



ILMU-ILMU TEKNIK KEBENCANAAN 2019

ILMU-ILMU TEKNIK
KEBENCANAAN 2019



UNIVERSITAS LAMPUNG
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng
Rajabasa, Bandar Lampung 35145
Indonesia
www.unila.ac.id

ISBN 978-602-73260-3-3



ILMU-ILMU TEKNIK: Kebencanaan 2019

Editor

Shirley Savetlana
Irza Sukmana
Meizano Ardhi Muhammad
Afri Yudamson

Penerbit

UPT Perpustakaan Universitas Lampung

ILMU-ILMU TEKNIK: KEBENCANAAN 2019

ISBN

978-602-73260-3-3

EDITOR

Shirley Savetlana

Irza Sukmana

Meizano Ardhi Muhammad

Afri Yudamson

SAMPUL DAN TATA LETAK

Tim SIMTEK 2019

PENERBIT

UPT Perpustakaan Universitas Lampung

ALAMAT

Gedung Perpustakaan Universitas Lampung

Jl. Soemantri Brojonegoro no. 1 Gedongmeneng

Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia

35145

email: library@kpa.unila.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Edisi Pertama; Cetakan Pertama ~ 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan Karunia Allah SWT sehingga penyusunan buku ini dapat selesai. Buku ILMU-ILMU TEKNIK: Kebencanaan 2019 memuat tulisan karya ilmiah dari Simposium Nasional Ilmu-ilmu Teknik (SIMTEK) 2019.

Seperti pembaca ketahui Indonesia akhir-akhir ini sering dilanda bencana. Untuk itu para akademisi dan praktisi yang melakukan penelitian dalam bidang kebencanaan menyumbangkan hasil penelitian dalam bentuk tulisan ini. Diharapkan buku ini menjadi salah satu buku referensi bagi stake holder dalam hal mitigasi bencana. Buku ini memuat tulisan karya ilmiah bidang mitigasi bencana dari berbagai disiplin ilmu teknik. Artikel-artikel antara lain dari Teknik Sipil, Teknik Geofisika, Teknik Arsitektur, Teknik Kimia, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Lingkungan, Teknik Logistik, Teknik industri, Teknik Pertanian, dan Matematika. Semua bidang ilmu tersebut berkontribusi dalam bentuk tulisan ilmiah dari hasil penelitian para penulis di masing-masing bidang sehubungan dengan mitigasi bencana. Buku ini terdiri enam bagian yang terbagi dalam Bidang 1: Teknik Sipil, Planologi, dan Arsitektur, Bidang 2: Teknik Geologi, Geofisika, dan Geodesi, Bidang 3: Teknik Mesin dan Teknik Industri, Bidang 4: Teknik Elektro, Teknologi Informasi, dan Komputer, Bidang 5: Teknik Kimia dan Ilmu Lingkungan, dan Bidang 6: Sains Terapan dan Multidisiplin.

Akhir kata, kami berterima kasih kepada para penulis dan *reviewer* yang telah berkontribusi sehingga buku yang berisi hasil penelitian dalam bidang ilmu teknik dengan topik mitigasi bencana ini dapat terwujud. Kami berharap para pembaca menikmati buku ini dan buku ini dapat bermanfaat dalam hal mitigasi bencana di Indonesia.

Editor,
Shirley Savetlana
Irza Sukmana
Meizano Ardhi Muhammad
Afri Yudamson

DAFTAR ISI

EDITOR	II
KATA PENGANTAR	III
DAFTAR ISI.....	IV
BIDANG 1: TEKNIK SIPIL, PLANOLOGI, DAN ARSITEKTUR	1
Chapter 1: PROTOTIPE SISTEM MONITORING AIR LIMBAH INDUSTRI RAYON	3
Chapter 2: MITIGASI STRUKTURAL BENCANA PADA INFRASTRUKTUR SISTEM TRANSPORTASI	11
Chapter 3: PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR TERPADU BERBASIS GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) DI KABUPATEN MUSI RAWAS UTARA	21
Chapter 4: MODELING OF COLD LAVA FLOW SPATIAL ANALYSIS FOR MITIGATION OF VOLCANO DISASTER MERAPI	29
Chapter 5: ANALISIS KERENTANAN KAWASAN PERMUKIMAN TERHADAP BENCANA BANJIR (STUDI KASUS: KOTA PALEMBANG).....	45
Chapter 6: FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEPUTUSAN MASYARAKAT TETAP BERMUKIM DI KAWASAN RAWAN BENCANA BANJIR (STUDI KASUS: KALIBALAU KENCANA, KOTA BANDAR LAMPUNG)	52
Chapter 7: BATA SEGITIGA KEDAP AIR SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL KONSTRUKSI	67
Chapter 8: POLA PERMUKIMAN KAWASAN PESISIR BERKETAHANAN BENCANA STUDI KASUS TELUK BETUNG TIMUR, KOTA BANDAR LAMPUNG	76
Chapter 9: INVESTIGASI DAN EVALUASI GETARAN PADA PELAT BETON BERTULANG	86
Chapter 10: KEARIFAN LOKAL DALAM KONSTRUKSI TAHAN GEMPA BANGUNAN TRADISIONAL DI LIWA LAMPUNG BARAT	96
BIDANG 2: TEKNIK GEOLOGI, GEOFISIKA, DAN GEODESI.....	107
Chapter 11: POTENTIAL RISK MAPPING OF EARTHQUAKE DISASTER BASED ON SEISMIC VULNERABILITY INDEX IN PRAMBANAN AREA OF SLEMAN – KLATEN	109
Chapter 12: ANALISIS HIPOSENTER GEMPA BUMI LOMBOK (NTB) MENGGUNAKAN METODE GRID SEARCH DAN GEIGER	118

