. Letak geografis puncaknya terletak pada $8^{\circ} 03' 30''$ Lintang Selatan dan $114^{\circ} 14' 30''$ Bujur Timur, dengan ketinggian tepi kawah sebesar 2386 mdpl dan danau kawah 2145 mdpl. Secara administratif Gunung dengan tipe strato ini masuk dalam wilayah Kabupaten Banyuwangi dan Bondowoso, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 3 Gunung Ijen (PVMBG-BG-KESDM, 2024)

Gunung api Awu secara geografis terletak pada $03^{\circ} 40'$ LU dan $125^{\circ} 30'$ BT, dengan ketinggian 1320 mdpl. Berlokasi di Kabupaten Sangir Talaud, Pulau Sangir Besar, Propinsi Sulawesi Utara. Gunung Awu memiliki karakter erupsi magmatik eksplosif, magmatik efusif, dan freatik. Erupsi Gunung Awu yang utama dapat digolongkan sebagai tipe Sint Vincent atau tipe Volcano (ESDM, 2023).



Gambar 4 Gunung Awu (PVMBG-BG-KESDM, 2024)

2.2 Data dan Bahan

Adapun data dan perangkat yang digunakan selama proses penelitian ini dalam rangka mengidentifikasi aktivitas deformasi pada Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu periode tahun 2019–2024 adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan:

- Citra satelit yang telah diproses DInSAR melalui cloud computing di laman ASF Search dengan citra master dan slave yang berjarak 12 hari
- Data aktivitas erupsi Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode 2019–2024
- Peta RBI yang menunjukkan area batas wilayah di area penelitian

2. Peralatan dan perangkat lunak yang digunakan:

- Laptop ASUS-ROG *Flow* X13 untuk melakukan serangkaian pengolahan data dan pembuatan Laporan Penelitian Tugas Akhir.
- Website* ASF Alaska Data Search Untuk pengolahan data DInSAR dalam Penelitian Tugas Akhir.
- Aplikasi ArcGIS Untuk melakukan plotting peta, layouting peta, dan pengolahan data nilai vertikal.
- Aplikasi Microsoft Excel Untuk melakukan pengolahan dan perhitungan data ketinggian.

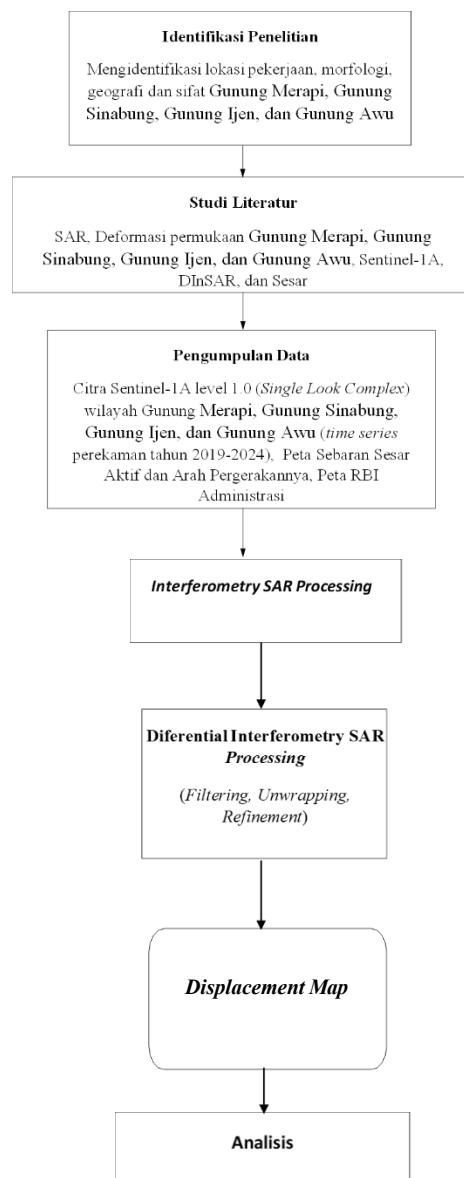
2.3 Metode

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data citra satelit Sentinel-1 di wilayah Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode 2019–2024 yang dikumpulkan pada *website* ASF Alaska Data Search

Langkah selanjutnya adalah pemrosesan data satelit sentinel-1 menggunakan *website* ASF Alaska Data Search secara *cloud computing*, untuk mendapatkan hasil data dengan metode DInSAR. Hasil dari proses DInSAR kemudian dilakukan proses perubahan warna data, guna mempermudah proses visualisasi data. Selanjutnya dilakukannya proses penetapan titik

sampel hingga indentifikasi nilai data ketinggian (*vertical displacement*), yang akan digunakan sebagai bahan analisis aktivitas deformasi dengan melihat selisih nilai vertikalnya.

Setelah memperoleh nilai *vertical displacement*, dilakukan penggambaran nilai perubahan permukaan gunung dalam bentuk grafik dan peta guna melihat visual aktivitas deformasi secara berkala tiap periode di wilayah studi. Hasil ini kemudian dianalisis mengenai nilai *vertical displacement* dari tiap wilayah studi dengan melihat kaidah dan kecocokan data aktivitas vulkanik. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui lebih lanjut untuk melihat seberapa kecocokan aktivitas deformasi yang telah diolah dengan aktivitas vulkanik gunung api tiap periodenya juga sebagai bahan mitigasi pada wilayah studi terkait.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

Studi Literatur

Literatur yang dikaji meliputi teori deformasi gunung api, morfologi gunung api, pemantauan deformasi gunung api dengan metode DInSAR, penggunaan data citra sentinel-1 dalam proses DInSAR serta studi-studi terdahulu yang melakukan pengamatan deformasi dengan metode

DInSAR. Tujuan dari tahap ini adalah memperoleh dasar teoritis dan metodologis yang kuat untuk mendukung analisis data.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh data citra sentinel-1 yang dikumpulkan dan diolah secara *cloud computing* pada *website* ASF Alaska pada wilayah Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode 2019—2024.

Pemilihan *Baseline* Data Citra

Dalam proses pengambilan data citra sentinel-1, dilakukan proses pemilihan citra *baseline*. Pada pemilihan *baseline* dipilih dengan memperhatikan jarak per-pendicular dan jarak temporalnya, dimana yang dipilih adalah jarak yang terpendek dan terdekat dengan citra master.

