

## ANALISIS DEFORMASI SESAR KALIGARANG MENGGUNAKAN METODE DINSAR DAN GEOMORFOLOGI TAHUN 2007-2008

Syachril Warasambi Mispaki, Yudo Prasetyo, Moehammad Awaluddin<sup>\*)</sup>

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
 Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788  
 email : [geodesi@undip.ac.id](mailto:geodesi@undip.ac.id)

### ABSTRAK

Semarang adalah salah satu kota yang padat di Jawa Tengah, dengan jumlah penduduk mencapai 1.739.989 jiwa dan luas wilayahnya 373,70 km<sup>2</sup>. Kota Semarang sendiri terbagi dua daerah yaitu daerah bawah dengan karakteristik berupa dataran rendah sampai pantai dan daerah atas berupa dataran tinggi perbukitan. Menjadi menarik selain memiliki dua tipe daerah yang berbeda Semarang juga memiliki sesar, salah satunya sesar Kaligarang. Posisi sungai Kaligarang sendiri membelah pada arah hampir utara-selatan kota Semarang. Dampak adanya sesar Kaligarang dapat dilihat di beberapa tempat seperti jalan yang ambles di daerah UNIKA Semarang dan rumah penduduk yang bergeser di daerah desa Tinjomoyo.

Pada penelitian ini digunakan beberapa metode yaitu InSAR, DinSAR dan pengamatan geomorfologi ketiga teknik tersebut digunakan untuk melakukan identifikasi dan estimasi area sesar yang mengalami deformasi. Pemilihan penggunaan teknik penginderaan jauh (inderaja) dikarenakan memiliki kemampuan untuk melakukan penilaian terhadap kawasan yang luas dengan waktu yang cepat. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa tiga citra ALOS PALSAR level 1.0 yang diakuisisi pada tanggal 8 juni 2007, 26 Juli 2008, dan 10 September 2009. Selain ketiga citra ALOS PALSAR tadi, juga digunakan data DEM SRTM versi 4, digunakan untuk koreksi topografi. Penggunaan ketiga metode yang sudah disebutkan sebelumnya memiliki fungsi yang berbeda. Untuk metode InSAR digunakan untuk pembentukan model digital dari kota Semarang. Setelah mendapatkan model tinggi digital kota Semarang, bisa dilakukan proses identifikasi letak, panjang, lebar dan luasan sesar Kaligarang menggunakan metode geomorfologi. Hasil dari identifikasi tersebut dapat dihitung laju deformasinya menggunakan metode DinSAR, dengan menggunakan metode DinSAR bisa dilakukan estimasi pergerakan sesar Kaligarang. Dari hasil metode DinSAR dihasilkan laju penurunan tanah antara 3 cm sampai 11 cm. Untuk mengetahui kebenaran pengukuran menggunakan metode DinSAR, dilakukan dengan validasi penurunan yang diukur menggunakan GPS. Setelah melakukan validasi didapat simpangan baku sebesar 3,073 cm. Untuk mengetahui jenis sesar dan arah sesar dilakukan dengan metode geomorfologi dan dari hasil kajian geomorfologi didapat sesar kaligarang merupakan sesar aktif yang termasuk jenis sesar geser menganan.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan tentang laju penurunan deformasi sesar Kaligarang berkisar dari 3 cm sampai 11 cm dan didapat jenis sesar Kaligarang adalah sesar geser menganan. Hal tersebut menjadikan penelitian ini penting, penelitian ini bisa digunakan sebagai tindakan awal mitigasi bencana di daerah sekitar sesar Kaligarang.

**Kata kunci:** Semarang, Deformasi, Sesar, InSAR, DinSAR, Geomorfologi.

### ABSTRACT

*Semarang is one of the densely populated city in Central Java which is has a dense population arounds 1,739,989 inhabitants in a total area of 373,70 km<sup>2</sup>. In geographic composition, Semarang city has two major area characteristic where is a lowlands area dominated with a coastal area and the plateau area lies on highland hills. Also Semarang city has also has a Kaligarang fault where is lie in Kaligarang River. The position of Kaligarang river itself divides in the direction nearly north-south city of Semarang. The impact of the fault Kaligarang can be seen in several places such as a land subsidence phenomenon in Tinjomoyo village area such as several house destruction.*

*In this research, we have used several methods and observations such as InSAR, DinSAR and geomorphology where is this techniques used to identify the fault area and estimate Kaligarang's fault movement velocity. Selection of the use of remote sensing techniques due to the ability to conduct an assessment of a large region with a fast time. The data used in this study of three ALOS PALSAR level 1.0 which was acquired on June 8, 2007, July 26, 2008, and 10 of September 2009. Besides that third ALOS PALSAR earlier, also used data of SRTM DEM 4th version, is used for the correction of the topography. The use of the three methods already mentioned earlier have different functions. For the InSAR method used for the establishment of a digital model in Semarang. After getting high models digital city of Semarang, the identification process can be done layout, length, width and area of the fault Kaligarang using geomorphology. Results of such identification can be calculated using the rate of*