Chapter 13: INVESTIGASI ZONA POTENSI BENCANA AMBLESAN BERBASIS DATA GEOLISTRIK SCHLUMBERGER DAN WENNER DI PONJONG, GUNUNG KIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA	127
Chapter 14: IDENTIFICATION OF SLIP SURFACE USING 2D RESISTIVITY METHOD, CASE STUDY IN PIDADA, BANDAR LAMPUNG.....	138
Chapter 15: ASPECT AND CRITERIA OF GEOLOGICAL CONDITIONS FOR GROUNDWATER QUANTITY CONTROL	148
Chapter 16: APLIKASI CITRA SAR UNTUK PEMETAAN DEFORMASI AKIBAT GEMPA BUMI DENGAN METODE DINSAR.....	159
Chapter 17: IDENTIFIKASI DIMENSI FRAKTAL <i>EVENT</i> GEMPA BUMI MENGGUNAKAN METODE <i>B-VALUE</i> PADA DAERAH AMBON DAN SEKITARNYA	171
BIDANG 3: TEKNIK MESIN DAN TEKNIK INDUSTRI	181
Chapter 18: PENGARUH TEMPERING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 1045 YANG DI <i>QUENCHING</i> DI MEDIA PENDINGIN TERSIRKULASI	183
Chapter 19: PENGARUH PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN Ti 6AL-4V ELI PADA PEMESINAN <i>MICRO-MILLING</i>	204
Chapter 20: PENGARUH STRUKTUR KARBON TERHADAP KAPASITANSI KAPASITOR BERBAHAN KARBON AKTIF UNTUK APLIKASI SEBAGAI KOMPONEN SENSOR	215
Chapter 21: PENGARUH SEBARAN <i>TITANIUM PIECES SPACE HOLDER</i> (TPSH) TERHADAP KUALITAS MAGNESIUM BERPORI UNTUK APLIKASI <i>SCAFFOLD</i> TULANG MAMPU TERDEGRADASI	221
Chapter 22: PENGARUH VARIASI SUHU SINTERING TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK PRODUK MAGNESIUM BERPORI UNTUK APLIKASI IMPLAN TULANG	232
Chapter 23: PENGELOLAAN AIR BALAS KAPAL DI PERAIRAN PT. PELINDO I SESUAI REGULASI IMO MEPC 56/23 ANNEX 2 BERBASIS MITIGASI RISIKO LINGKUNGAN.....	242

BIDANG 4: TEKNIK ELEKTRO, TEKNOLOGI INFORMASI, DAN KOMPUTER	251
Chapter 24: <i>VIRTUAL REALITY TOUR</i> GUNUNG ANAK KRAKATAU ...	253
BIDANG 5: TEKNIK KIMIA DAN ILMU LINGKUNGAN	267
Chapter 25: KINETIKA REAKSI ETHERIFIKASI GLISEROL DAN TERT-BUTIL ALKOHOL MENJADI GLISEROL TERT-BUTIL ETER (GTBE)	269
Chapter 26: ETERIFIKASI GLISEROL DAN TERT-BUTIL ALKOHOL DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS PADAT MENJADI GLISEROL TERT-BUTIL ETER (GTBE) (TINJAUAN PENGARUH WAKTU REAKSI DAN JUMLAH KATALIS TERHADAP KONVERSI GTBE YANG DIHASILKAN)	278
BIDANG 6: SAINS TERAPAN DAN MULTIDISIPLIN.....	289
Chapter 27: ANALISIS PENEMPATAN GUDANG BANTUAN TANGGAP DARURAT BENCANA ALAM KABUPATEN PANGANDARAN MENGGUNAKAN <i>SET COVERING PROBLEM</i> DAN ANP..	291
Chapter 28: OPTIMASI PENDIRIAN FASILITAS PENGUMPULAN DONASI BENCANA MENGGUNAKAN <i>MAXIMUM COVERING PROBLEM</i> DAN <i>P-CENTER</i>	301
Chapter 29: KORESPONDENSI LINTASAN MATAHARI DAN BULAN SEBAGAI DASAR UNTUK MEMBANGUN MODEL DAN DATABASE EKSTREM KALENDERISASI BULAN PURNAMA DAN BULAN MATI.....	309
Chapter 30: PEMETAAN ESTIMASI DAERAH RAWAN TSUNAMI DAN WILAYAH LAYANAN EVAKUASI BERDASARKAN SKENARIO WAKTU KEPUTUSAN EVAKUASI DI WILAYAH PESISIR KOTA BANDAR LAMPUNG	316

APLIKASI CITRA SAR UNTUK PEMETAAN DEFORMASI AKIBAT GEMPA BUMI DENGAN METODE DINSAR

I Gede Boy Darmawan^{1,2,*}, Muhamad Farhan Yassar^{1,2}, Ahmad
Asmara Kandi^{1,2}, Ida Bagus Suananda Yogi^{1,2}

