

# **STUDI DEFORMASI GUNUNGAPI MENGGUNAKAN METODE DIFFERENTIAL INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR (DInSAR)**

**WILDAN NUGRAHA, HENRI KUNCORO, ESTU KRISWATI**

**1. INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL, BANDUNG**

**2. INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL, BANDUNG**

**3. PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA (PVMBG)**

Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email: wildangrh@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Gunung Anak Krakatau berada di wilayah Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan posisi geografis 6°06'05.8" Lintang Selatan dan 105°25'22.3" Bujur Timur. Gunung Anak Krakatau ini memiliki ketinggian 305 meter di atas permukaan laut yang di klasifikasikan sebagai gunungapi aktif tipe kerucut. Gunung Anak Krakatau adalah salah satu gunungapi aktif di Indonesia dengan letusan sebanyak lebih dari 100 kali sejak Juni 1930. tujuan dari penelitian ini adalah, mengetahui sebaran dan besaran deformasi muka tanah Gunung Anak Krakatau dari citra satelit Sentinel-1A menggunakan metode DInSAR dengan rentan waktu 3 Januari 2019 sampai 29 Desember 2019. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ini menggunakan data citra Sentinel-1A dengan mode Interferometric Wide swath (IW), citra satelit ini memiliki resolusi 5m x 20m (single look). Hasil dari penelitian ini adalah visualisasi sebaran Deformasi Gunungapi Anak Krakatau.*

**Kata Kunci :** Gunungapi Anak Krakatau, Sentinel 1-A, DInSAR, Deformasi.

## **1. PENDAHULUAN**

Gunung Anak Krakatau berada di wilayah Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan posisi geografis 6°06'05.8" Lintang Selatan dan 105°25'22.3" Bujur Timur. Gunung Anak Krakatau ini memiliki ketinggian 305 meter di atas permukaan laut yang di klasifikasikan sebagai gunungapi aktif tipe kerucut. Gunung Anak Krakatau adalah salah satu gunungapi aktif di Indonesia dengan letusan sebanyak lebih dari 100 kali sejak Juni 1930 (ESDM, 2014). Gunung Anak Krakatau yang terletak di Selat Sunda, aktif sejak Tahun 1928 dengan ketinggian lebih dari 300 m di atas permukaan laut (Pratomo, 2006). Salah satu upaya mitigasi bencana erupsi yang dapat terjadi pada Gunung Anak Krakatau yaitu dengan cara melakukan pengamatan pergerakan pada tubuh gunung tersebut melalui pemantauan deformasi.

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Deformasi muka tanah dapat dimonitor menggunakan alat geodetik tradisional, penginderaan jauh dan LIDAR (Light Detection and Ranging). Perkembangan metode penginderaan jauh memungkinkan untuk mengeksplorasi dan memantau deformasi muka tanah dengan cepat. Diantara metode-metode penginderaan jauh, DInSAR dapat digunakan untuk memantau deformasi (Carnec, dkk., 2000). DInSAR atau Differetial Interferometric Synthetic Aperture Radar adalah Metode untuk mendapatkan nilai deformasi dari dua citra SAR dengan ketelitian mencapai orde sentimeter (Prasetyo, dkk, 2011). Data radar mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi deformasi bidang tanpa keterbatasan seperti yang dialami pada metode lapangan.

Deformasi Gunungapi adalah perubahan bentuk dan dimensi Gunungapi. Perubahan ini 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. Deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik di tubuh gunungapi secara absolut maupun relatif (Kriswati, 2011).

Pada prinsipnya deformasi muka tanah yang diakibatkan oleh gunung berapi dapat berupa kenaikan permukaan tanah (inflasi) atau penurunan permukaan tanah (deflasi) (Suganda, dkk., 2007). Deformasi yang berupa inflasi umumnya terjadi karena proses gerakan magma ke permukaan yang menekan permukaan tanah di atasnya. Dalam hal ini deformasi yang maksimal biasanya teramati tidak lama sebelum letusan gunungapi berlangsung. Sedangkan deformasi berupa deflasi umumnya terjadi selama atau sesudah masa letusan. Pada saat itu tekanan magma di dalam tubuh gunungapi telah melemah dan permukaan tanah cenderung kembali ke posisinya semula (Abidin, dkk., 2001). Metode DInSAR digunakan untuk pengukuran yang akurat dari banyak fenomena geofisika, termasuk peregangan di zona sesar, perpindahan dari peristiwa seismic, dan pembengkakan gunung pra erupsi (Gabriel, dkk., 1989). Gejala deformasi gunungapi akan menyebabkan pergeseran posisi suatu titik di tubuh gunungapi.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran deformasi yang disebabkan oleh erupsi Gunung Anak Krakatau di wilayah Kabupaten Lampung Selatan, Propinsi Lampung dengan menggunakan citra satelit Sentinel-1A. Dampak deformasi akibat erupsi Gunung anak Krakatau dapat diketahui menggunakan citra satelit Sentinel-1A dengan metode DInSAR, untuk mengetahui besaran deformasi hingga satuan sentimeter (cm).