*\*) Penulis, Pananggung jawab*

*deformation DinSAR method, by using the method of estimation can be done DinSAR Kaligarang fault movement. From the result generated DinSAR method of land subsidence rate between 3 cm to 11 cm. To know the truth measurement that used DinSAR method, is performed with the decline of validation that measured using GPS. After validating obtained standard deviation of 3,073 cm. To determine the type of fault and the fault direction is done the method of geomorphology and the results obtained fault geomorphology study kaligarang an active fault that include type of fault strike slip fault.*

*In this study, the rate of decline can be conclude that Kaligarang fault deformation range from 3 cm to 11 cm obtained the type of fault is a strike slip fault. It makes this study is important, this study could be used as an initial action on disaster mitigation in the area surrounding the fault Kaligarang.*

**Keywords:** DEM, DInSAR, InSAR, Kaligarang Fault, Land Subsidence

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Semarang adalah salah satu kota yang padat di Jawa Tengah, dengan jumlah penduduk mencapai 1.739.989 jiwa dan luas wilayahnya 373,70 km<sup>2</sup>. Selain jumlah penduduknya yang cukup banyak Kota Semarang sendiri terbagi dua daerah yaitu daerah bawah dengan karakteristik berupa dataran rendah sampai pantai dan daerah atas berupa dataran tinggi perbukitan. Salah satu yang menarik dari Kota Semarang adalah pembangunan Kota yang cepat ini dibuktikan dengan banyaknya dibuka lahan-lahan baru sebagai pemukiman.

Salah satu studi yang penting dilakukan Kota Semarang adalah studi tentang geomorfologi. Studi geomorfologi menjadi penting dikarenakan dari studi terdahulu Semarang memiliki sesar yang membelah Kota Semarang, sehingga sangat berhubungan dengan arah pembangunan Kota Semarang. Studi geomorfologi ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pergerakan sesar-sesar yang berada di Kota Semarang, salah satunya adalah sesar Kaligarang. Studi geomorfologi ini berkaitan dengan panjang sesar, jenis sesar, letak sesar, pola pergerakan sesar dan hal lain yang berhubungan dengan proses geomorfologi yang berlangsung dalam kurun waktu tertentu.

Sesar Kaligarang merupakan sesar yang aktif pada zaman Tersier hingga zaman Kuartar. Kajian mengenai sesar Kaligarang ini menjadi menarik dikarenakan sebagai acuan dalam pengembangan

Kota Semarang. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Thanden pada tahun 1996 menyatakan bahwa kegiatan tektonik paling akhir di Semarang terjadi pada masa Plio-Plistosen. Simanjuntak pada tahun 2003 menyatakan bahwa di selatan Semarang terdapat sesar naik (*Trust Fault*). Selanjutnya sesar ini dipotong oleh sesar mendatar yang berarah barat laut – tenggara atau timur laut – barat daya, diantaranya sesar Kaligarang. Sedangkan Pramuwijoyo pada tahun 2000 menulis bahwa sesar aktif di Semarang adalah hasil dari tekanan dari arah utara – selatan. Sesar aktif yang memotong batuan berumur Plitosen akhir maupun yang lebih tua.

Untuk memantau pergerakan sesar dapat dilakukan dengan beberapa cara. Antara lain sipat datar, GPS (*Global Positioning System*), Gravimetri, Hidrogeologi, Radar dan lain sebagainya. Hingga saat ini metode yang dianggap paling teliti dalam pemetaan tinggi adalah dengan menggunakan metode sipat datar. Tetapi metode sipat datar memiliki kelemahan yaitu bila digunakan pada daerah yang luas ataupun pada daerah yang memiliki topografi yang terjal. Metode selanjutnya adalah dengan menggunakan bantuan GPS, GPS yang digunakan untuk metode ini adalah GPS tipe *geodetic* karena memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Kelemahan pada metode GPS ini adalah pada pengukuran GPS pengukurannya berbasis titik. Apabila digunakan pada daerah yang luas maka akan memerlukan biaya yang cukup mahal dikarenakan harus membuat jaring yang sangat banyak. Metode selanjutnya adalah metode gravimetri, pada metode

ini berbasis pada gaya berat sebuah daerah, metode ini dalam pergerakannya lebih mudah dikarenakan pada metode ini waktu yang digunakan dalam pengamatan relatif sebentar. Tetapi pada metode ini sangat rentan terhadap gangguan karena sedikit saja terkena pengaruh dari daerah sekitarnya maka data yang dihasilkan akan menjadi tidak akurat.