Pengolahan Data DInSAR

Proses DInSAR diawali dengan pemilihan ketersediaan data yang akan diunduh, seperti *DEM*, *Angle Maps*, *Look Vectors*, *Displacement Maps*, dan *Wrapped Phase*. Dalam proses DInSAR ini dilakukan secara *Cloud Computing* pada *website* ASF Alaska *Data Search*.

Indentikasi Nilai *Vertical Displacement*

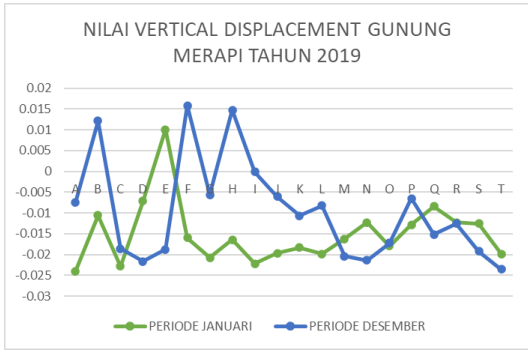
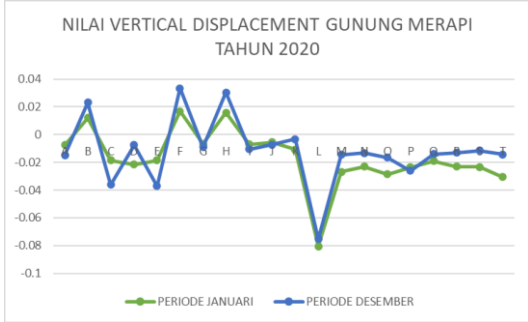
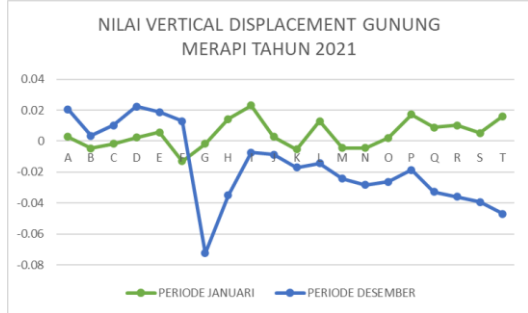
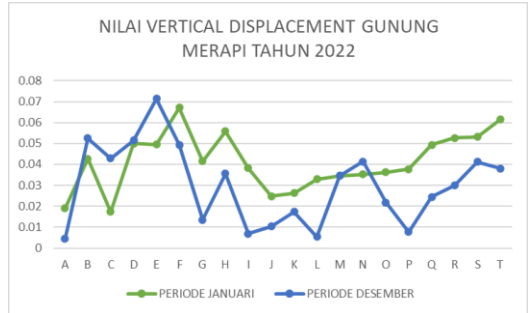
Proses ini dimulai dari mengubah warna data hasil DInSAR yang telah ditetapkan oleh Badan Geologi, guna mempermudah mengenali daerah yang akan dianalisis, dimana data yang akan dianalisis adalah data koherensi, *unwrapped phase* dan *vertical displacement*. Selanjutnya pembuatan titik sampel pada wilayah studi kasus. Pada tahapan ini titik sampel dibuat di sekitar Gunung. Diambil 10 titik di puncak gunung dengan notasi A-J, dan 10 titik di badan gunung dengan notasi K-T. Proses berikutnya yaitu identifikasi nilai *vertical displacement* yang bertujuan untuk mengetahui nilai *pixel* pada setiap titik sampel. *Identify* dilakukan pada setiap periode dan dikumpulkan pada *file* Microsoft Excel.

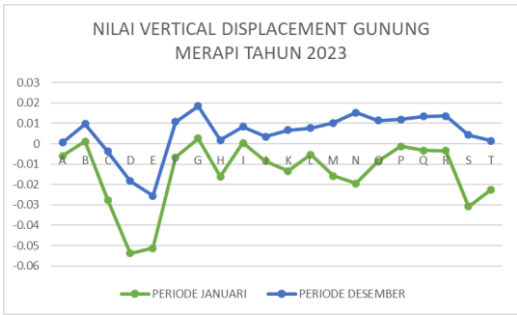
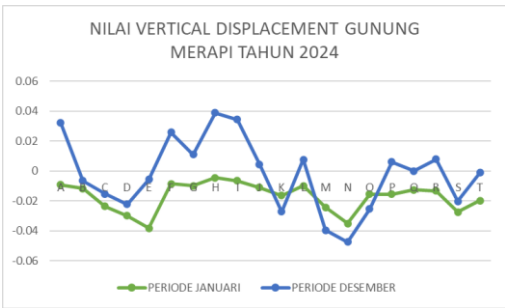
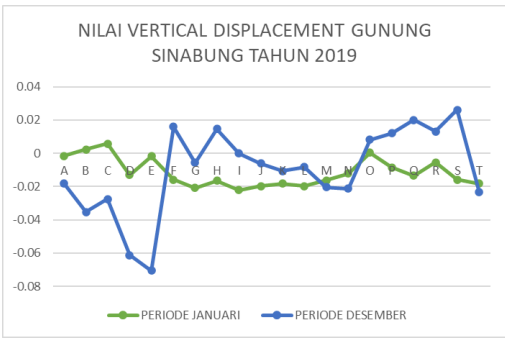
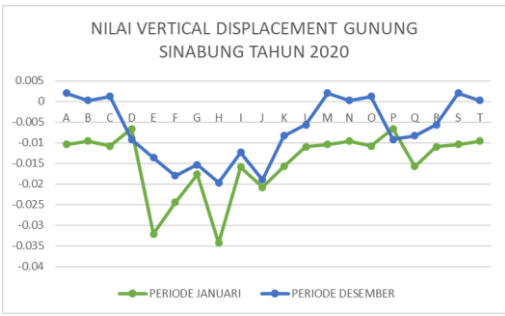
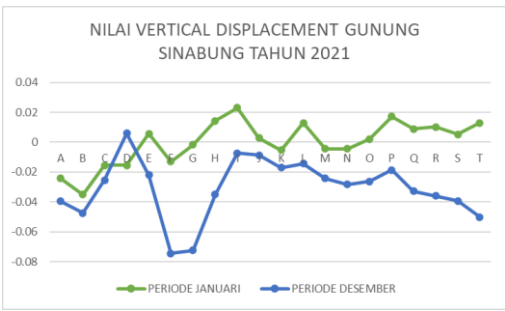
3. HASIL DAN ANALISIS