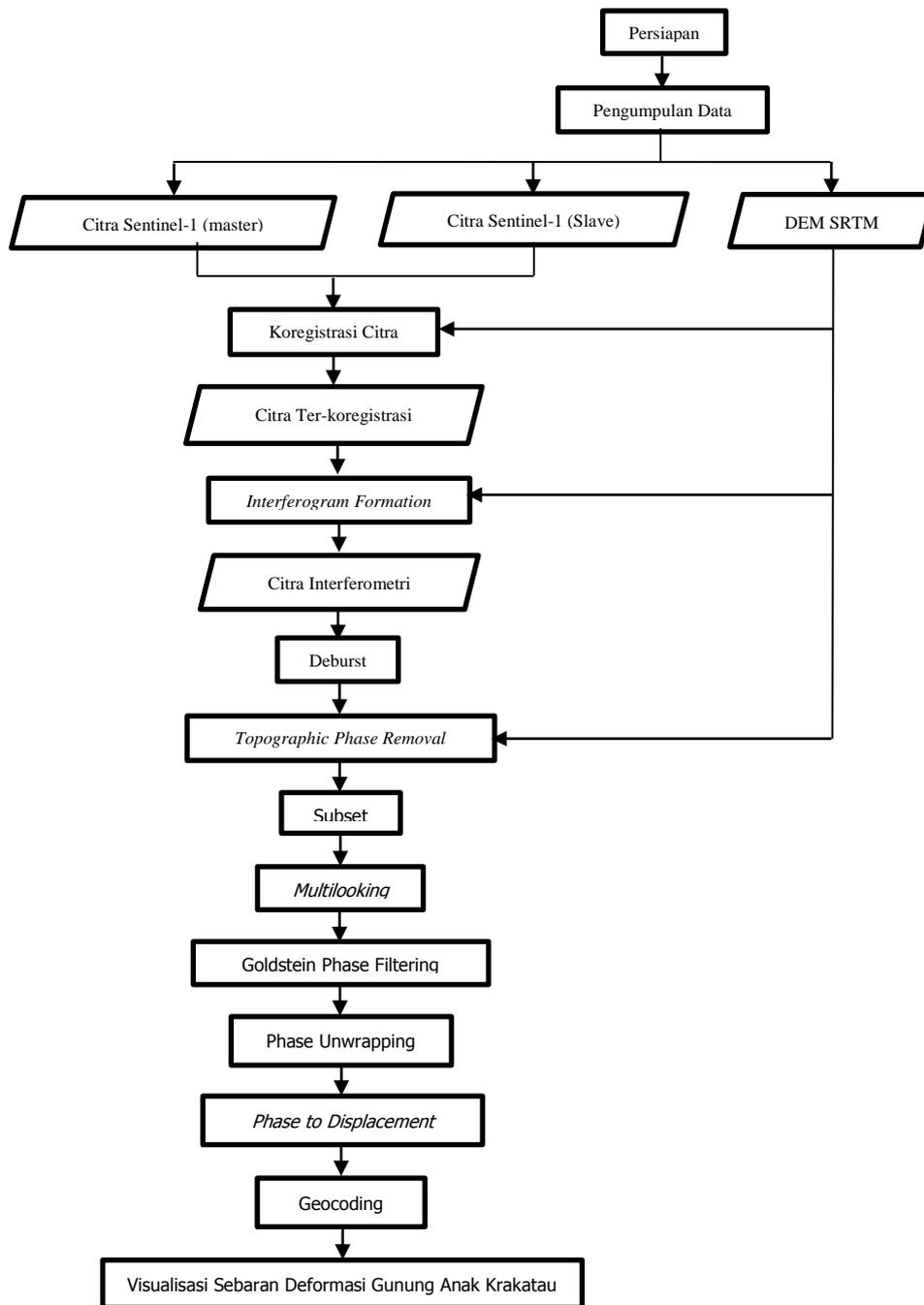
## **2. METODOLOGI**

### **2.1 Data, Peralatan, dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini menggunakan data citra Sentinel-1A dengan mode 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. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNAP ESA 7.0, ArcGIS, dan PC dengan spesifikasi Windows 10 pro 64-bit, RAM 16 GB, Processor intel Core i7.

### **2.2 Metode Penelitian**

Metode penelitian dimulai dari pengumpulan data, koregistrasi citra, dimana terdapat tiga langkah dalam koregistrasi citra, yaitu Topsar Split, Apply Orbit File, dan Back Geocoding, selanjutnya dilakukan proses interferogram, deburst, Topographic Phase Removal, Subset, Multilooking, Goldstein Phase Filtering, Phase Unwrapping, Phase to Displacement, dan Geocoding. Diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1 Metodologi Penelitian**

### 3. HASIL DAN ANALISIS

#### 3.1 Hasil Pengolahan Data Menggunakan SNAP-ESA

Dari pelaksanaan penelitian tentang Deformasi menggunakan Citra Satelit Sentinel-1A ini, dihasilkan visualisasi sebaran deformasi Gunung Krakatau yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

Data citra tanggal 12 Januari 2019 dan 24 Januari 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.008 meter. Deflasi terbesar terjadi di

Pulau Sertung, sedangkan inflasi terbanyak terjadi di Pulau Anak Krakatau. Pulau Krakatau tidak terjadi inflasi. Data citra tanggal 24 Januari 2019 dan 5 Februari 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.013 meter dan maksimal 0.008 meter. Tidak terjadi inflasi di Pulau Sertung bagian barat, Pulau Sertung banyak mengalami deflasi. Pulau Krakatau mengalami Inflasi yg tersebar secara merata, Pulau Anak Krakatau mengalami inflasi terbesar meskipun terdapat Deflasi di beberapa titik.