Metode yang selanjutnya yang dapat digunakan pada pengamatan pergerakan adalah dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Lebih spesifik metode penginderaan jauh yang digunakan adalah metode radar. Teknologi penginderaan jauh (inderaja) memiliki kemampuan untuk melakukan penilaian terhadap kawasan yang luas dengan waktu yang cepat (McDermid, 2005 dikutip dalam Prasetyo, Y., 2014). Pernyataan di atas menerangkan tentang keunggulan metode inderaja dibanding dengan metode yang lain, hal ini sangat cocok dalam memantau pergerakan yang terjadi pada sesar Kaligarang dikarenakan sesar Kaligarang meliputi daerah yang cukup luas. Metode yang digunakan pada teknologi radar adalah teknologi InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*), pada teknologi InSAR dapat dihasilkan keluaran berupa model permukaan digital. Dari permodelan tadi bisa dilihat bentuk geomorfologi dari sesar Kaligarang. sedangkan untuk mengetahui laju perubahan kenaikan dan penurunan muka tanah dapat digunakan metode DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*), hasil keluaran dari metode DInSAR adalah penurunan permukaan tanah, dengan melakukan kombinasi InSAR dan DInSAR maka akan didapat pola dan kecepatan pergerakan dari sesar Kaligarang.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh berupa radar memang sangat menguntungkan pada kajian atau penelitian yang memerlukan waktu yang cepat dan daerah yang sangat luas. Tetapi teknologi radar masih memiliki beberapa kelemahan terkait bias

temporal dan bias spasial yang terjadi selama proses akuisisi data (Prasetyo, Y., 2014). Pada penelitian ini diperlukan waktu yang relatif singkat dan daerah kajian yang cukup luas maka penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh.

### I.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara melakukan proses identifikasi dan hitungan laju deformasi area sesar secara vertikal (volumetrik) ?
2. Bagaimana hasil laju penurunan muka tanah dari hasil proses DInSAR dan analisis geomorfologi terhadap hasil penurunan muka tanah dari proses DInSAR?
3. Bagaimana tingkat ketelitian metode InSAR dan DInSAR berdasarkan hasil validasi terhadap pengukuran metode GPS untuk perhitungan tinggi model permukaan digital dan laju penurunan muka tanah?

### I.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini difokuskan pada beberapa hal:

1. Daerah yang menjadi studi kasus pada penelitian tugas akhir ini adalah daerah Sesar Kaligarang, Semarang. Lokasi tersebut dibatasi oleh koordinat  $110^{\circ}20'25''$  BT -  $110^{\circ}28'25''$  BT dan  $06^{\circ}57'00''$  LS dan  $07^{\circ}07'00''$  LS.
2. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah Citra ALOS PALSAR Level 1.0 kota Semarang tahun 2007-2008.
3. Proses penentuan daerah yang teridentifikasi perubahan geomorfologi dengan metode InSAR dan besar perubahan menggunakan metode DInSAR.
4. Proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak ENVI SARscape 5.1.

5. Keluaran dari penelitian Tugas Akhir ini adalah peta deformasi diarea sesar Kaligarang.

#### I.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengidentifikasi daerah yang mengalami perubahan dan mengetahui berapa besaran pergeseran pada sesar Kaligarang. Manfaat dari penelitian ini dapat diuraikan menjadi dua, yaitu :

1. Manfaat dari segi keilmuan

Manfaat penelitian ini dalam segi keilmuan adalah adanya variasi metode yang digunakan dalam menentukan geomorfologi suatu daerah dengan menggunakan metode InSAR. Selain itu penelitian ini juga memberikan hasil berupa laju deformasi sesar Kaligarang dengan menggunakan metode atau teknik DinSAR.

2. Manfaat dari segi kerekayasaan

Manfaat penelitian ini dalam segi kerekayasaan adalah dapat digunakan sebagai acuan atau referensi dalam pembangunan daerah yang teridentifikasi sebagai sesar.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1. Sesar (*Fault*)

Sesar atau (*fault*) adalah rekahan yang mengalami geseran-geseran yang jelas (Tjia, 1977 dalam Endarto, 2005). Pergeseran dapat berkisar dari beberapa milimeter sampai ratusan meter dan panjangnya dapat mencapai beberapa desimeter hingga ribuan meter. Sesar dapat terjadi pada berbagai jenis batuan. Akibat terjadinya pergeseran itu, sesar akan mengubah perkembangan topografinya, mengontrol air permukaan dan bawah permukaan, merusak stratigrafi batuan dan sebagainya normal.

