ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API SINABUNG PRA DAN PASCA ERUPSI MENGGUNAKAN

METODE DIFFERENTIAL INTERFEROMETRY SYNTHETIC APERTURE RADAR (DInSAR)

FTSP Series

Muhammad Ikhsan Adidafa¹, Mohammad Abdul Basyid²

1. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung.

2. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung.

Email: ikhsanloki@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Erupsi adalah letusan gunung api atau semburan sumber minyak dan uap panas. Gunung Api Sinabung merupakan salah satu gunung api di Dataran Tinggi, Kabupaten Karo, Sumatera Utara, Indonesia. Gunung Api Sinabung mengalami peningkatan aktivitas vulkanik sehingga berubah status menjadi Tipe A. Penelitian ini mengamati fenomena deformasi yang terjadi di kawasan Gunung Api Sinabung, pada saat "pra" dan "pasca" erupsi di tanggal 2 Maret 2021. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengindraan jauh sensor aktif (RADAR) metode DInSAR. DInSAR adalah teknik akuisisi dua citra Synthetic Aperture Radar (SAR) berpasangan dengan kombinasi data citra kompleks pada posisi spasial yang sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda dengan hasil akhir berupa model elevasi digital atau pergeseran suatu permukaan bumi (Cumming, 2005). Penelitian ini menggunakan data citra Sentinel-1A dengan pasangan citra 4 Februari 2021 – 28 Februari 2021 dan 28 Februari 2021 – 24 Maret 2021 dengan pengolahan data menggunakan perangkat lunak SNAP 9.0. Hasil dari penelitian ini yaitu adanya penurunan nilai deformasi dari pra ke pasca dengan nilai rata-rata 0,739 meter dari empat titik sampel di kawasan Gunung Api Sinabung akibat erupsi pada tanggal 2 Maret 2021.

Kata kunci : Erupsi; Deformasi; DInSAR; Gunung Api Sinabung; Sentinel-1A.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan KBBI, erupsi adalah letusan gunung api atau semburan sumber minyak dan uap panas. Gunung api di Indonesia terdapat banyak karena terletak di antara 3 lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik (N. Y. Muvid, 2015). Gunung api terdapat pada tempat pertemuan jalur lempeng, salah satu gunung api tersebut adalah Gunung Api Sinabung. Gunung Api Sinabung terletak di Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Sejak Agustus 2010, Gunung Api Sinabung mengalami peningkatan aktivitas dengan mengeluarkan asap, abu vulkanis, dan lava, sehingga berubah status menjadi Tipe A (Oktorie, 2018). Tipe-A, yaitu yang pernah mengalami erupsi magmatik sekurang-kurangnya satu kali sesudah 1600 Masehi. Di Indonesia terdapat 79 gunung api Tipe-A (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2021). Salah satu dampak dari erupsi pada perubahan bentuk di permukaan bumi di sekitar gunung api, yaitu kenaikan ataupun penurunan permukaan bumi atau deformasi. Deformasi adalah perubahan posisi, bentuk dan ukuran materi (Kuang, 1996). Untuk mengetahui terjadinya deformasi tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain dengan menggunakan teodolit ataupun sipat datar, *Global Navigation Satellite System* (GNSS), dan dengan pengamatan melalui pengindraan jauh menggunakan sensor aktif maupun sensor pasif. Pada penelitian ini penulis ingin mengkaji fenomena deformasi di Gunung Api Sinabung menggunakan metode *Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar* (*DInSAR*).

DInSAR (*Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar*) adalah teknik akuisisi dua citra *Synthetic Aperture Radar* (SAR) berpasangan kombinasi data citra kompleks pada posisi spasial yang sama (*differential SAR*) atau posisinya sedikit berbeda (*terrain height InSAR*) pada area sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda. Hasil akhir berupa model elevasi digital (DEM) atau pergeseran suatu permukaan bumi (Cumming, 2005). Dalam bidang ilmu geospasial prinsip pemantauan yang dilakukan saat aktivitas erupsi gunung api terfokus pada perubahan posisi dari beberapa titik koordinat pada permukaan bumi di kawasan gunung api untuk mewakili gunung api secara kontinu.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengidentifikasi fenomena dan nilai deformasi menggunakan metode *DInSAR* pada pra dan pasca erupsi tanggal 2 Maret 2021 pada kawasan Gunung Api Sinabung, dengan menggunakan data Sentinel-1A (SLC) mode *Interferometry Wide-swatch* (IW) yang diunduh melalui beranda scihub.copernicus yang di kelola oleh *European Space Agency* (ESA) dan DEM SRTM 1 sec dengan di olah menggunakan perangkat lunak *Sentinel Application Platform* (SNAP) 9.0.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Skema Pengukuran DInSAR

Menurut Campbell (2006) pengindraan jauh adalah praktik memperoleh informasi tentang permukaan tanah bumi dan permukaan air menggunakan gambar yang diperoleh dari sebuah perspektif dari atas, menggunakan radiasi elektromagnetik dalam satu atau lebih wilayah spektrum elektromagnetik, yang dipantulkan dari permukaan bumi.