Data citra tanggal 5 Februari 2019 dan 17 Februari 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.008 meter dan maksimal 0.006 meter. Pulau Anak Krakatau mengalami deflasi sebesar -0.001 di sebelah timur laut, sementara sisanya mengalami inflasi. Inflasi terbesar terjadi di pulau sertung. Data citra tanggal 17 Februari 2019 dan 1 Maret 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.009 meter. Pulau Anak Krakatau mengalami Inflasi terbesar sebesar 0.009 walaupun di bagian selatan terjadi deflasi. Pulau Krakatau mengalami deflasi -0.001 hingga -0.01 tanpa inflasi.

Data citra tanggal 1 Maret 2019 dan 13 Maret 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.006 meter. Inflasi dan Deflasi tersebar di seluruh Kompleks Vulkanik Krakatau. Deflasi terjadi paling banyak di Pulau Sertung dan Pulau Anak Krakatau rata-rata mengalami Inflasi. Data citra tanggal 13 Maret 2019 dan 25 Maret 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.011 meter dan maksimal 0.006 meter. Pulau Anak Krakatau sepenuhnya mengalami Inflasi sementara deflasi terbesar dan terbanyak tersebar di Pulau Sertung. Pulau Krakatau Kecil mengalami inflasi dan deflasi secara merata. Data citra tanggal 25 Maret 2019 dan 6 April 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.006 meter dan maksimal 0.006 meter. Seluruh Kompleks Vulkanik Krakatau mengalami inflasi dan deflasi yang merata di setiap pulau.

Data citra tanggal 30 April 2019 dan 12 Mei 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.012 meter dan maksimal 0.007 meter. Inflasi terbesar dan terbanyak terjadi di Pulau Anak Krakatau, sementara Pulau Sertung di dominasi oleh deflasi.

Data citra tanggal 12 Mei 2019 dan 24 Mei 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.011 meter dan maksimal 0.007 meter. Deflasi terbesar terjadi di Pulau Krakatau. Pulau Krakatau Kecil dan Pulau Sertung sepenuhnya mengalami deflasi. Pulau Anak Krakatau mengalami inflasi terbesar di bagian utara dan deflasi terbesar di bagian tenggara. Data citra tanggal 24 Mei 2019 dan 5 Juni 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.011 meter dan maksimal sebesar 0.007 meter. Sebagian wilayah barat dan timur Pulau Anak Krakatau terjadi inflasi terbesar, meskipun di dominasi oleh deflasi. Pulau Krakatau kecil seluruhnya mengalami deflasi.

Data citra tanggal 5 Juni 2019 dan 17 Juni 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.005 meter. Pulau Krakatau mengalami inflasi sebesar 0.002 meter hingga 0.0005 meter, meskipun di bagian barat terdapat deflasi sebesar -0.002 meter hingga -0.007 meter. Inflasi terbesar terjadi di Pulau Anak Krakatau wilayah timur laut sebesar 0.003 meter hingga 0.005 meter. Data citra tanggal 29 Juni 2019 dan 11 Juli 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.012 meter dan maksimal 0.005 meter. Pulau Anak Krakatau seluruhnya mengalami deflasi. Inflasi terjadi di Pulau Krakatau meskipun di sebagian wilayah utara pulau tersebut mengalami deflasi.

Data citra tanggal 11 Juli 2019 dan 23 Juli 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.008 meter dan maksimal 0.008 meter. Pulau Anak Krakatau mengalami inflasi terbesar, meskipun di wilayah kawah mengalami Deflasi hingga -0.005 meter. Pulau Krakatau Kecil, Pulau Sertung dan Pulau Krakatau seluruhnya mengalami deflasi, dan deflasi terbesar terjadi di Pulau Krakatau. Data citra tanggal 23 Juli 2019 dan 4 Agustus 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.008 meter. Pulau Krakatau di dominasi oleh inflasi meskipun di sebagian wilayah barat mengalami deflasi hingga -0.007 meter. Pulau Anak Krakatau di dominasi oleh deflasi dan wilayah timur pulau tersebut mengalami deflasi terbesar sebesar -0.01 meter meskipun di bagian kawah terjadi inflasi. Pulau Sertung seluruhnya mengalami deflasi.

Data citra tanggal 4 Agustus 2019 16 Agustus 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.008 meter. Inflasi terbesar terjadi disekitar kawah gunung api meskipun di kawah itu sendiri mengalami deflasi. Pulau sertung seluruhnya mengalami deflasi dan deflasi terbesar terdapat di pulau tersebut. Data citra tanggal 16 Agustus 2019 dan 28 Agustus 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.007 meter. Inflasi terbesar terjadi di wilayah timur Pulau Anak Krakatau meskipun pulau tersebut didominasi oleh deflasi. Pulau Sertung di dominasi oleh deflasi dan deflasi terbesar terjadi pada pulau tersebut. Data citra tanggal 28 Agustus 2019 dan 9 September 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.007 meter dan maksimal 0.006 meter. Pulau Krakatau, Pulau Krakatau Kecil, dan Pulau Sertung seluruhnya mengalami deflasi. Inflasi terbesar terjadi di Pulau Anak Krakatau meskipun pulau tersebut mengalami deflasi di beberapa bagian.