### II.2. Deformasi

Deformasi didefinisikan sebagai perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari suatu materi atau

perubahan kedudukan (pergerakan) suatu materi baik secara absolut maupun relatif dalam suatu kerangka referensi tertentu akibat suatu gaya yang bekerja pada materi tersebut (Kuang, 1996 dalam Vidyan, Y.dkk, 2013).

### II.3. Geomorfologi

Definisi mengenai Geomorfologi telah dikemukakan oleh para ahli, pada tahun 1939, Locback menyatakan geomorfologi mempunyai pengertian studi tentang bentuk lahan. Sedangkan pada tahun 1954, Thornbury mengemukakan bahwa sasaran utama dari kajian Geomorfologi adalah bentuk lahan (*landform*). Verstappen pada tahun 1983 mendefinisikan Geomorfologi sebagai ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan bentuk lahan yang menyusun permukaan bumi, baik diatas maupun dibawah permukaan air laut dan menekankan pada asal mula terbentuknya dan perkembangannya pada masa yang akan datang dan dalam hubungan konteks lingkungan (Lihawa, F., 2009).

### II.4. Sistem Tinggi Geodesi

Sistem tinggi digunakan dalam mendefinisikan posisi tinggi sebuah koordinat. Pada pendefinisian tinggi sebuah posisi dibutuhkan titik acuan atau sebuah referensi atau umumnya disebut dengan datum tinggi. Pendefinisian titik tinggi menjadi sangat penting pada saat membahas tentang penurunan muka tanah. Pentingnya membahas tinggi dikarenakan tinggi adalah variabel utama yang menjadi pembahasan dalam penelitian penurunan muka tanah. Sistem tinggi geodesi pada dasarnya dibagi menjadi empat (Kahar, 2008).

### II.5. INSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*)

InSAR adalah salah satu teknik dalam geodesi yang dimungkinkan untuk menghitung besaran perubahan topografi (Massonet dkk, 1993 dikutip dalam Castaneda dkk, 2011). *Interferometric*

*Synthetic Aperture Radar* adalah suatu metode penginderaan jauh yang menggunakan prinsip kombinasi nilai tiap piksel dari dua data radar. Dari pengertian tersebut, InSAR terdiri dari dua tahapan utama yaitu, pembentukan citra radar (Single Look Complex/SLC *image*) dari data mentah (SAR data) hasil pemotretan dengan menggunakan wahana pesawat atau satelit dan pembentukan citra interferogram untuk melihat bentuk topografi (Agustan., 2010 dalam Abdullah 2012 )

**II.6. DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar)**

Metode DinSAR adalah sebuah metode yang lebih baru daripada InSAR. DinSAR sendiri merupakan perkembangan dari teknik InSAR. Perbedaan antara teknik InSAR dan DinSAR salah satunya adalah hasil akhir pada kedua proses itu. Pada proses InSAR hasil akhirnya berupa DEM (Digital Elevation Model) sedangkan pada DinSAR hasil akhirnya berupa displacement map atau bisa disebut peta deformasi. Untuk menghitung model deformasi, pada metode DinSAR menggunakan hitungan model :  $\varphi = \varphi_{Topography} + \varphi_{Orbits} + \varphi_{Deformation} + \varphi_{Atmosphere}$  .(II.1)

Keterangan Rumus :

$\varphi$ = Beda Fase

$\varphi$  Topography = Fase Topografi

$\varphi$  orbit = Fase Orbit

$\varphi$  Deformation = Fase Deformasi

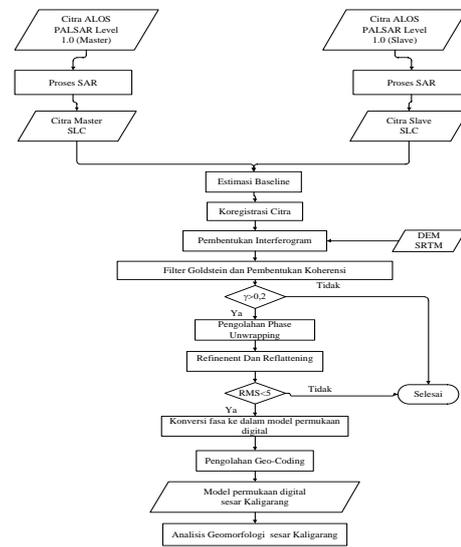
$\varphi$ Athmosphere = Fase Atmosferik

Oleh karena itu tiga sumber ketidakpastian muncul ketika menghitung deformasi, kesalahan □ Deformation pada DEM digunakan untuk mengoreksi fase topografi, ketidaktepatan orbit (□ Orbits) dan kesalahan yang diproduksi oleh perlambatan di atmosfer yang pada ketinggian permukaan rendah, terutama disebabkan oleh perbedaan troposfer yang mengandung uap air. (Hanssen 2001, dalam Castaneda, dkk.2011).