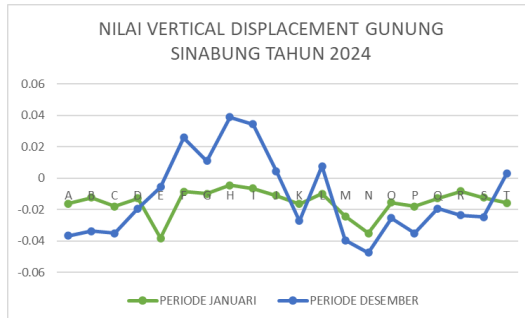
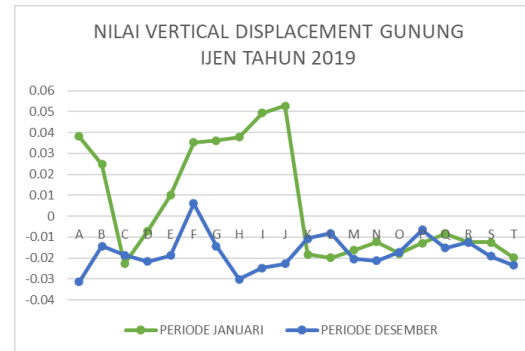
3.1 Hasil dan Analisis Nilai *Vertical Displacement*

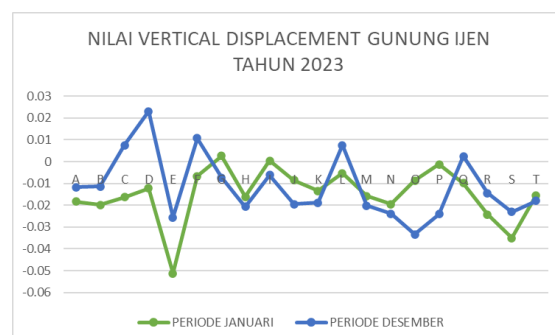
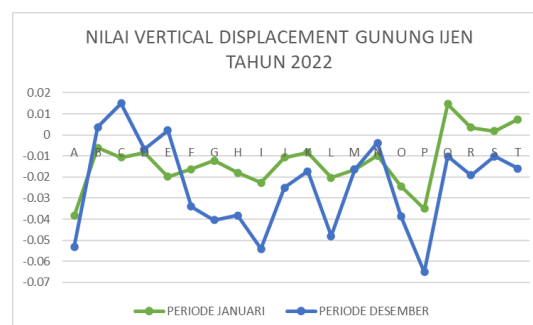
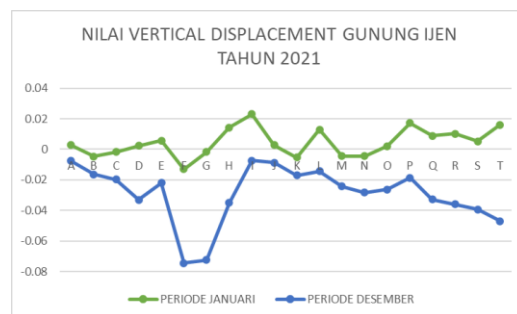
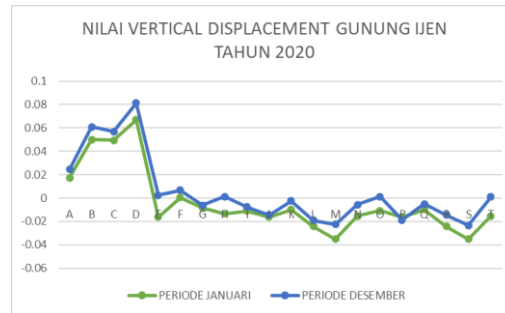
Hasil pengolahan data DInSAR menggunakan *website* ASF Alaska *Data Search*, diperoleh nilai *vertical displacement* tiap tahun periodenya. Nilai *vertical displacement* ini digunakan sebagai analisa aktivitas deformasi baik pada puncak gunung dan badan gunung. Nilai *vertical displacement* diselidihkan untuk melihat seberapa banyak angka ketinggian yang berubah tiap periodenya. Hasil nilai *vertical displacement* disajikan pada **Tabel 1** dan hasil peta nilai *vertical displacement* disajikan pada **Tabel 2** seperti berikut:

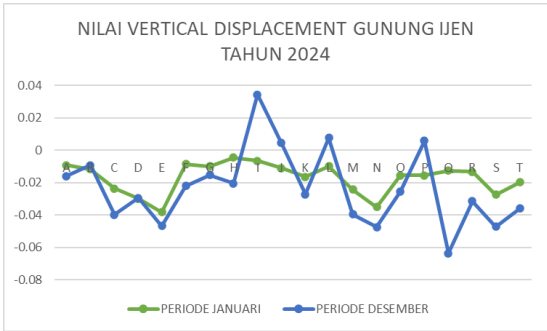
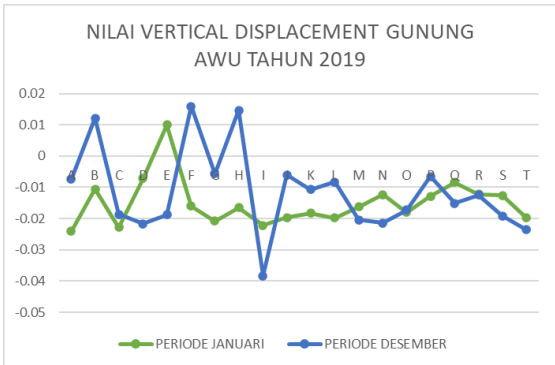
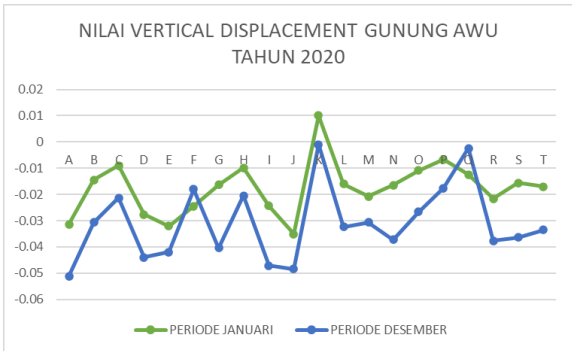
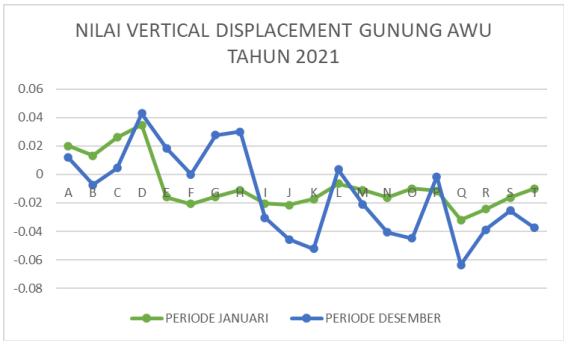
Tabel 1 Nilai *Vertical Displacement*