Data citra tanggal 9 September 2019 dan 21 September 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.008 meter dan maksimal 0.006 meter. Pulau Krakatau Kecil didominasi oleh inflasi meskipun terdapat sebagian kecil di wilayah selatan pulau mengalami deflasi. Deflasi terbesar terjadi di pulau Anak Krakatau sebesar -0.006 meter hingga -0.008 meter, meskipun diwilayah utara kawah mengalami inflasi sebesar 0.005 meter. Data citra tanggal 21 September 2019 dan 3 Oktober 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.009 meter dan maksimal 0.007 meter. Pulau Krakatau di dominasi oleh inflasi hingga 80% dan sisanya mengalami deflasi hingga -0.008 meter di wilayah barat pulau. Inflasi terbesar terjadi di sekitar kawah Gunungapi Anak Krakatau meskipun deflasi mendominasi wilayah tersebut. Pulau sertung mengalami inflasi dan deflasi yang merata.

Data citra tanggal 3 Oktober 2019 dan 15 Oktober 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.009 meter dan maksimal 0.005 meter. Pulau Anak Krakatau seluruhnya mengalami deflasi. Pulau Sertung, Pulau Krakatau dan Pulau Krakatau Kecil mengalami inflasi dan deflasi yang merata. Data citra tanggal 27 Oktober 2019 dan 8 November 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.01 meter dan maksimal 0.007 meter. Deflasi terjadi sepenuhnya di Pulau Sertung. Inflasi terbesar terjadi di Pulau Anak Krakatau meskipun kawah Gunungapi tersebut mengalami deflasi.

Data citra tanggal 8 November 2019 dan 20 November 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.013 meter dan maksimal 0.014 meter. Seluruh pulau di Kompleks Vulkanik Krakatau mengalami deflasi. Deflasi dan Inflasi terbesar terjadi di Pulau Anak Krakatau.

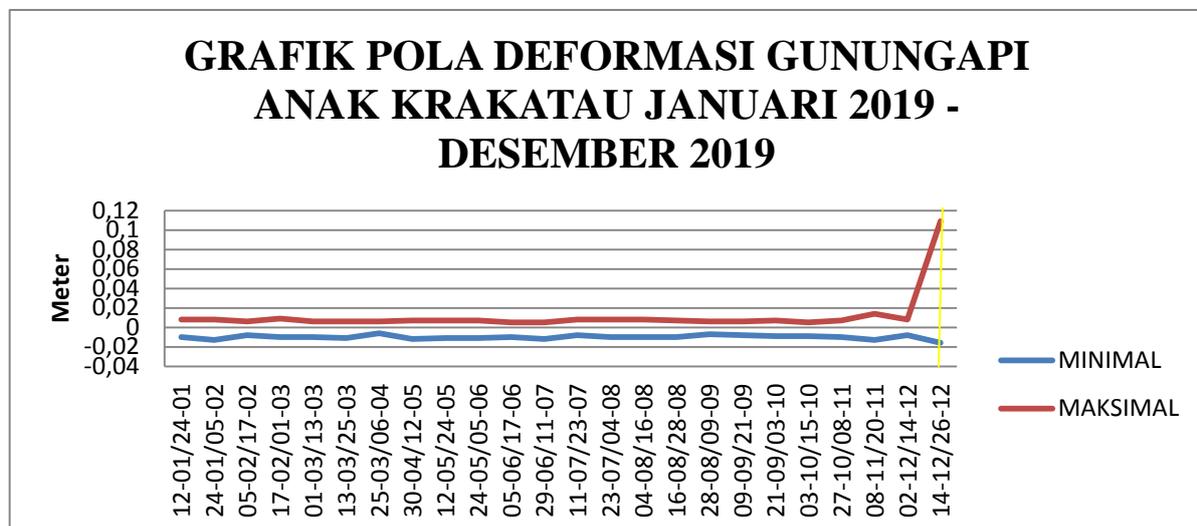
Data citra tanggal 2 Desember 2019 dan 14 Desember 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.008 meter dan maksimal 0.008 meter. Seluruh pulau di Kompleks Vulkanik Krakatau mengalami deflasi. Deflasi dan Inflasi terbesar terjadi di Pulau