**III. Metodologi**

**III.1. Pengolahan InSAR**

Pengolahan InSAR Tahap pengolahan data InSAR dijabarkan dalam diagram Gambar III.1.



Gambar III.1. Diagram Alir Pengolahan InSAR

Dalam pengolahan InSAR dihasilkan model tinggi digital pada Gambar III.2.

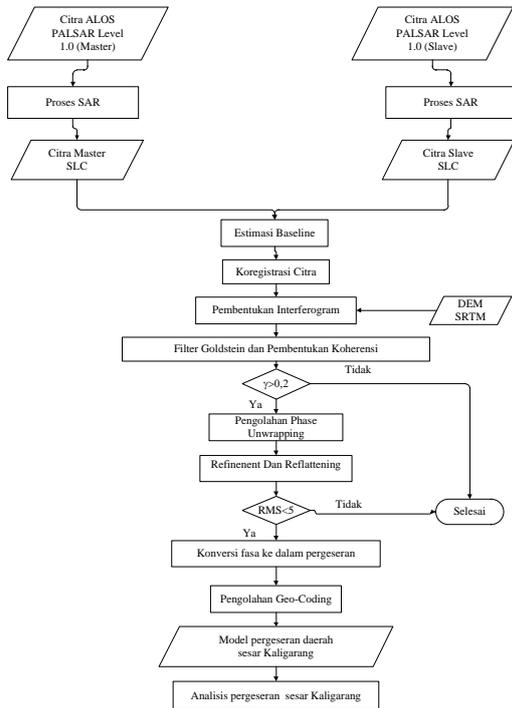


Gambar III.2. Hasil model tinggi digital

**III.2. Pengolahan metode DInSAR**

Tahap pengolahan metode DInSAR dijabarkan pada Gambar III.3. Pada tahapan metode DinSAR untuk hasil akhirnya berupa peta deformasi. Pada metode DInSAR ini hasil akhir berupa peta deformasi akan dianalisa sehingga dapat ditentukan pola serta arah pergerakan sesar Kaligarang. Pada

metode DinSAR ini belum bisa melakukan estimasi pergerakan arah horizontal secara tepat.

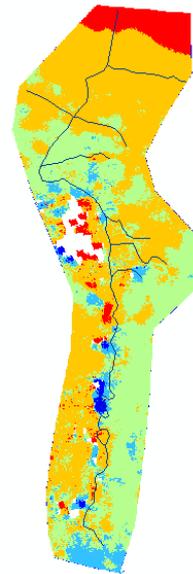


Gambar III.3. Diagram Alir Pengolahan Metode DInSAR

**IV. Hasil Dan Pembahasan**

**IV.1. Hasil Pengolahan InSAR**

Pada pengolahan InSAR digunakan tiga CITRA ALOS PALSAR seperti yang sudah dijelaskan pada BAB 1. Kemudian saat dilakukan proses perhitungan RMS, yang dilakukan pada saat *refinement* pasangan pertama memiliki RMS yang besar melebihi lima. Selanjutnya pasangan dua disebut dengan InSAR satu dan pasangan tiga disebut dengan InSAR dua.

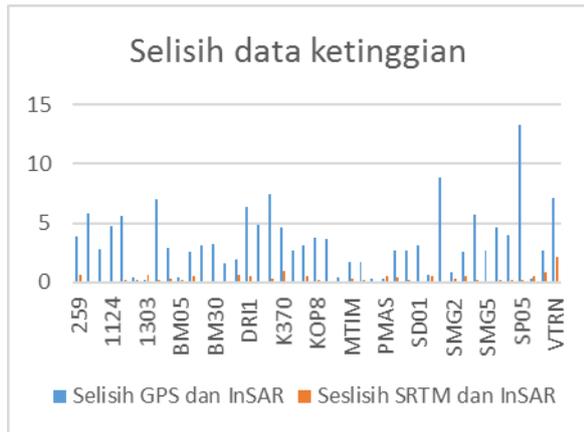


Gambar III.4. Hasil Pengolahan Metode DInSAR

Untuk mengetahui seberapa bagus nilai ketinggian dari hasil proses InSAR maka diambil beberapa sampel dan dibandingkan dengan menggunakan metode yang lain yaitu metode GPS dan data SRTM versi 4. Tabel perbandingan data tinggi dapat dilihat pada Tabel IV.1., dari tabel tersebut dapat dilihat perbandingannya dan dapat dilihat grafik perbandingannya pada grafik Gambar IV.1.