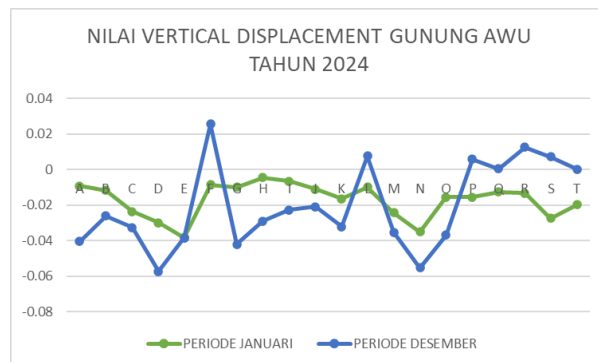
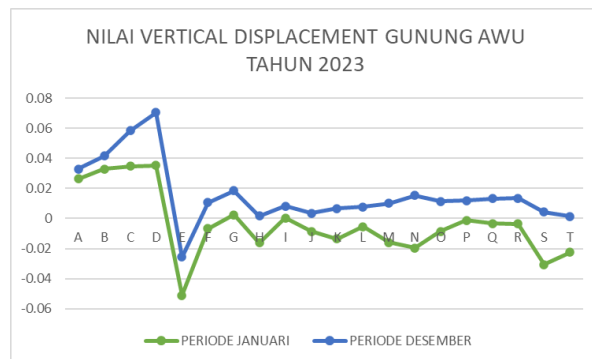
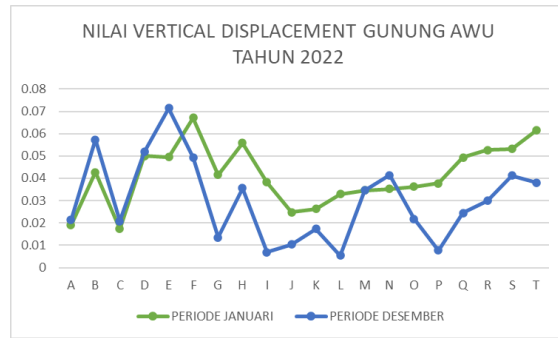
No	Lokasi	Gambar
1	Gunung Merapi	
		
		
		

		
		
2	Gunung Sinabung	
		
		

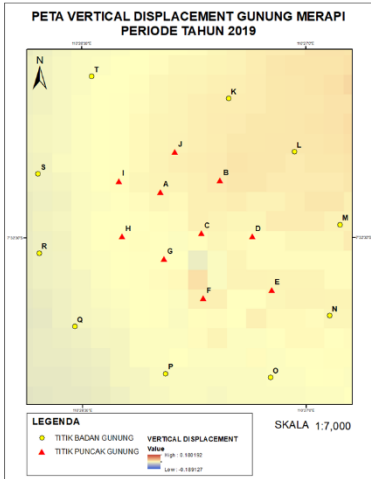
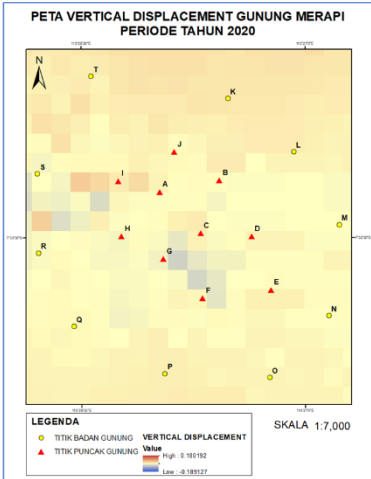
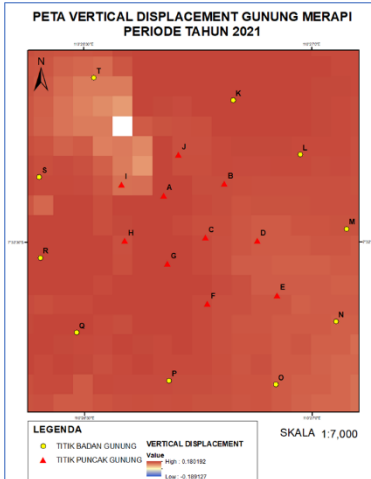
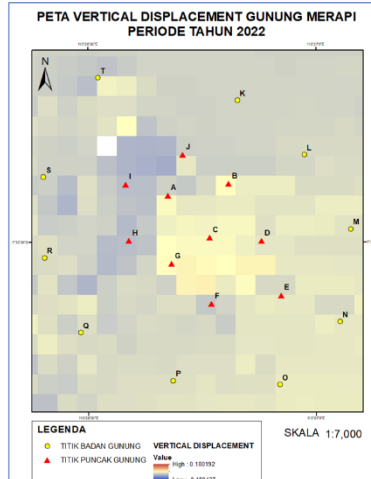
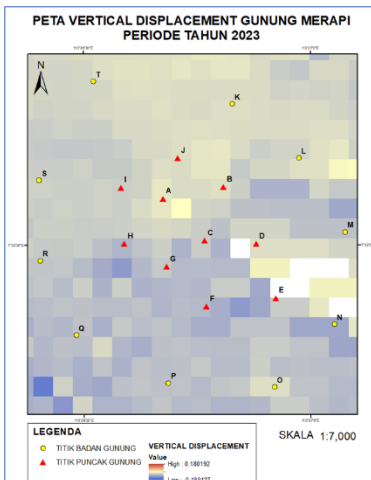
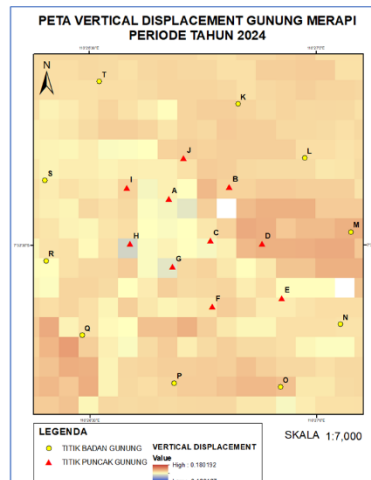
		