Gambar 2.1 Komponen Pengindraan Jauh

Pengindraan jauh memperoleh datanya menggunakan wahana satelit dengan gelombang elektromagnetik yang dikirimkan dari transmisi lalu diterima reseptor, setiap satelit memiliki sensornya masing-masing dengan panjang gelombang, frekuensi, dan kelebihannya tersendiri dalam proses kolektivitas datanya sesuai dengan kebutuhan.

DInSAR adalah metode pencitraan radar kesamping / *side looking* dengan menggunakan informasi fase, panjang gelombang, dan amplitudo (Firdaus dkk., 2016).

Metode *DInSAR* mengolah data *InSAR* dengan cara mendiferensialkan data citra SAR, menggunakan persamaan 1 sampai 4 (Crosetto dkk, 2021) sebagai berikut :



Gambar 2.2 Skema pengukuran DInSAR (Master dan Slave)

(Crosetto dkk., 2016)

$$\Delta \varphi_{Int} = \varphi_S - \varphi_M \tag{1}$$

$$\Delta \varphi_{Int} = \frac{\Delta R_{S-M} + \Delta R_{S'-S}}{\frac{\lambda}{4\pi}} + \varphi_{scatt-S} - \varphi_{scatt}$$
(2)

Uraian

:

:

ter (φ_M)
bar 2.5) pada citra
an jarak citra <i>Slave</i>
ma interaksi antara nukaan (φ_{scatt})

$$\Delta \varphi_{D-Int} = \Delta \varphi_{Int} - \varphi_{Topo..flat} = \varphi_D$$
(3)

 $\Delta \varphi_{D-Int} = \varphi_D + \varphi_{Topo_{res}} + \Delta \varphi_{Atm} + \Delta \varphi_{Orb} + \varphi_{Noise} + 2k\pi$ (4)

Uraian

$\Delta \varphi_{D-Int}$: nilai fase deformasi total (DInSAR)
$arphi_{Topoflat}$: fase topografi bumi datar
φ_D	: fase deformasi permukaan
$\varphi_{Topo_{res}}$: residual error topografi
$\Delta \varphi_{Atm}$: fase error akibat pengaruh atmosfer
$\Delta \varphi_{Orb}$: fase <i>error</i> akibat pengaruh orbit
φ_{Noise}	: fase <i>noise</i>
$2k\pi$: fase ambiguitas

FTSP Series : Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2023

2.2 Lokasi, Data, dan Peralatan Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Gunung Api Sinabung Kabupaten Karo, Sumatera Utara, Indonesia, dengan koordinat 3° 10'12" LU dan 98° 23'31" BT.



Gambar 2.3 Lokasi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

No	Data	Тіре	Orbit	Sumber
1	Citra Sentinel-1A	SIC	Acconding	FCΛ
	(04 Februari 2021)	SLC	Ascending	LJA
2	Citra Sentinel-1A	SIC	Ascending	FSΔ
	(28 Februari 2021)	JEC	Ascending	LJA
3	Citra Sentinel-1A	SIC	Acconding	FCΛ
	(24 Maret 2021)	SLC	Ascending	LJA
4	DEM SRTM	1 Sec	-	ESA

Tabel 2.2 Perangkat Lunak yang Digunakan

No	Perangkat Lunak	Kegunaan
1	ESA SNAP 9.0	Pengolahan DInSAR
2	ArcGIS 10.6	Layouting Peta

2.3 **Diagram Alir Penelitian**

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan dalam pelaksanaannya, secara garis besar dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 2.4 Diagram Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Peta Deformasi

Pasangan citra 4 Februari 2021 dan 28 Februari 2021 yang digunakan sebagai pengamatan pra erupsi menunjukkan fenomena deformasi seperti pada peta yang tertera pada Gambar 3.1 sedangkan untuk citra 28 Februari 2021 dan 24 Maret 2021 yang digunakan sebagai pengamatan pasca erupsi tertera pada Gambar 3.2



Gambar 3.1 Peta Deformasi Pra Erupsi 2 Maret 2021



Gambar 3.2 Peta Deformasi Pasca Erupsi 2021

3.2 Pembahasan

Pada peta deformasi Gunung Api Sinabung diatas digunakan empat titik sampel (A, B, C, dan D) yang mewakili empat arah mata angin dari kawasan atau area Gunung Api Sinabung

dengan koordinat UTM Zona 47 N masing-masing titik pada Tabel 4 dan sebaran titik sampel pada daerah Gunung Api Sinabung seperti pada Gambar 7.