Tabel IV.1. Data Pengamatan Tinggi Menggunakan GPS, InSAR, SRTM

Point	Easting (m)	Northing (m)	h_ellips. (m)	Pasangan 2	Pasangan 3	SRTM
259	434778,278	9228005,47	31,178	35,092	35,092	35,669
1106	437097,57	9226783,17	29,85	35,722	35,722	35,645
1114	434493,454	9227623,2	31,4	34,22	34,22	34,339
1124	436060,239	9228403,34	29,192	33,888	33,888	34,005
1125	437108,003	9228373,61	28,642	34,237	34,237	34,029
1302	427508,649	9228915,31	30,17	30,613	30,613	30,792
1303	422539,346	9229821,75	29,921	30,145	30,145	30,754



Gambar IV.1. Grafik selisih tinggi InSAR dan GPS

Dari Tabel IV.1 dan Grafik IV.1 memiliki rentang antara 0,22 meter sampai 13,26 meter, dengan rerata selisih sebesar 3,47 meter dan nilai simpangan baku sebesar 2,666 meter. Hasil ini berbeda dengan selisih pengolahan InSAR dan data SRTM. Untuk perbedaan antara hasil pengolahan InSAR dan SRTM memiliki rentang antara 0 meter sampai 2,33 meter dengan selisih rerata sebesar 0,33 meter dan simpangan baku 0,364 meter. Dari analisis hasil selisih rerata dari dua perbandingan data antara GPS-InSAR dan InSAR-SRTM, nilai rerata selisih InSAR-SRTM memiliki rerata selisih yang lebih kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa pengolahan menggunakan metode InSAR memiliki tingkat akurasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan data SRTM jika dibandingkan dengan data InSAR yang dibandingkan dengan data GPS.

Untuk simpangan baku antara InSAR-GPS dan InSAR-SRTM, InSAR-SRTM memiliki nilai simpangan baku lebih kecil. Hal itu menunjukkan bahwa pengolahan InSAR-SRTM memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi.

**IV.2. Hasil dan Analisis Metode DInSAR**

Pengolahan DInSAR dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penurunan yang terjadi pada sesar Kaligarang. Untuk mengetahui

perbandingan penurunan, digunakan data sekunder yaitu penurunan dengan metode GPS. Untuk perbandingan penurunan antara GPS, DInSAR 1 dan DInSAR 2 dapat dilihat pada Tabel IV. 2.

Tabel IV.2. Perbandingan Penurunan Metode GPS dan DInSAR

Poin	Easting (m)	Northing (m)	(GPS)(cm/th)	Pasangan 2(cm/th)	pasangan 3(cm/th)
259	434778,278	9228005,471	-1,1	-9,145	-2,572
1114	434493,454	9227623,202	-5,3	-8,582	-3,088
1124	436060,239	9228403,343	-3,7	-11,884	-2,813
AY15	435510,747	9225343,581	-13,5	-7,61	-1,661
KO16	434697,053	9225698,074	-9,4	-7,59	-1,788
MP69	435267,84	9227677,078	-9,1	-8,175	-2,913
SP05	436251,031	9227417,917	-11,3	-9,307	-0,021
VTRN	435872,156	9226444,673	-6,8	-7,641	-2,242

Tabel IV.3. Perbandingan penurunan GPS dan DInSAR 1

Poin	Easting (m)	Northing (m)	selisih GPS-DInSAR 1)(cm)
259	434778,278	9228005,471	8,045
1114	434493,454	9227623,202	3,282
1124	436060,239	9228403,343	8,184
AY15	435510,747	9225343,581	5,89
KO16	434697,053	9225698,074	1,81
MP69	435267,84	9227677,078	0,925
SP05	436251,031	9227417,917	1,993
VTRN	435872,156	9226444,673	0,841
Simpangan Baku			3,073
Rerata Selisih			3,871

Tabel IV.4. Perbandingan penurunan GPS dan DInSAR 2

Poin	Easting (m)	Northing (m)	selisih GPS-DInSAR 2)(cm)
259	434778,278	9228005,471	1,472
1114	434493,454	9227623,202	2,212
1124	436060,239	9228403,343	0,887
AY15	435510,747	9225343,581	11,839
KO16	434697,053	9225698,074	7,612
MP69	435267,84	9227677,078	6,187
SP05	436251,031	9227417,917	11,279
VTRN	435872,156	9226444,673	4,558
Simpangan Baku			4,263
Rerata Selisih			5,756

Pasangan DInSAR 1 dengan periode pengamatan 460 hari yaitu dimulai pada 8 Juni 2007 hingga 10 September 2008 memiliki nilai selisih rerata 3,871 cm dan simpangan baku 3,073 cm apabila dibandingkan dengan hasil pengamatan GPS. Untuk nilai simpangan baku pada pasangan DInSAR 2 dengan lama periode pengamatan 46 hari yang dimulai dari 26 Juli 2008 sampai 10 September 2008 memiliki selisih rerata sebesar 5,765 cm dan simpangan baku sebesar 4,2 cm.