		
		
3	Gunung Ijen	



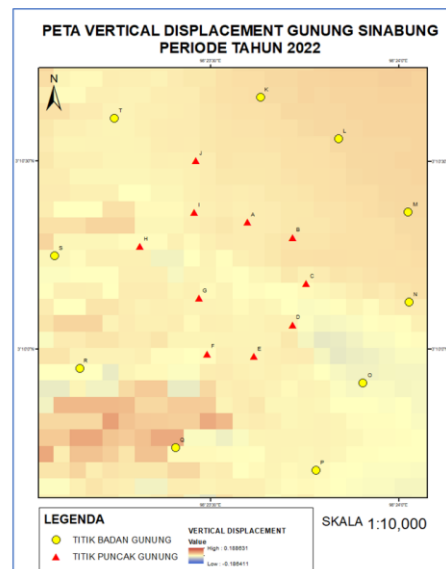
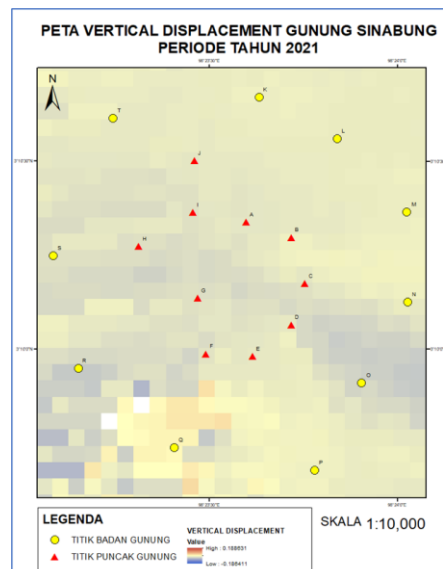
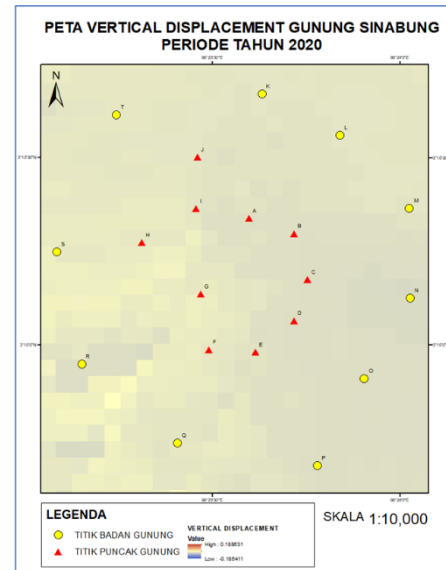
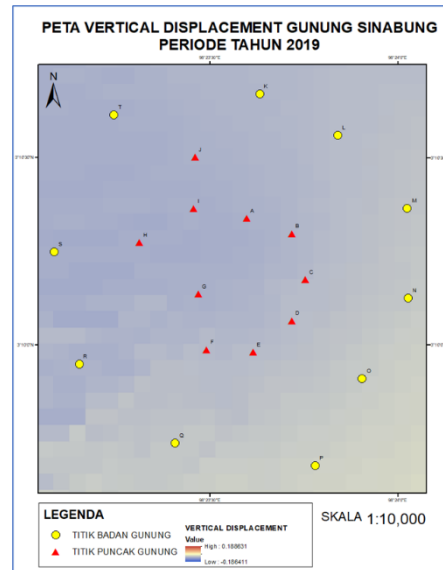
		