Titik Sampel	Koordinat (m)		
	x	Y	
Α	432380.99998	351227.99993	
В	431041.00003	350281.99993	
С	432422.99996	349269.99997	
D	433584.00005	350331.99990	

Tabel 3.1 Koordinat Titik Sampel

Nilai Deformasi	Pra (m)	Pasca (m)	Solicih (m)	
Titik	04 Feb – 28 Feb 2021	28 Feb – 24 Mar 2021	Sensin (m)	
Α	-0,083	-0,854	-0,770	
В	-0,083	-0,830	-0,747	
С	-0,104	-0,822	-0,719	
D	-0,114	-0,833	-0,719	
Rata - Rata	-0,096	-0,835	-0,739	

Dari hasil pengamatan tersebut menunjukkan nilai negatif pada setiap titik sampel di Gunung Api Sinabung yang berarti mengalami deflasi saat kondisi pra erupsi dan pasca erupsi 2 Maret 2021 dengan selisih nilai deformasi setiap titik tertera pada Tabel 5 dengan selisih rata – rata senilai -0,739 m. Nilai tersebut menandakan fenomena deformasi yang terjadi pada kawasan Gunung Api Sinabung berupa deflasi.

Selama proses pengamatan (4 Februari 2021 – 24 Maret 2021) Gunung Api Sinabung berstatus level III (siaga) dimana dikutip dari web magma.esdm.go.id level III (siaga) mengindikasikan peningkatan aktivitas pada gunung api khususnya daerah kawah terhadap pemantauan visual maupun instrumental yang digunakan untuk *monitoring* atau pemantauan kondisi vulkanik pada gunung api. Dari platform MAGMA Indonesia bisa didapatkan data kondisi aktivitas vulkanik pada Gunung Api Sinabung pada saat pengamatan fenomena deformasi berlangsung. Data grafik aktivitas gempa Vulkanik letusan akan disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Tabel 3.3 Grafik Aktivitas Gempa Vulkanik Pengamatan Pra Erupsi



Tabel 3.4 Grafik Aktivitas Gempa Vulkanik Pengamatan Pasca Erupsi

Bila dikorelasikan antara hasil pengolahan *DInSAR* dengan aktivitas kegempaan vulkanik yang terjadi selama pengamatan (4 Februari 2021 – 24 Maret 2021) pada Gunung Api Sinabung terdapat fenomena deflasi yang cukup signifikan dimana permukaan pada kawasan Gunung Api Sinabung mengalami penurunan akibat magma yang keluar dari padatnya aktivitas erupsi Gunung Api Sinabung selama periode di bulan Maret 2021. Ini menandakan kantung magma pada saat setelah erupsi di tanggal 2 Maret 2021 mengeluarkan isi magmanya keluar kantung magma dari akibat aktivitas efusi selama erupsi berlangsung, yang mengakibatkan menurunnya tekanan pada kantung magma dan perubahan permukaan pada kawasan Gunung Api Sinabung yang mengalami deflasi.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- 1. Pra erupsi pada event 2 Maret 2021 dengan menggunakan data pasangan citra 4 Februari 2021 dan 28 Februari 2021 mengalami deflasi dengan nilai rata rata 0,096 m dari empat titik sampel.
- 2. Pasca erupsi pada event 2 Maret 2021 dengan menggunakan data pasangan citra 28 Februari dan 24 Maret 2021 mengalami deflasi dengan nilai rata rata 0,835 m dari empat titik sampel.
- 3. Pola deformasi yang dihasilkan dari pra hingga pasca erupsi 2 Maret 2021 memiliki pola penurunan atau deflasi dengan perbedaan selisih nilai rata ratanya 0,739 m dari empat titik sampel.
- 4. Pola deformasi deflasi yang dihasilkan dari pengamatan ini mengindikasikan penurunan tekanan pada kantung magma di kawasan Gunung Api Sinabung akibat dari peningkatan intensitas kegempaan vulkanik yang terjadi pasca erupsi 2 Maret 2021.

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 pengukuran berupa data GPS, karena data GPS dapat menghasilkan informasi yang bersifat kontinu, dan memiliki ketelitian posisi titik hingga ke level mm.
- 2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data Citra Satelit dengan resolusi yang lebih tinggi, seperti data Citra ALOS PALSAR yang menggunakan sensor L-Band dengan penetrasi hingga ke permukaan tanah di bandingkan Citra Sentinel-1A yang menggunakan sensor C-Band yang hanya memiliki penetrasi hingga kanopi vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriningrum, W., & Noviar, H. (2010). Pengembangan Metode Zonasi Daerah Bahaya Letusan Gunung Api Studi Kasus Gunung Merapi. *Jurnal Pengindraan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, *1*(1).
- Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthéry, N., & Crippa, B. (2016). Persistent scatterer interferometry: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sens ing*, *115*, 78-89.
- Cumming, I. (2005). Digital Processing of Synthetic Arpeture Radar Data. Artech House Remote Sensing Library
- Darmawan, I. G. B., Manurung, Z. K., Nurul, M., Prihadita, W. P., & Karyanto, K. (2021). Aplikasi *DInSAR* Untuk Identifikasi Deformasi Permukaan Gunung Anak Krakatau Pada Peristiwa Longsor Sebelum Tsunami Selat Sunda. *Jurnal Geosaintek*, 7(2), 83-92.