¹ Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung

² Tim Riset Unila Geoscience Teknik Geofisika Universitas Lampung

*Email: igedeboy@staff.unila.ac.id

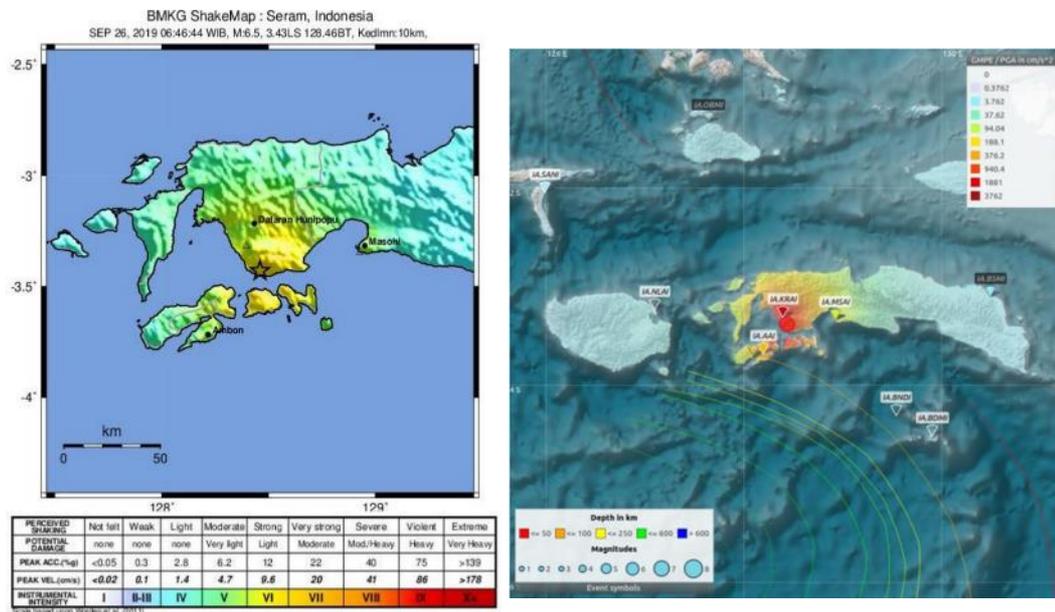
Abstrak: Deretan kejadian gempa Ambon yang terjadi sejak gempa utama tanggal 26 September 2019 telah menimbulkan banyak korban jiwa dan harta benda. Peristiwa ini menyebabkan kerusakan bangunan dan longsor akibat deformasi batuan permukaan. Deformasi batuan ini mencerminkan sebaran energi gempa bumi dan kerusakan yang diakibatkannya. Kegiatan pemetaan deformasi akibat gempa bumi penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik sebaran energi gempa bumi serta dampak yang diakibatkannya. Kesulitan akses di lokasi bencana menimbulkan hambatan dalam kegiatan pemetaan deformasi di lapangan, sehingga diperlukan solusi pemetaan dengan penginderaan jauh. Dengan mengaplikasikan metode DInSAR pada citra SAR khususnya Sentinel-1 (A & B) dapat diperoleh sebaran deformasi batuan permukaan. Metode ini memanfaatkan perbedaan fase antara dua citra SAR yang diakuisisi sebelum dan setelah peristiwa gempa bumi. Hasil pengolahan data SAR menunjukkan sebaran deformasi yang terdeteksi berada di Pulau Ambon antara (-0,54) – (+0,55) m terhadap *Line of Sight* (LOS). Sementara di Pulau Haruku, Seram dan Saparua nilai deformasi cenderung negatif antara (-0,88) – (+0,18) m. Kondisi ini mengindikasikan adanya pola deformasi positif/naik di Pulau Ambon yang secara gradasional menurun menjadi deformasi negatif ke arah Timur sampai di Pulau Saparua. Meskipun demikian, *fringes* (perbedaan fase) yang jelas hanya muncul di beberapa area dengan nilai koherensi yang rendah, sedangkan yang ditumbuhi oleh vegetasi menyebabkan nilai koherensi area tersebut sangat rendah, sehingga tidak dapat digunakan dalam analisis deformasi. Hasil pemetaan deformasi ini dapat digunakan untuk penyusunan peta kawasan siaga bencana untuk memitigasi bencana gempa bumi di kemudian hari.

Kata kunci: gempa bumi, deformasi, interferometri, DInSAR, fringes.

I. PENDAHULUAN

Ambon merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang berada dekat dengan zona kolisi di busur banda. Secara tektonik, daerah ini memiliki energi tersimpan yang cukup besar akibat dari pertemuan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia serta lempeng Pasifik. Pelepasan energi akibat pergerakan ini terekam dengan sangat jelas dari sebaran kejadian gempa dan episenter gempa bumi di wilayah tersebut. Energi ini dilepaskan melalui sesar-sesar dan *fracture* yang terbentuk di sekitar Pulau Ambon, Seram dan Buru [1]. Salah satu peristiwa pelepasan energi gempa bumi yang cukup besar di wilayah ini terjadi pada tanggal 26 September 2019. Gempa ini terjadi pada kedalaman 10 km dengan posisi *epicenter* berada

di Pulau Seram tepatnya pada koordinat Bujur dan Lintang (128,46° BT, 3,43° LS) [2].



Gambar 1. Lokasi episenter dan sebaran kekuatan guncangan gempa pada skala MMI (Modified Mercalli Intensity) pada gempa Ambon 26 September 2019 [2].

Menurut laporan BMKG, gempa yang terjadi di wilayah Ambon dapat diklasifikasikan sebagai gempa bumi yang dangkal. Gempa ini memiliki mekanisme sumber berjenis *strike-slip* dengan arah timur laut – barat daya. Penyebab gempa ini diperkirakan akibat dari aktivitas sesar geser yang ada di Pulau Seram. Namun keberadaan sesar ini belum dapat diidentifikasi dengan baik sehingga umumnya gempa ini dikategorikan sebagai *background*. Berdasarkan pada Gambar 1, sebaran guncangan gempa ini dirasakan pada skala V-VI MMI di Ambon dan Kairatu yang kemudian melemah ke skala II-III di Paso dan II MMI di Banda [2].

II. MATERIAL DAN METODE

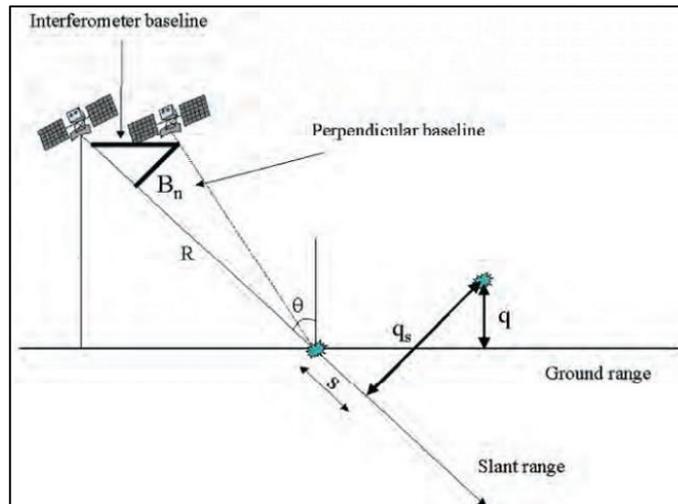
SAR *interferometry* atau InSAR dikembangkan untuk menghasilkan topografi suatu area dengan teknik interferogram yang memerlukan minimal dua citra SAR dalam format *single look complex* (SLC) [3-4]. Citra SAR yang pertama disebut *master* dan yang kedua disebut *slave*. Amplitudo dari interferogram merupakan perkalian antara amplitudo citra *master* dengan citra *slave* sementara fase interferogram merupakan perbedaan antara fase *master* dan fase *slave*.

$$\text{Interferogram} = y(\text{master}) \times y(\text{slave}) \tag{1.1}$$

$$\text{Interferogram} = A_m A_s e^{i(\phi_m - \phi_s)} \tag{1.2}$$

$$\phi_G = \phi_m - \phi_s = \tan^{-1} \left(\frac{1}{R} \right) = -\frac{4\pi(R_m - R_s)}{\lambda} \quad (1.3)$$

dengan ϕ_G merupakan fase interferometri atau beda fase yang dihasilkan dari citra *master* dan *slave* pada satu titik (Gambar 2), sementara R_m dan R_s merupakan jarak geometri dari satelit ke target dan waktu akuisisi, serta λ adalah panjang gelombang dari citra SAR yang digunakan [3].