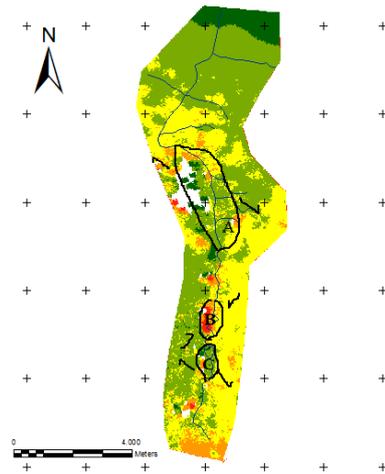
Dari hasil tersebut dapat dilihat simpangan baku antara DInSAR 1 dan DInSAR 2 memiliki perbedaan. Pada DInSAR 1 memiliki simpangan yang lebih kecil dari pada DInSAR 2 hal tersebut menunjukkan jika DInSAR 1 memiliki tingkat presisi lebih baik daripada DInSAR 2. Selain itu dapat dilihat dari rerata selisih antara DInSAR 1 dan DInSAR 2, DInSAR 1 memiliki nilai rerata selisih yang lebih kecil daripada rerata selisih DInSAR 2 hal itu menunjukkan hubungan akurasi antara DInSAR 2 dan DInSAR 2, akurasi DinSAR 1 memiliki akurasi lebih tinggi daripada DInSAR 2. Dalam penelitian ini pasangan DInSAR 1 memiliki tingkat akurasi dan presisi lebih baik dari pada DInSAR 2.

**IV.3. Analisis Geologi**

Untuk analisis Geologi dilakukan untuk membuktikan teori jenis dan arah pergerakan sesar. Analisis dilakukan pada hasil pengolahan DInSAR yaitu peta penurunan muka tanah. Dari peta penurunan tanah bisa dilakukan interpretasi terhadap jenis sesar Kaligarang. Pada penelitian ini proses interpretasi peta dilakukan oleh ahli Geologi.

Dari Gambar 6 didapat tiga area blok yang ada di sesar kaligarang. Ketiga blok tersebut adalah :

- a. Daerah A merupakan daerah rendahan Tinjomoyo,
- b. Daerah B merupakan daerah yang berupa tinggian,

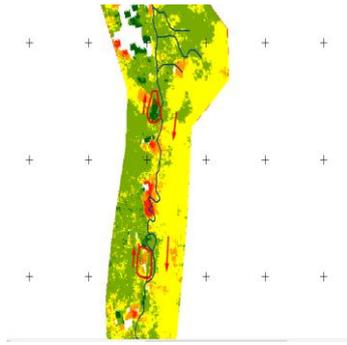


Gambar IV.2. Intrepretasi Peta Penurunan sungai Kaligarang

- c. Sedangkan daerah C merupakan daerah rendahan Pakintelan

Untuk melakukan penentuan pola sesar serta arah sesar Kaligarang digunakan pendekatan teori sesar, yaitu teori sesar geser. Pada teori sesar geser akan terjadi tekanan terhadap sebuah tempat yang menyebabkan tempat itu menjadi lebih tinggi dan pada saat bersamaan akan terjadi turunan. Pada penelitian ini daerah yang naik yaitu daerah B, pada blok B terjadi gaya tekanan terhadap daerah B yang menyebabkan daerah B naik. Sedangkan untuk daerah yang terjadi tarikan adalah daerah A dan daerah C, terjadinya proses tarikan inilah yang menyebabkan daerah ini menjadi sesar normal. Dari Gambar 7 dapat dilihat arah tekanan dan arah tarikan yang terjadi pada daerah A, B dan C relatif menganan. Selain itu dapat dibuktikan dengan melihat daerah yang terkompresi.

Pada daerah yang terkompresi ditunjukkan dengan A dan B, pada dua daerah tersebut terjadi kompresi yang memiliki pola yang sama yaitu tarikan, tarikan yang terjadi pada keduanya memiliki arah menganan. Dari dua analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa sesar Kaligarang merupakan sesar aktif menganan (Fahrudin, 2015).