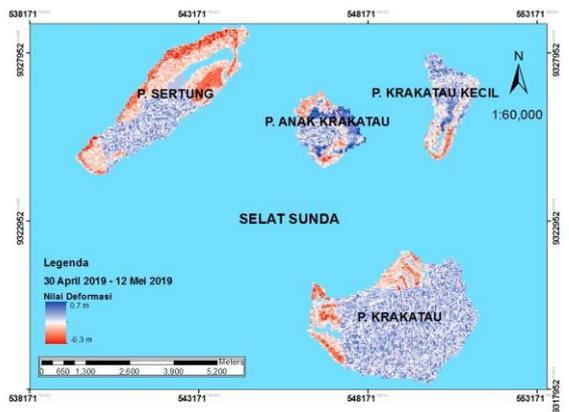
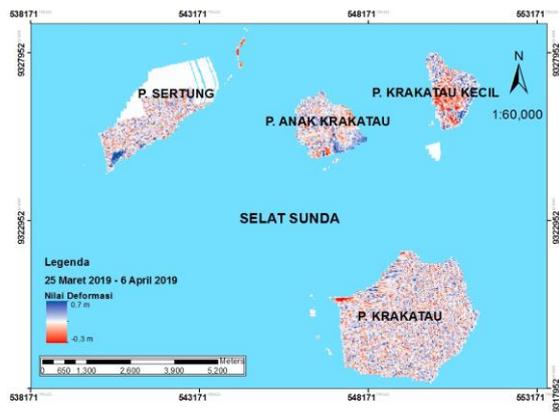
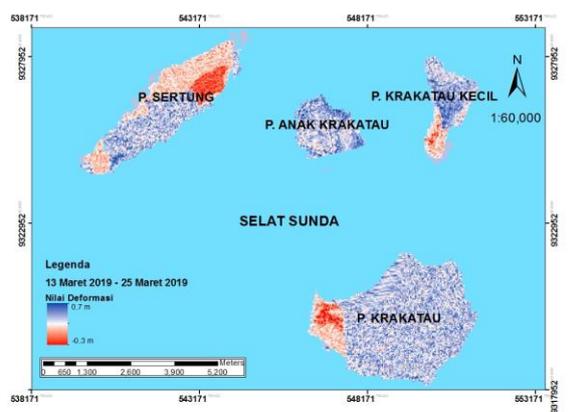
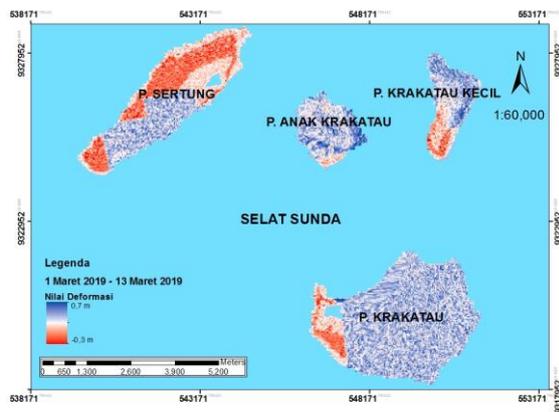
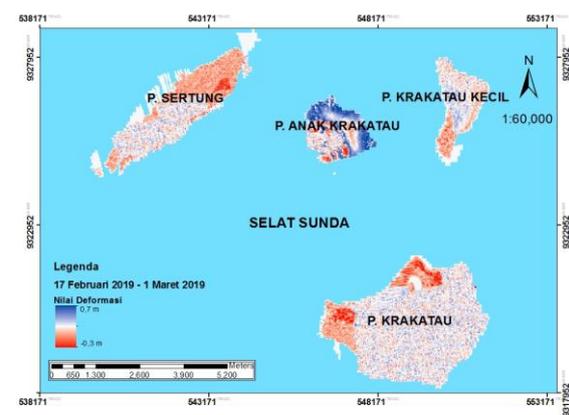
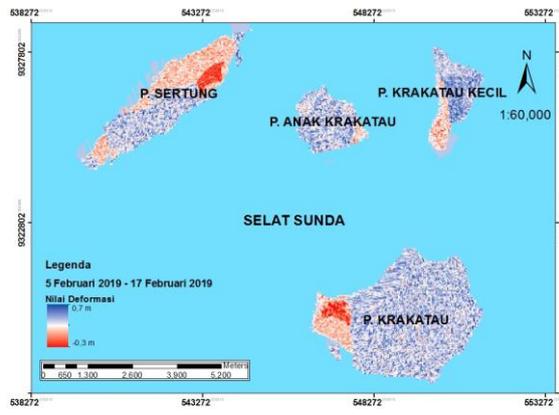
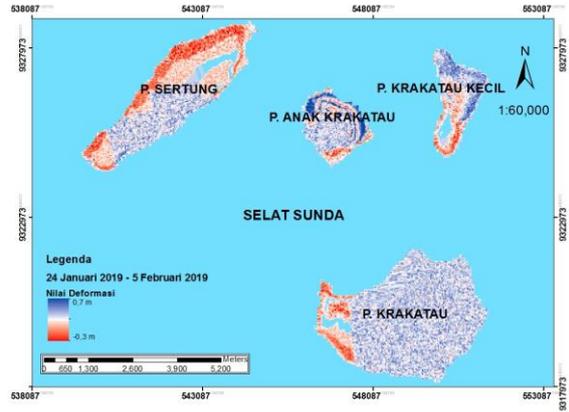
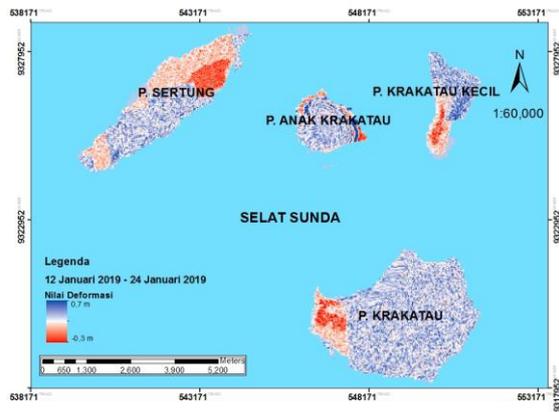
Anak Krakatau. Data citra tanggal 14 Desember dan 26 Desember 2019 Gunung Anak Krakatau memiliki nilai minimal deformasi sebesar -0.016 meter dan maksimal 0.109 meter. Pulau Krakatau Kecil, Pulau Anak Krakatau dan Pulau Krakatau mengalami deflasi, dan deflasi terbesar terjadi di Pulau Krakatau. Sementara inflasi dan deflasi terjadi di Pulau Sertung secara merata dan inflasi terbesar terjadi pada pulau tersebut.