Gambar 2. Parameter geometri dari sistem satelit interferometri SAR [5].

Pengembangan dari metode InSAR yang memanfaatkan perbedaan fase antara dua pasang citra SAR yang diambil pada waktu yang berbeda untuk pendeteksian dalam skala sentimeter (Massonet, dkk., 1993 dalam [6]) suatu deformasi relatif pada suatu daerah disebut *Differential Interferometric SAR* atau *DInSAR*. Persamaan yang lebih realistis untuk diferensial *interferogram* harus mempertimbangkan sinyal lain yang mewakili sumber utama fase deformasi. Dengan demikian persamaan fase dalam suatu *interferogram* adalah:

$$\Delta\phi_{DInSAR} = \Delta\phi_{defo} + \Delta\phi_{res_orbit} + \Delta\phi_{res_topo} + \Delta\phi_{atm} + \Delta\phi_{noise} \quad (1.4)$$

dimana:

$\Delta\phi_{defo}$ adalah sinyal deformasi yang sesuai dengan perpindahan yang terjadi selama selang akuisisi berulang.

$\Delta\phi_{res_orbit} \cong \frac{4\pi}{\lambda} \left(\frac{R-R_0}{R \tan \theta} \Delta B_{\perp} + \frac{h}{R \sin \theta} \Delta B_{\perp} \right)$ merepresentasikan *residual fringes* akibat ketidakakuratan mengenai posisi sensor pada orbit.

$\Delta\phi_{res_topo} \cong \frac{4\pi}{\lambda} \left(\frac{B_{\perp}}{R \sin \theta} \Delta h \right)$ adalah residual sinyal topografi akibat kesalahan tentang informasi mengenai medan topografi pada *scene*, atau kesalahan *resampling* DEM ke dalam koordinat SAR (*slant range*).

$\Delta\Phi_{atm}$ adalah efek inhomogenitas indeks bias atmosfer yang menyebabkan *phase noise* yang biasa disebut dengan *atmospheric artifacts*. *atmospheric phase screen* (APS) dapat di-filter menggunakan prosedur spasial-temporal yang sesuai.

$\Delta\Phi_{noise}$ adalah kontribusi derau (*noise*) adiktif [6].

Pada dasarnya, faktor *cross-correlation* akan bergantung pada sumber *noise* yang berbeda, dan dapat difaktorkan sebagai produk dari faktor *cross-correlation* yang relevan untuk setiap sumber *noise* (Zebker dan Villasenor, 1992 dikutip dari [6] sebagai berikut:

$$\chi = \chi_{thermal} \cdot \chi_{spatial} \cdot \chi_{doppler} \cdot \chi_{misregistration} \cdot e^{j\frac{4\pi}{\lambda}\delta r'} \quad (1.5)$$

Ketika dua citra SAR tidak diakuisisi secara bersamaan tetapi pada interval waktu tertentu dengan *spatial baseline* dan geometri pengamatan yang sama, maka dekorelasi spasial tidak akan terjadi. Namun, perubahan fungsi reflektifitas suatu objek di permukaan bumi antara dua citra SAR tersebut tidak bisa diabaikan, terutama timbulnya sumber dekorelasi yang lain, yang biasa disebut dekorelasi temporal.

2.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan dua pasang (*pair*) citra SAR yaitu citra Sentinel-1 yang diperoleh dari <https://www.asf.alaska.edu/>. Pasangan tersebut masing-masing berada pada mode akuisisi *ascending* dan *descending*. Data Sentinel-1 yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1 berikut ini.

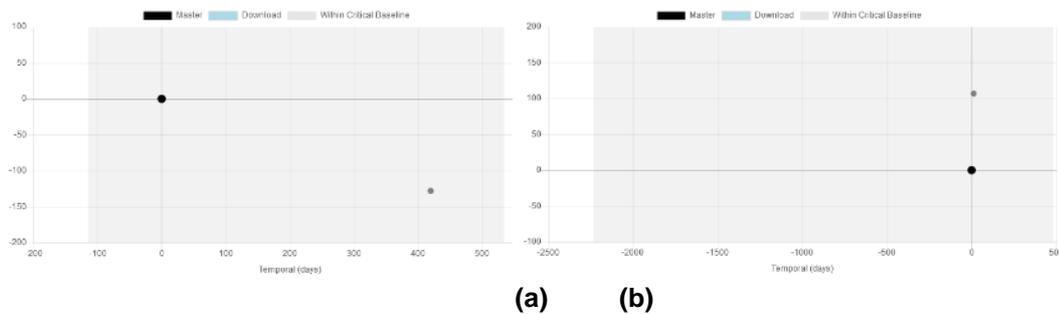
Tabel 1. Data Sentinel-1 yang digunakan untuk analisis DInSAR gempa Ambon yang diperoleh dari ASF.

Mode Akuisisi	Master	Slave	Prep. Baseline (m)	Temp. Baseline (hari)
Ascending	S1A_IW_SLC__1SDV_20180809T094518_20180809T094548_023167_028453_AE80	S1A_IW_SLC__1SDV_20191003T094530_20191003T094605_029292_035423_E5FF	-134	-420
	S1A_IW_SLC__1SDV_20190917T210236_20190917T210303_029066_034C72_4860	S1A_IW_SLC__1SDV_20190929T210237_20190929T210304_029241_035278_B58A		
Descending	S1A_IW_SLC__1SDV_20190917T210236_20190917T210303_029066_034C72_4860	S1A_IW_SLC__1SDV_20190929T210237_20190929T210304_029241_035278_B58A	104,868	-12

Dengan pasangan data yang difokuskan pada deformasi akibat gempa pada tanggal 26 september 2019 maka digunakan data pasangan InSAR 17 – 29 September 2019 untuk mode *descending*, sedangkan untuk mode *ascending* hanya diperoleh pasangan data pada tanggal 9 agustus 2018 – 3 oktober 2019 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Kondisi ini

menyebabkan *baseline* data pada mode *ascending* cukup jauh dan mempengaruhi nilai koherensinya.