4	Gunung Awu	  

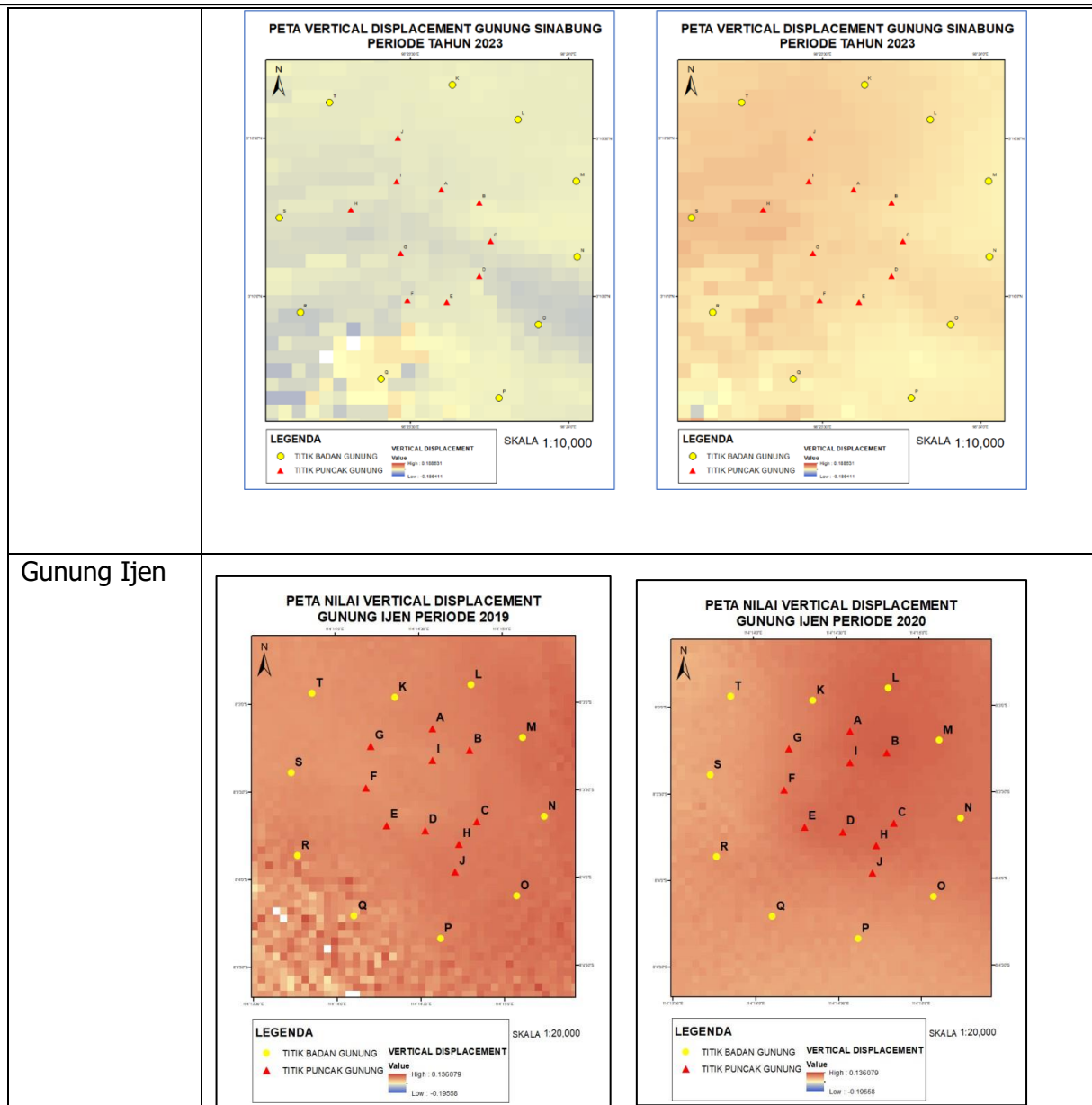


Tabel 2 Hasil Peta Nilai *Vertical Displacement*

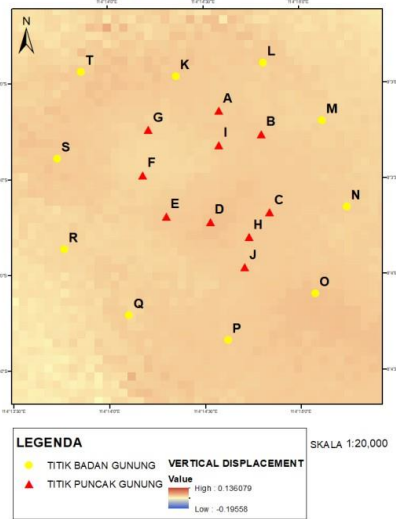
Wilayah	Peta Nilai <i>Vertical Displacement</i>
Gunung Merapi	     

Gunung Sinabung

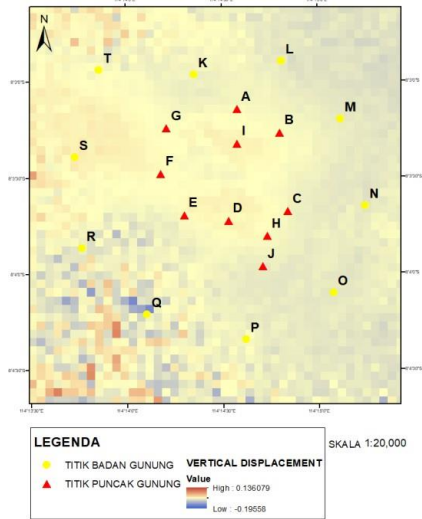




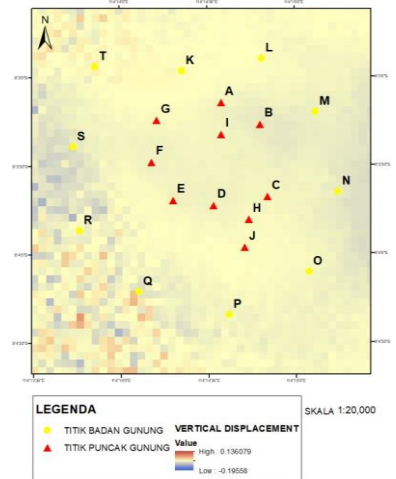
PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG IJEN PERIODE 2021



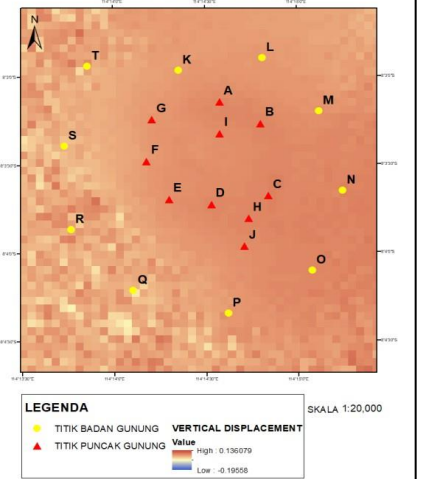
PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG IJEN PERIODE 2022



PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG IJEN PERIODE 2023

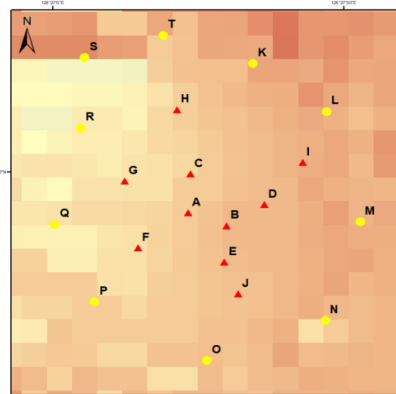


PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG IJEN PERIODE 2024



Gunung Awu

PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG AWU PERIODE 2019



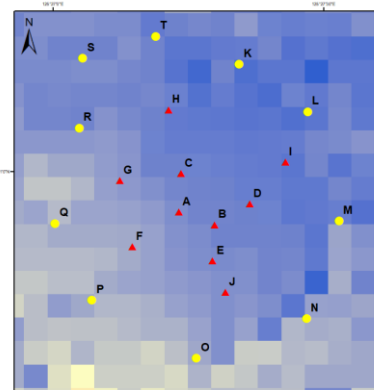
LEGENDA

● TITIK BADAN GUNUNG
▲ TITIK PUNCAK GUNUNG

VERTICAL DISPLACEMENT
Value
High: 0.134778
Low: -0.119893

SKALA 1:7,000

PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG AWU PERIODE 2020



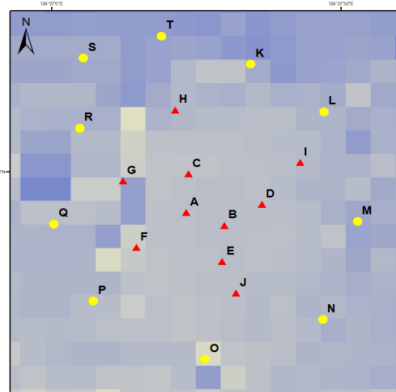
LEGENDA

● TITIK BADAN GUNUNG
▲ TITIK PUNCAK GUNUNG

VERTICAL DISPLACEMENT
Value
High: 0.134778
Low: -0.119893

SKALA 1:7,000

PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG AWU PERIODE 2021



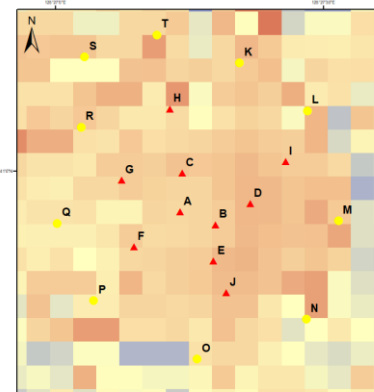
LEGENDA

● TITIK BADAN GUNUNG
▲ TITIK PUNCAK GUNUNG

VERTICAL DISPLACEMENT
Value
High: 0.134778
Low: -0.119893

SKALA 1:7,000

PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG AWU PERIODE 2022



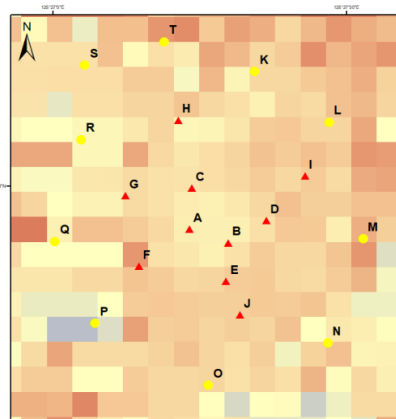
LEGENDA

● TITIK BADAN GUNUNG
▲ TITIK PUNCAK GUNUNG

VERTICAL DISPLACEMENT
Value
High: 0.134778
Low: -0.119893

SKALA 1:7,000

PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG AWU PERIODE 2023



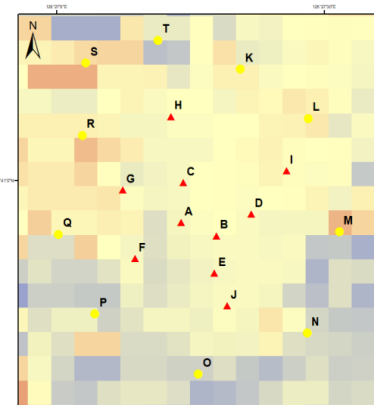
LEGENDA

● TITIK BADAN GUNUNG
▲ TITIK PUNCAK GUNUNG

VERTICAL DISPLACEMENT
Value
High: 0.134778
Low: -0.119893

SKALA 1:7,000

PETA NILAI VERTICAL DISPLACEMENT
GUNUNG AWU PERIODE 2024



LEGENDA

● TITIK BADAN GUNUNG
▲ TITIK PUNCAK GUNUNG

VERTICAL DISPLACEMENT
Value
High: 0.134778
Low: -0.119893

SKALA 1:7,000

3.2 Analisis Hasil Nilai Vertical Displacement

Berdasarkan Hasil dari **Tabel 1** dan **2** dari nilai *vertical displacement* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan data ketinggian dari tiap gunung di masing-masing periode, ditampilkan dari data awal tahun dan data akhir tahun tiap periode tahunnya. Hasil pemantauan deformasi pada Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu, didapatkan Gunung Merapi mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) dengan nilai rata-rata pada periode 2019 sebesar 0,00548335 m, tahun 2020 sebesar 0,02110255 m, tahun 2023 sebesar 0,0340384 m, dan tahun 2024 sebesar 0,03215 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah) terjadi pada periode 2021 dengan rata-rata deflasi sebesar -0,0247824 m dan periode 2022 sebesar -0,05256405 m. Selanjutnya Gunung Sinabung mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) dengan nilai rata-rata pada periode 2019 sebesar 0,0015946 m, tahun 2020 sebesar 0,0226108 m, tahun 2023 sebesar 0,01156355 m, dan tahun 2024 sebesar 0,0182461 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah) terjadi pada periode 2021 dengan rata-rata sebesar -0,030459 m dan periode 2022 sebesar -0,04549775 m. Berikutnya, Gunung Ijen mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) dengan nilai rata-rata pada periode tahun 2020 sebesar 0,0126187 m, tahun 2022 sebesar 0,00121845 m, tahun 2023 sebesar 0,00121845 m, dan tahun 2024 sebesar 0,01105505 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah) terjadi pada periode 2019 dengan rata-rata sebesar -0,02245965 m dan periode 2021 sebesar -0,03785745 m. Selanjutnya, Gunung Awu mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) dengan nilai rata-rata pada periode tahun 2019 sebesar 0,00357215 m, tahun 2020 sebesar 0,00424515 m, tahun 2021 sebesar 0,00424515 m, periode tahun 2023 sebesar 0,0232712 m, dan tahun 2024 sebesar 0,01381105 m. Sedangkan aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah) terjadi pada periode 2022 dengan rata-rata sebesar -0,0525549 m. Dari hasil tersebut terjadi beberapa kesesuaian aktivitas dengan data catatan aktivitas vulkanik dari Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode 2019–2024.

3.3 Analisis Hasil Koherensi

Pada Hasil koherensi titik sampel di Gunung Merapi memiliki nilai koherensi rentan -0,0765478 sampai 0,0736000, pada Gunung Sinabung memiliki nilai koherensi rentan 0,9260013 sampai 0,8923000, pada Gunung Ijen memiliki nilai koherensi rentan 0,8102113 sampai 0,8901120, dan pada Gunung Awu memiliki nilai koherensi rentan 0,0624501 sampai 0,0924133. Nilai koherensi dengan nilai 1 adalah pasangan citra (Master dan Slave) memiliki korelasi yang baik (Nurtyawan dan Utami, 2020). Rendahnya nilai koherensi pada sebuah citra dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya ketidakcocokan pasangan citra dan vegetasi yang rapat.