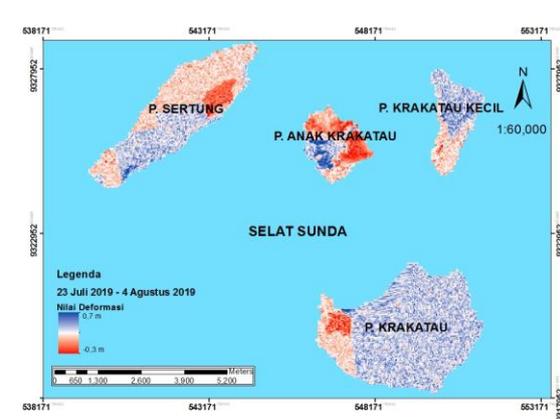
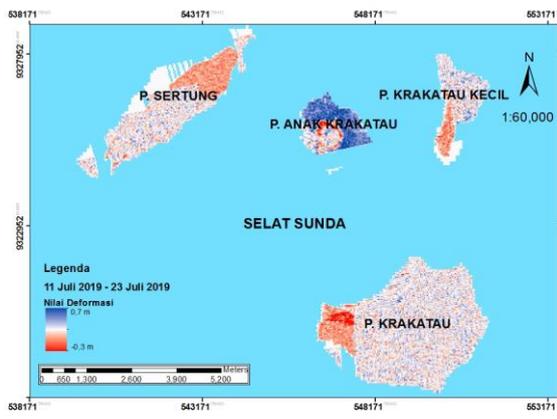
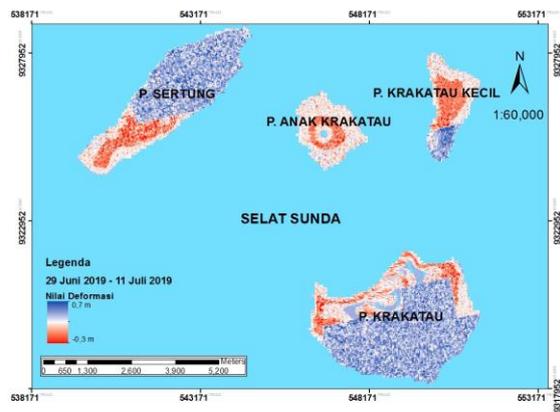
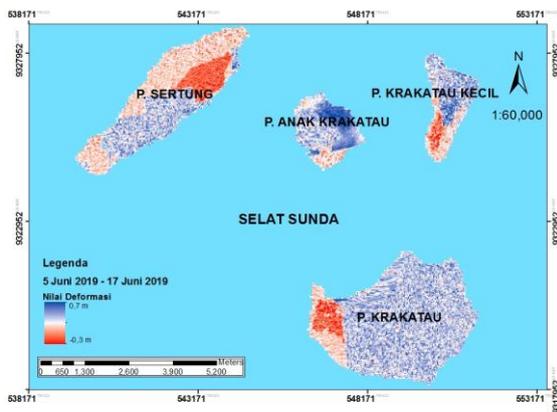
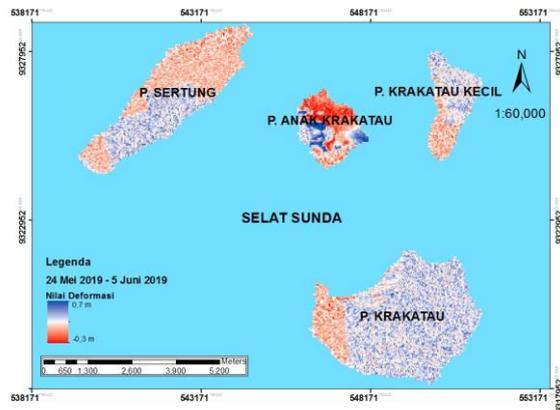
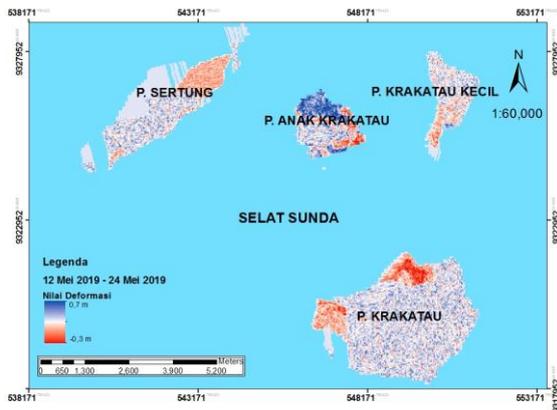
### 3.3 Analisis Posisi Terbaik untuk Transduser Bongkar Pasang