Untuk mengetahui gambaran *baseline* data InSAR yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3 berikut ini.

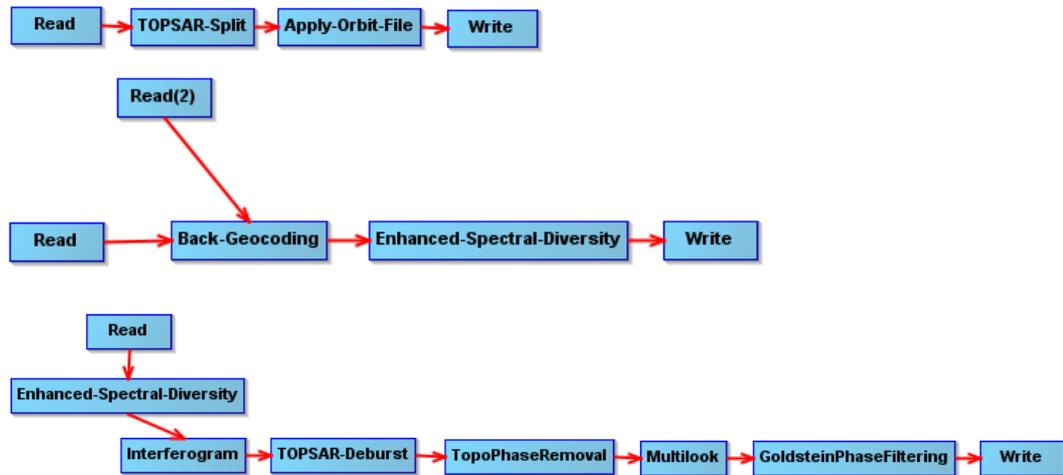


Gambar 3. Grafik yang menunjukkan *perpendicular* dan *temporal baseline* dari data Sentinel-1 mode *ascending* (a) dan *descending* (b) yang digunakan dalam metode InSAR gempa Ambon.

Hasil plot *baseline* dari pasangan data InSAR yang digunakan pada mode *descending* cukup optimal dengan nilai *baseline* rendah. Sementara untuk *baseline* pada mode *ascending* terkendala oleh *temporal baseline* yang cukup besar. Kondisi ini disebabkan oleh keterbatasan arsip data yang diperoleh dari ASF (*Alaska Satellite Facility*). Besarnya nilai *temporal baseline* ini akan sangat mempengaruhi nilai koherensi dari proses *coregistration* mode *ascending*.

2.2 Metode Penelitian

Proses pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DInSAR. Metode ini merupakan kombinasi antara metode InSAR yang fokus pada perubahan/deformasi yang terjadi di permukaan bumi dengan menghitung adanya perbedaan fase yang diterima oleh sensor dari dua waktu akuisisi data yang berbeda. Pengolahan data Sentinel-1 dilakukan dengan menggunakan SNAP versi 7. Tahapan pengolahan data dengan metode InSAR yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut ini. Setelah tahapan InSAR menghasilkan data interferogram [7], tahap selanjutnya adalah mentransformasikan nilai *fringes* yang mengindikasikan perbedaan fase gelombang menjadi nilai deformasi. Teknik yang digunakan adalah DInSAR atau *Differential SAR Interferometry* [8-9]. Teknik ini menggunakan perangkat lunak SNAPHU [10] yang menerapkan algoritma *Minimum Cost Flow* (MCF).



Gambar 4. Tahapan dalam pengolahan data Sentinel-1 untuk metode InSAR gempa Ambon.

Tahapan terakhir adalah mengimpor kembali hasil transformasi data interferogram ke deformasi ke SNAP. Seluruh data hasil pengolahan tersebut ditransformasikan ke sistem koordinat untuk mengembalikan posisi koordinat *slant range* ke koordinat peta. Setiap hasil transformasi tersebut menghasilkan peta koherensi, interferogram dan deformasi sesuai dengan pasangan data masing-masing. Hasil ini akan menunjukkan nilai deformasi untuk tiap mode akuisisi baik secara *ascending* maupun *descending*.

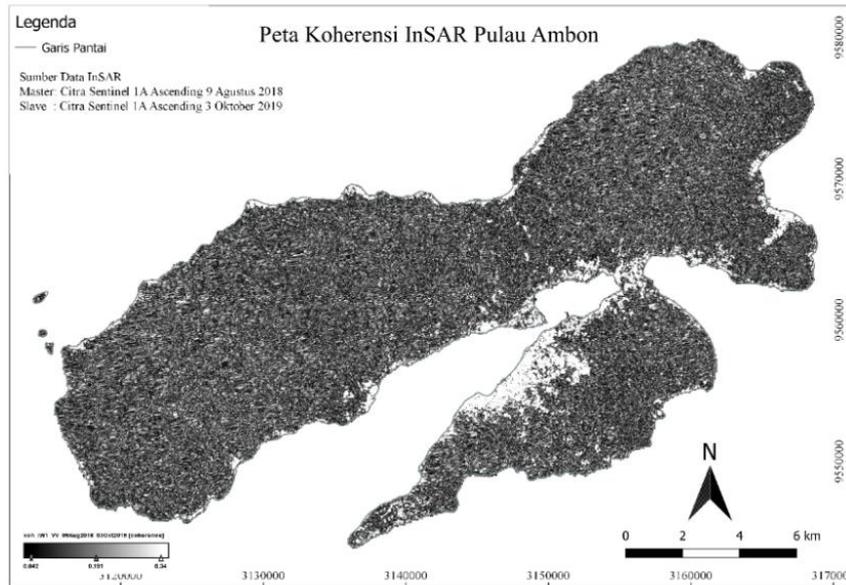
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan metode DInSAR pada data Sentinel-1 di wilayah Ambon diperoleh gambaran berupa perubahan morfologi atau topografi permukaan. Gambaran perubahan/deformasi permukaan ini diperoleh dari rekaman fase gelombang elektromagnetik yang dipantulkan dari permukaan target dan diproses dengan teknik DInSAR. Namun tidak seluruh data hasil pengolahan citra SAR dapat menghasilkan nilai deformasi yang jelas. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh nilai koherensi pasangan data yang rendah akibat *baseline* yang buruk serta pengaruh vegetasi.