Diament, M., Harjono, H., Karta, K., Deplus, C., Dahrin, D., Zen, M.T., Gerard, M., Lassal, O., Martin, A. And Malod, J. 1992. *Mentawai Fault zone off Sumatra A new key to the geodynamics of westerm Indonesia.* Geology, v.20, 259-262. Appendix

Dwiakram, N., Amarrohman, F. J., & Prasetyo, Y. (2020). STUDI PENURUNAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN DINSAR TAHUN 2017-2020 (Studi Kasus: Pesisir Kecamatan Sayung, Demak). Jurnal Geodesi Undip, 10(1), 269-276.

ESA. 2017. Sentinel-1. Diakses dari https://www.esa.int/

- Firdaus, M., Purnomo, J., Lukmana, A., Mokhamad, D. dan Cahyadi, N. (2016), Analisis Pengaruh Deformasi Muka Tanah terhadap Pembangunan di Daerah Pesisir dengan Teknik Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) (Studi Kasus: Pesisir Bangkalan, Madura) Analysis Influence of Deformation toward Development in Coastal Areas with Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) Technique (Case Study: Coastal Area Bangkalan, Madura),.
- Gosal, L. C., Tarore, R. C., & Karongkong, H. H. (2018). Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Bencana Gunung Api Lokon Di Kota Tomohon. *SPASIAL*, *5*(2), 229-237.
- Hadi, B. S. (2019). Penginderaan Jauh Pengantar ke Arah Pembelajaran Berpikir Spasial, Fisrt.
- Islam, L. J. F., Prasetyo, Y., & Sudarsono, B. (2017). Analisis penurunan muka tanah (Land subsidence) kota semarang menggunakan citra sentinel-1 berdasarkan metode dinsar pada perangkat lunak SNAP. Jurnal Geodesi Undip, 6(2), 29-36.
- Jati, Raditya. 2021. Gunung Sinabung Kembali Erupsi, Status Masih Level III. Dari bnpb.go.id.
- Jati, Raditya. 2021. Kembali Bererupsi, Gunung Sinabung Luncurkan Awan Panas Sejauh 4.500 Meter. Dari bnpb.go.id.
- Kamil, M. (2020). *TA: Estimasi Sumber Tekanan Magma Gunung Api Sinabung Pada Erupsi 09 Juni 2019 Menggunakan Model Mogi* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Kuang. (1996). Geodetic Network Analysis and Optimal Design : Concept and Application. Ann Arbor Pr Inc.
- Kurnia, H., D, Ratih., C. P., Rosadi, U. 2013. *Estimasi Kedalaman Pusat Tekanan dan Volume Magma dari Hasil Perbandingan Nilai Maksimum Deformasi Horizontal dan Vertikal Hasil Pengamatan GPS Real Time Kontinu*. Jurusan Teknik Geodesi, FTSP Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- N. Y. Muvid, "Analisis Deformasi Gunung Merapi menggunakan Data GPS tahun 2015," Malang, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2018.
- Nurtyawan, R., & Utami, L. S. (2020). Monitoring deformasi gunung merapi menggunakan citra sentinel-1A dengan menggunakan metode *DInSAR* (studi kasus: Gunung Merapi, Jawa Tengah). *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan, 4*(1), 14-23.
- Pratiwi, R., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Analisis Korelasi Deformasi dan Tutupan Lahan Kawasan Gunung Merapi Pra dan Pasca Erupsi. *Jurnal Geodesi Undip, 6*(3), 57-66.
- Praygia, P. (2022). Laporan Aktivitas Gunung Sinabung. esdm.go.id

Pusat Vulkano dan Mitigasi Bencana Geologi. "Tipe Gunung Api". Diakses dari magma.esdm.go.id.

Roeslan K. 2005. Indonesia Adalah Laboratorium Alam Raksasa. Kompas. Jakarta.

Surono. (2012). Kompas. Retrieved from Indonesia memiliki 127 Gunung api aktif. dari http://lipi.go.id Sutanto. (1994). Penginderaan Jauh jilid 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Vulcano Survey of Indonesia. 2008. *Pengenalan Gunung Api.* Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.