3.4 Analisis Hasil *Wrapped Phase*

Terlihat dari citra yang dihasilkan menunjukkan indikasi inflasi dimana merupakan kenaikan permukaan pada tubuh dan puncak gunung. Berikut adalah nilai *Wrapped Phase* memiliki rentan dari -2,93004 sampai 2,93004.

3.5 Analisis Aktivitas Vulkanik

Dari seluruh hasil analisis deformasi dari Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu, direlasikan dengan data aktivitas vulkanik dengan periode yang sama, didapat korelasi dimulai dari pengamatan Gunung Merapi mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) pada periode 2019, 2020, 2023, dan 2024. Berkorelasi dengan adanya aktivitas vulkanik berupa aktivitas kegempaan pada tahun 2019 dan 2020 dan aktivitas guguran lava pada tahun 2023 dan 2024. Selanjutnya pada periode tahun 2021 dan 2022 mengalami aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah), yang mana pada tahun 2021 terjadi erupsi efusif dan aktivitas kegempaan pada 2022.

Pengamatan Gunung Sinabung mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) pada periode 2019, 2020, 2023, dan 2024. Berkorelasi dengan adanya aktivitas vulkanik berupa aktivitas kegempaan pada tahun 2019. Selanjutnya pada periode tahun 2021 dan 2022 mengalami aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah), yang mana pada tahun 2020-2021 terjadi erupsi.

Pengamatan Gunung Ijen mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) pada periode 2019, 2020, 2022, 2023, dan 2024, dimana data aktivitas vulkanik tercatat pada rentan tahun 2023 mengalami kenaikan status menjadi waspada namun hanya beberapa saat. Sedangkan pada periode 2021 mengalami aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah).

Pengamatan Gunung Awu mengalami aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) pada periode 2019, 2020, 2021, 2023, dan 2024. Dimana pada data aktivitas vulkanik tercatat adanya kenaikan status dari normal menjadi waspada pada periode 2022-awal 2023. Sedangkan pada periode 2022 mengalami aktivitas deformasi deflasi (penurunan muka tanah).

4. KESIMPULAN

Hasil dari nilai rata – rata pergerakan vertikal Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu mengalami aktivitas deformasi baik inflasi maupun deflasi relatif berbeda tiap tahunnya. Adanya kesesuaian antara hasil pengamatan deformasi pada penelitian kali ini dengan data aktivitas vulkanik masing- masing gunung api tiap periodenya. Terjadinya aktivitas deformasi inflasi (kenaikan muka tanah) dapat terjadi karena pengaruh adanya aktivitas guguran lava yang menjadikan kenaikan ketinggian pada permukaan gunung api. Adapula terjadinya deformasi deflasi (penurunan muka tanah) dapat terjadi karena adanya aktivitas kegempaan hingga terjadinya erupsi.

Tidak dapat dikategorikan secara langsung dari aktivitas vulkanik akan mengalami aktivitas deformasi inflasi atau deflasi, namun dari hasil analisis deformasi yang diperoleh, dapat dikaitkan dengan adanya data aktivitas vulkanik dari tiap gunung api per periodenya yang sudah tercatat

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dan Geophysical Institute (GI) of the University of Alaska Fairbanks (UAF) atas penyediaan data citra satelit sentinel-1 dan data aktivitas erupsi Gunung Merapi, Gunung Sinabung, Gunung Ijen, dan Gunung Awu pada periode 2019—2024, sebagai penunjang proses penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini, baik secara teknis maupun moral. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Soni Darmawan, S.T., M.T.,

selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi selama proses penelitian dan penyusunan laporan ini berlangsung.

DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, H. Z., D. H. Natawidjaja, F. Kimata, H. Andreas, H. Harjono, I. Meilano, T. Kato, T. Ito. (2009). Crustal Deformation Studies in Java (Indonesia) Using GPS. *Journal of Earthquake and Tsunami*, Vol. 3, No. 2. Hal 77.
- Bock, Y. (2006). Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research*. Hal 108.
- Fajriyanto, Suyadi, Dewi, C., Meilano, I. (2013). Estimasi Laju Geser dan Pembuatan Model Deformasi Seelat Sunda dengan Menggunakan GPS Kontinyu. Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Kelompok Keilmuan Geodesi ITB. (2007). Teknologi InSAR. Dapat dilihat pada laman : <https://geodesy.gd.itb.ac.id/teknologi-insar/>
- Kuang. (1996). *Geodetic Network Analysis and Optimal Design : Concept and Application*. Ann Arbor Press.
- Mispaki, S, W . (2015). Analisis Deformasi Sesar Kaligarang Menggunakan Metode Dinsar Dan Geomorfologi Tahun 2007-2008. Semarang: Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro volume 4, nomer 4.
- Natawidjaja, D. H. (2005). Evaluasi Bahaya Patahan Aktif, Tsunami dan Guncangan Gempa. *Jurnal LARIBA*. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Bandung Badan Geologi. (2011). *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Badan Geologi, Bandung.
- Pratiwi, R. Prasetyo, Y., Yuwono, B., D. (2017). Analisis Korelasi Deformasi dan Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi Pra dan Pasca Erupsi. *Jurnal Geodesi Undip*.
- Rivera, A., Amelung, F., dan Eco, R. (2016). Volcano Deformation and Modeling on Active Volcanoes in The Philippines From Alos Insar Time Series. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 17(7).
- Stein, S., dan M. Wyss. (2003). *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Suganda, O., Sarsito, D., Abidin, H., dan Kusnandar, A. (2007). Determinasi Sumber Tekanan dan Analisis Regangan Utama. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 2 No. 2:73-86.
- Voight, B., Constantine, E.K., Siswamidjono, S., Torley, R., (2000). Historic al Eruptions of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia, 1768-1998. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* Volume 100 (2000), Elsevier, Amsterdam, hal. 69-138.
- Widodo, D. R. (2017). Analisis Penyebab Masyarakat Tetap Tinggal di Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi (Studi di Lereng Gunung Merapi Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Geodesi Undip*
- Yudha, E., Mulyo, B., Yuwono, dan Wiweka. (2011). Studi Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Teknologi Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR). *Digilib ITS*.
- Wismaya, Y.G., Anjasmara, I.M., Sulistiyani. (2016). Analisis Deformasi Gunung Merapi Berdasarkan Data Pengamatan GPS Februari- Juli 2015. *Jurnal Teknik ITS*.