3.1 InSAR Pada Mode Akuisisi *Ascending*

Pasangan data *ascending* yang digunakan pada penelitian ini adalah data Sentinel-1 yang diakuisisi pada tanggal 9 Agustus 2018 – 3 Oktober 2019. Besarnya nilai *temporal baseline* pada pasangan data InSAR mode

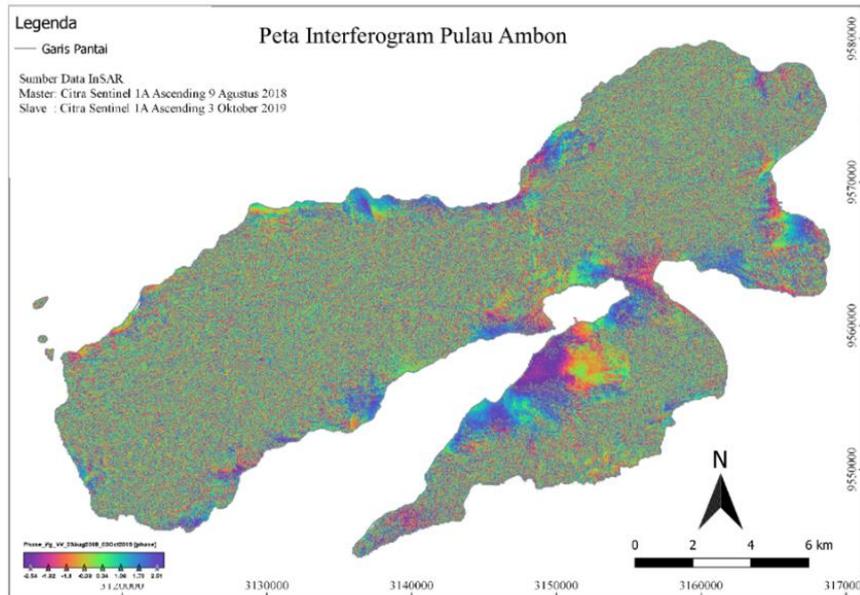
ascending menyebabkan nilai koherensinya rendah di sebagian besar area penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Sebaran nilai koherensi hasil pengolahan data SAR pada mode ascending di Pulau Ambon.

Nilai koherensi yang ditunjukkan oleh Gambar 5 sebagian besar cukup rendah dengan disimbolkan oleh warna gelap. Area koherensi rendah ini berada di wilayah yang pada oleh vegetasi. Sifat vegetasi yang berubah secara cepat mempengaruhi konsistensi pantulan fase gelombang elektromagnetik dari citra SAR, sehingga nilai koherensi dari area vegetasi menjadi kecil. Sementara nilai koherensi yang tinggi disimbolkan dengan warna putih. Sebaran warna putih untuk nilai koherensi tinggi berada di kawasan permukiman seperti kota Ambon dan wilayah permukiman di pesisir pantai.

Berdasarkan peta sebaran nilai koherensi pada data InSAR dengan mode *ascending*, diperoleh peta interferogram yang ditunjukkan oleh Gambar 6. Peta interferogram juga menunjukkan adanya *fringes* yang nampak jelas di area yang memiliki nilai koherensi tinggi. Kondisi ini mencerminkan area deformasi yang dapat dianalisis hanya pada lokasi koherensi tinggi dan interferogram yang memiliki pola yang jelas. Perubahan warna yang berpola (*fringes*) pada data interferogram mengindikasikan adanya perubahan fase dari pantulan permukaan yang mencerminkan deformasi permukaan.



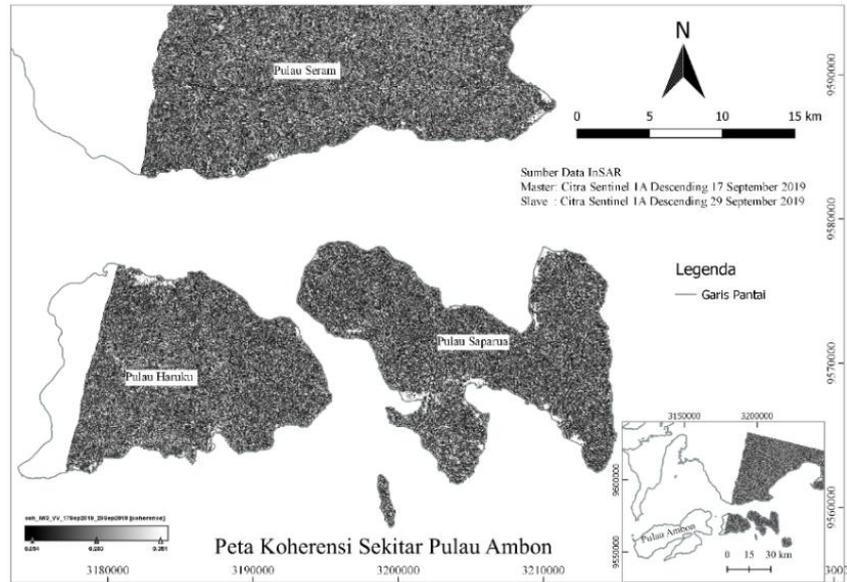
Gambar 6. Peta interferogram hasil pengolahan data Sentinel-1 dengan metode InSAR pada gempa Ambon.

Konsentrasi deformasi di wilayah kota Ambon dan beberapa permukiman di pesisir pantai tidak menunjukkan pola yang tegas, namun cukup menunjukkan indikasi deformasi tanah akibat gempa Ambon 26 september 2019.