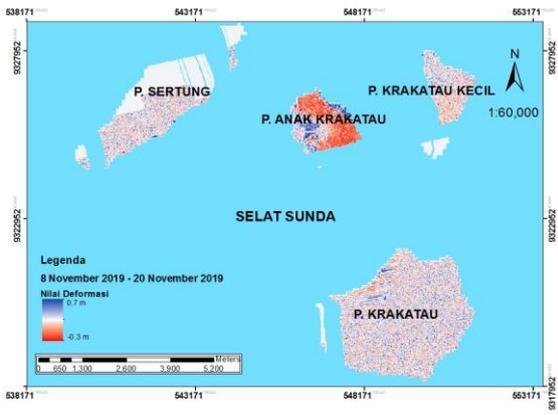
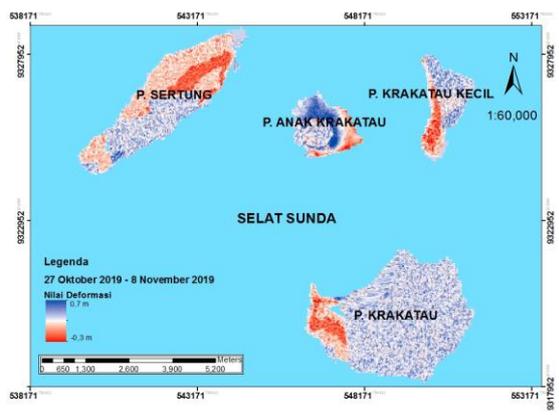
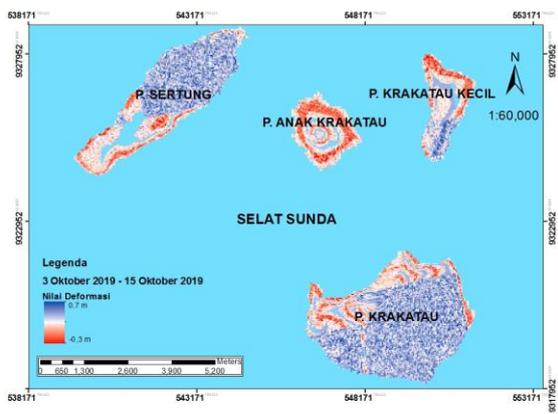
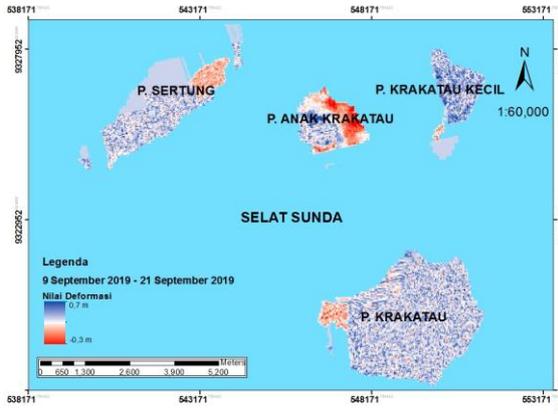
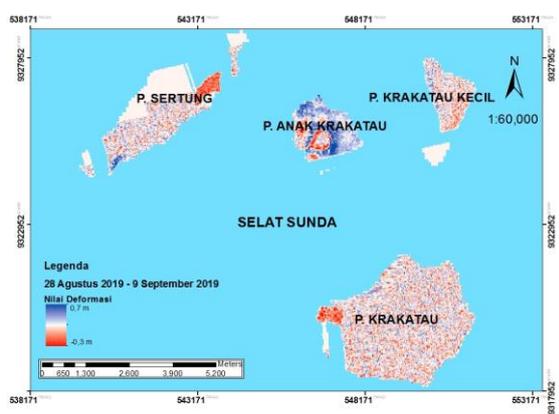
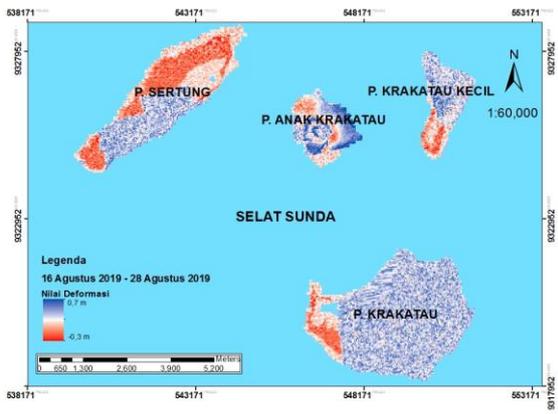
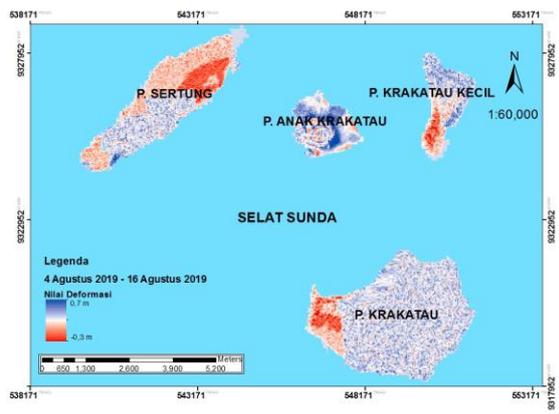
Deformasi muka tanah yang terjadi pada Gunungapi Anak Krakatau di bulan Januari bila dirata-rata kan mempunyai nilai -0.00175 meter lebih kecil dari bulan Februari yang mempunyai nilai rata-rata -0.00125 meter. Pada bulan Maret, muka tanah Gunungapi Anak Krakatau mengalami penurunan dari bulan sebelumnya menjadi -0.00225 meter. Pada bulan April, muka tanah Gunungapi Anak Krakatau kembali ke posisi bulan Februari yang mempunyai nilai rata-rata yang sama yaitu -0.00125 meter. Gunungapi Anak Krakatau terus mengalami Deflasi, pada bulan Mei dan Juni muka tanah Gunungapi Anak Krakatau mengalami penurunan yang kontinyu hingga -0.002 meter dan -0.003 meter. Pada bulan Juli, muka tanah Gunungapi Anak Krakatau mengalami kenaikan dari bulan Juni menjadi -0.0005 meter. Sedangkan pada bulan Agustus, Gunungapi Anak Krakatau mengalami penurunan kembali menjadi -0.00125 meter. Pada bulan September, terjadi Inflasi yang mempunyai nilai rata-rata -0.00075 meter. Bulan Oktober, muka tanah Gunungapi Anak Krakatau mengalami penurunan kembali menjadi -0.0015 meter. Sedangkan pada bulan November, kembali terjadi Inflasi menjadi -0.0005 meter. Lalu pada bulan Desember, nilai rata-rata Deformasi Gunungapi Anak Krakatau mengalami perubahan yang sangat drastis dari bulan-bulan sebelumnya dan memiliki nilai 0.02325 meter.