3.2 InSAR Pada Mode Akuisisi *Descending*

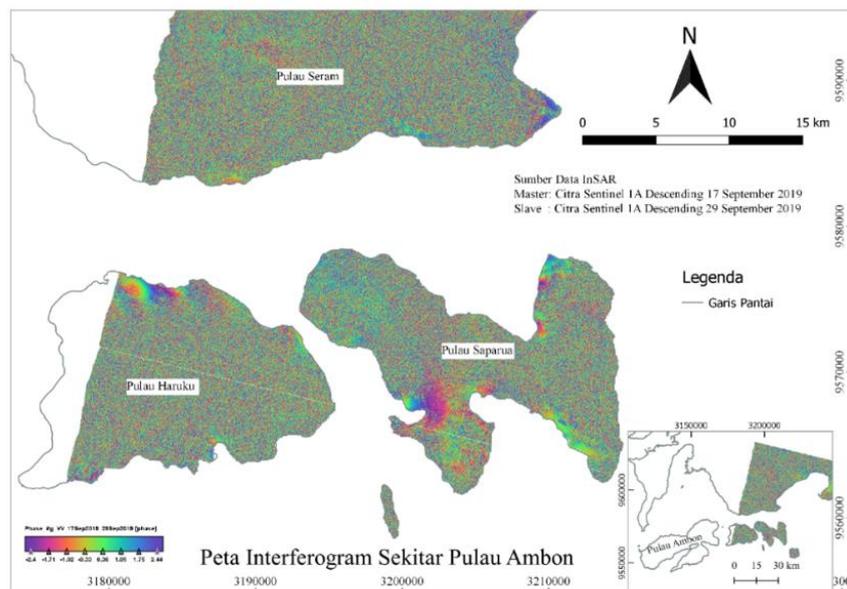
Pasangan data lainnya merupakan mode *descending* dengan waktu akuisisi data Sentinel-1 adalah 17 dan 29 september 2019. Berbeda dengan mode *ascending*, pada mode ini tidak diperoleh arsip data Sentinel-1 yang tepat melintasi wilayah kota Ambon. Namun demikian, terdapat data yang berada tepat di sebelah timur wilayah kota Ambon yang berada di selatan episenter gempa termasuk Pulau Seram. Data ini memiliki nilai *baseline* yang cukup baik untuk pengolahan dengan metode InSAR. Hasil pengolahan data InSAR menunjukkan sebaran nilai koherensi pasangan data mode *descending* ditunjukkan oleh Gambar 7 berikut ini.

Nilai koherensi yang baik untuk konsistensi data deformasi sangat minim dan hanya terkonsentrasi di wilayah permukiman penduduk di pesisir pantai. Peta ini juga menunjukkan sebagian besar wilayahnya ditutupi oleh vegetasi. Oleh karena itu, data interferogram yang dapat digunakan untuk memetakan deformasi permukaan yang baik hanya pada daerah dengan nilai koherensi tinggi, yaitu pada wilayah permukiman yang tidak tertutup vegetasi yang lebat.



Gambar 7. Sebaran nilai koherensi hasil pengolahan data SAR pada mode *descending* di Pulau Ambon

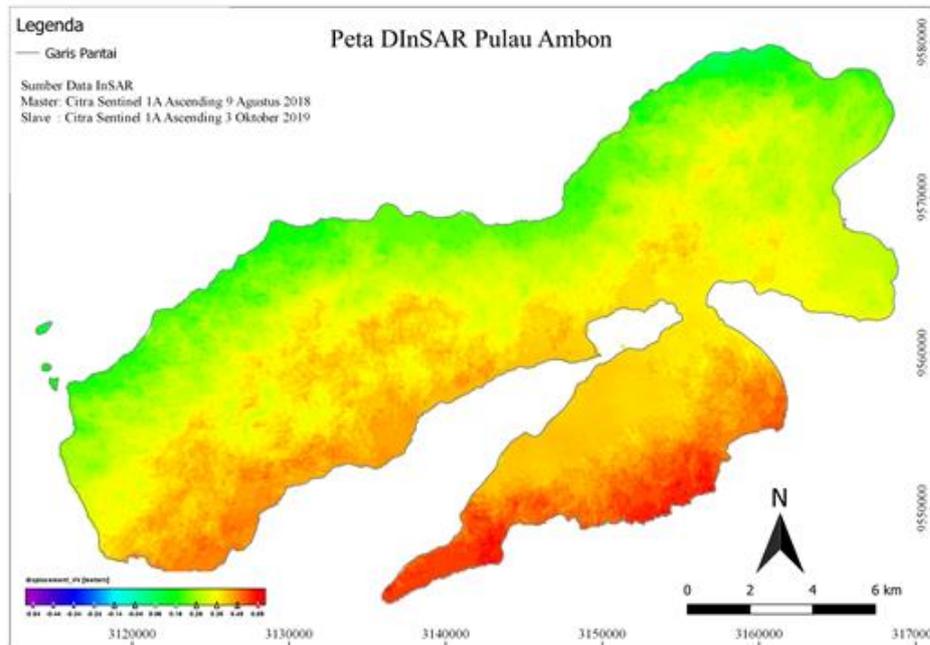
Berdasarkan peta interferogram yang ditunjukkan oleh Gambar 8, diperoleh gambaran bahwa gempa telah menyebabkan deformasi hampir di seluruh wilayah permukiman di sekitar Ambon. Fringes yang sangat jelas ditunjukkan di wilayah permukiman di utara Pulau Haruku. Lokasi ini sangat dengan dengan posisi episenter gempa Ambon sehingga diperkirakan menjadi area dengan deformasi permukaan yang cukup kuat.



Gambar 8. Peta interferogram hasil pengolahan data Sentinel-1 dengan metode InSAR pada gempa Ambon.

3.3 Deformasi Permukaan Akibat Gempa Bumi Ambon

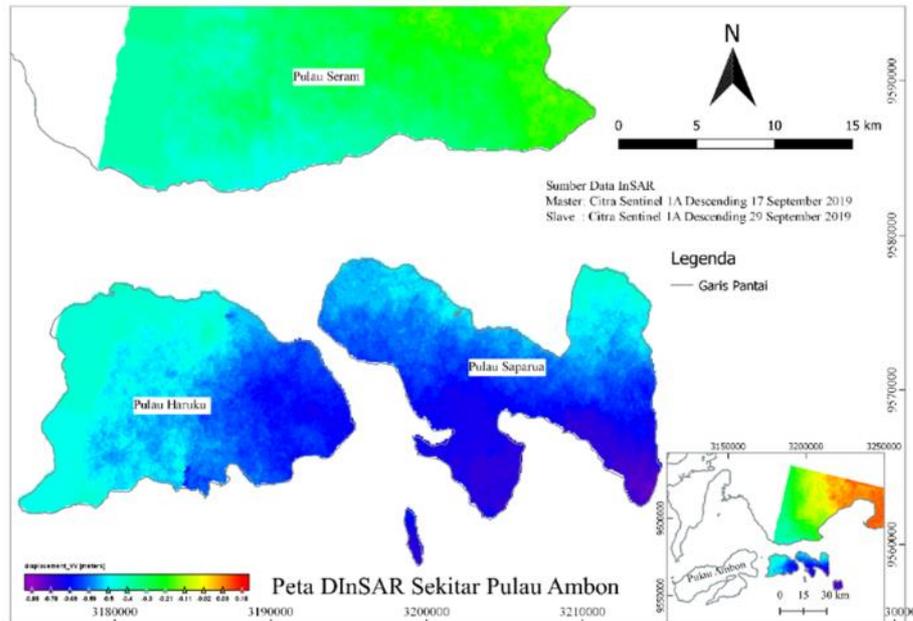
Hasil pengolahan data SAR dengan metode InSAR digunakan sebagai input data dalam teknik DInSAR sehingga besarnya deformasi tanah yang terjadi dapat dipetakan. Hasil transformasi dari data interferogram yang merupakan besarnya perubahan atau perbedaan fase menjadi deformasi permukaan ditunjukkan oleh Gambar 9 dan 10 berikut ini. Gambar 9 menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi di Pulau Ambon di sepanjang Line of Sight (LOS) pada mode *ascending*. Deformasi pada Pulau Ambon menunjukkan dominasi deformasi positif ke arah LOS dari selatan pulau dan menurun ke arah utara pulau.



Gambar 9. Peta deformasi permukaan hasil pengolahan data interferogram dengan metode DInSAR gempa Ambon dengan mode *ascending*.

Peta deformasi pada Gambar 9 menunjukkan rentang nilai deformasi gempa Ambon berkisar antara -0,54 sampai +0,55 meter searah LOS. Sementara untuk deformasi yang dilihat dari arah sebaliknya (*mode descending*) ditunjukkan oleh Gambar 10 berikut ini. Deformasi permukaan pada mode *descending* menunjukkan pola menjauhi sensor (LOS) sehingga didominasi oleh nilai negatif. Nilai deformasi tersebut berkisar antara -0,88 sampai +0,18 meter searah LOS. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi deformasi *uplift* di lokasi episenter yang tersebar di sekitar kota Ambon dan berorientasi pada arah barat daya – timur laut dan berpusat di episenter gempa. Hasil ini belum dapat menggambarkan secara lengkap

terkait proses deformasi akibat gempa Ambon ini. Namun metode ini mampu memetakan sebaran dan karakteristik awal dari deformasi akibat gempa Ambon sampai ke *remote area* dengan cukup baik.



Gambar 10. Peta deformasi permukaan hasil pengolahan data interferogram dengan metode DInSAR gempa Ambon dengan mode *descending*.

IV. KESIMPULAN

Dengan mengaplikasikan metode DInSAR pada citra SAR khususnya Sentinel-1 (A & B) dapat diperoleh sebaran deformasi batuan permukaan. Hasil pengolahan data SAR menunjukkan sebaran deformasi yang terdeteksi berada di Pulau Ambon antara -0,54 sampai +0,55 meter terhadap Line of Sight (LOS) dengan mode *ascending*. Sementara di Pulau Haruku, Seram dan Saparua nilai deformasi cenderung negatif antara -0,88 – 0,18 meter terhadap LOS dengan mode *descending*. Kondisi ini mengindikasikan adanya pola deformasi positif/naik di Pulau Ambon yang secara gradasional menurun menjadi deformasi negatif ke arah Timur sampai di Pulau Saparua.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa dengan teknik DInSAR, deformasi permukaan dapat diidentifikasi dengan baik selama nilai koherensi antar pasangan data yang digunakan memiliki *baseline* dan nilai koherensi yang baik. Nilai *baseline* sangat dipengaruhi oleh orbit dan rentang waktu akuisisi data. Sementara itu, nilai koherensi sangat dipengaruhi oleh adanya vegetasi dan objek lainnya yang dapat berubah dengan cepat terhadap waktu. Sehingga *temporal baseline* juga sangat mempengaruhi nilai koherensi data InSAR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada *Alaska Satellite Facility (ASF)* yang telah memberikan akses data Sentinel-1 dan terima kasih kepada *European Space Agency (ESA)* yang telah memberikan akses penggunaan software SNAP dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apandi, T. dan Sudana, D. (1980). *Peta Geologi Lembar Ternate, Maluku Utara, Skala 1:250.000*. Badan Geologi - Bandung.
- [2] BMKG. (2019). Ulasan guncangan tanah akibat gempa bumi di Ambon Maluku. *Laporan bidang seismologi teknik – BMKG*.
- [3] Agustan. (2010). Ground deformation detection based on ALOS-PALSAR data utilizing DInSAR technique in Indonesia. *Unpublished PhD thesis*, Nagoya University.
- [4] Zaenudin, A., Darmawan, I. G. B., Armijon, Minardi, S. dan Haerudin, N. (2018). Land subsidence analysis in Bandar Lampung city based on InSAR. *Jurnal of Physics: Conf. Series*, 1080: 1-7.
- [5] Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C. dan Rocca, F. (2007). InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. *ESA Publications*, Belanda.
- [6] Casu, F. (2009). The Small Baseline Subset Technique: Performance Assessment and New Development for Surface Deformation Analysis of Very Extended Areas. *Disertasi*, University of Cagliari.
- [7] Vajedian, S., Motagh, M. dan Nilfouroushan, F. (2015). StaMPS Improvement for Deformation Analysis in Mountainous Regions: Implications for the Damavand Volcano and Moshafault in Alborz. *Remote Sensing*, 7: 8323-8347.
- [8] Bakon, M., Perissin, D., Lazecky, M. dan Papco, J. (2014). Infrastructure Non-Linear Deformation Monitoring Via Satellite Radar Interferometry. *Procedia Technology*, 16: 294-300.
- [9] Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-Gonzalez, M., Devanthery, N. dan Crippa, B. (2016). Persistent scatterer Interferometry: a review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115: 78-89.
- [10] Hoser, T. (2018). Analysing the Capabilities and Limitations of InSAR using Sentinel-1 data for Landslide Detection and Monitoring. *Thesis for the Degree of Master of Science*, Department of Geography, University of Bonn.