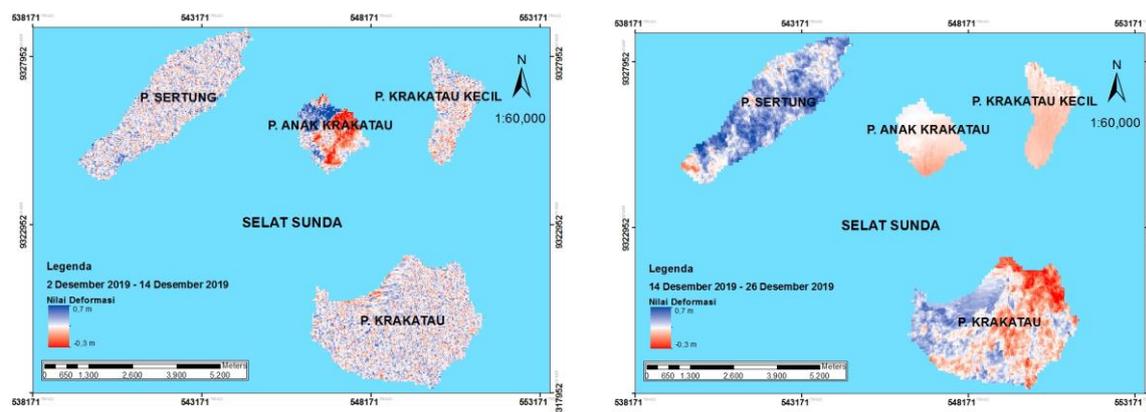
**Gambar 2. Pola Deformasi Gunung Krakatau Januari 2019-Desember 2019**











#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka didapatkan ditarik kesimpulan bahwa Pergerakan pola deformasi yang terjadi di Gunungapi Anak Krakatau memiliki 2 pola dalam rentang waktu 2 Desember 2019 sampai dengan 26 Desember 2019 yaitu inflasi dan deflasi. Pada rentang waktu A ke B terjadi pola inflasi dengan nilai 0.109 meter dengan nilai tersebut pola deformasi yang terjadi di Gunungapi Anak Krakatau sedang mengalami praerupsi dimana magma mulai menekan ke permukaan tanah, dalam rentang waktu 29 Desember 2019 ke 31 Desember 2019 terjadi pola deflasi dengan nilai -0.016 meter, dengan nilai tersebut pola deformasi yang terjadi pada Gunungapi Anak Krakatau sedang mengalami erupsi yang memuntahkan magma dalam kantong magma Gunungapi Krakatau.

#### 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., Rizos, C. (2001). Studi Deformasi Gunung Kelut Dengan Metode Survei GPS. *Jurnal Surveying dan Geodesi*, Vol.XI, No.1.
- Carnec, C., & Delacourt, C. (2000). Three years of mining subsidence monitored by SAR Interferometry, near Gardanne, France. *Jurnal of Appl. Geophysic*, 43, 43-54.
- Gabriel, A., Goldstein, R., & Zebker, H. (1989). Mapping Small Elevation Changes Over Large Area: Differential Radar Interferometry. *Journal of Geophysical Resesarch*, 9183-9191.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2014). Badan Geologi. Data Dasar Gunungapi Indonesia. <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/509-g-krakatau> diakses pada tanggal 19 September 2019.
- 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*.  
. Chelsa, Michgan: Ann Arbor Press.

Prasetyo, Y. dan Haniah (2011). Pengenalan Teknologi Radar Untuk Pemetaan Spasial di  
Kawasan Tropis. Jurnal. Vol.32 No. 2. Semarang : Universitas Diponegoro.

Pratomo, I. (2006). Klasifikasi Gunung Aktif Indonesia, Studi Kasus dari Beberapa Letusan  
Gunung Api dalam Sejarah. Jurnal Geologi Indonesia, 1(4), 209-227.