Gambar IV.3. Daerah terkompresi

## V. Kesimpulan dan Saran

### V.1. Kesimpulan

Berkaitan dengan analisa deformasi sesar Kaligarang menggunakan metode InSAR, DinSAR dan Geomorfologi maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengolahan proses InSAR dihasilkan model tinggi permukaan digital seperti ditunjukkan pada Gambar III.2, dari hasil model tinggi tersebut berada pada ketinggian 30-300 m. Hasil model tinggi permukaan digital kemudian dilakukan analisa secara geomorfologi dari model tersebut didapatkan area sesar Kaligarang, dari area yang sudah didapatkan dihitung laju deformasi secara vertikal menggunakan metode DInSAR, dari hasil metode DInSAR didapatkan area sesar Kaligarang didapat penurunan muka tanah berada pada rentang 3 cm sampai 11 cm.
2. Hasil laju penurunan muka tanah dari hasil proses DInSAR diarea sesar Kaligarang ditunjukkan oleh Gambar 4, dari hasil penurunan muka tanah diarea sesar Kaligarang berada pada rentang 3 cm sampai 11 cm. Dari penurunan muka tanah hasil metode DInSAR kemudian dilakukan analisis geomorfologi terhadap peta penurunan muka tanah tersebut. Analisis geomorfologi terhadap penurunan muka tanah ditunjukkan pada Gambar IV.2 dan Gambar IV.3 dari hasil analisis geomorfologi dapat disimpulkan bahwa sesar

Kaligarang merupakan sesar aktif geser menganan atau right-lateral strike-slip fault. Tetapi pada analisis pergeseran menggunakan metode DInSAR belum mampu melakukan estimasi pergeseran dalam arah horizontal dengan baik.

3. Validasi dilakukan menggunakan data sekunder yaitu pengukuran GPS dan validasi dilakukan terhadap metode InSAR dan DInSAR, hasil validasi tersebut adalah sebagai berikut :
  - a. Hasil validasi metode InSAR terhadap metode pengukuran GPS dan validasi yang dilakukan dengan data SRTM didapatkan hasil sebagai berikut :
    - a.1. Validasi menggunakan data GPS memiliki hasil simpangan baku sebesar 2,6 meter dan rerata selisih 3,457 meter.
    - a.2. Sedangkan validasi yang dilakukan menggunakan data DEM SRTM memiliki hasil simpangan baku sebesar 0,364 meter dan rerata selisih 0,330 meter.
  - b. Hasil validasi metode DinSAR terhadap pengukuran GPS didapat hasil sebagai berikut :
    - b.1. Untuk DInSAR 1 didapat simpangan baku sebesar 3,073 cm dan rerata selisih 3,871 cm.
    - b.2. Sedangkan untuk DInSAR 2 memiliki simpangan baku sebesar 4,263 cm dan rerata selisih 5,756 cm.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode DInSAR 1 memiliki akurasi dan presisi lebih baik dikarenakan memiliki simpangan baku dan rerata yang lebih kecil daripada DInSAR 2 akan tetapi simpangan baku dan rerata selisih pada DInSAR 1 masih memiliki nilai yang cukup besar terhadap metode GPS. Sehingga metode DInSAR sampai saat ini masih memiliki kekurangan dalam hal akurasi dan presisi jika dibandingkan dengan metode GPS akan tetapi dari hasil penelitian menunjukkan metode

DInSAR mampu melakukan kajian deformasi dengan cakupan lebih luas dan waktu yang lebih cepat.

## V.2. Saran

Berkaitan dengan analisis deformasi sesar Kaligarang dengan menggunakan metode InSAR, DinSAR dan geomorfologi masih memiliki banyak kekurangan dan kelemahan sehingga pada penelitian berikutnya agar memiliki hasil yang lebih optimal, disarankan untuk melakukan hal sebagai berikut :

1. Penerapan metode InSAR, DinSAR masih memiliki banyak keterbatasan seperti masalah dekorelasi, sehingga dihasilkan keluaran yang masih jauh dari harapan sehingga pada penelitian berikutnya dapat digunakan metode yang lebih terbaru seperti PS InSAR ataupun SBAS, sehingga dihasilkan keluaran yang lebih baik,
2. Pada penelitian ini masih digunakan data ALOS PALSAR yang sangat terbatas sehingga pemilihan kombinasi citra yang diolah menjadi terbatas sehingga hasil masih jauh dari harapan. Pada penelitian berikutnya diharapkan digunakan lebih banyak data sehingga memiliki kombinasi yang banyak, sehingga memiliki banyak variasi hasil pengolahan.
3. Diperlukan banyaknya titik GPS yang digunakan untuk pembuatan DEM sehingga didapat DEM yang memiliki akurasi lebih tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai koreksi topografi.

## Daftar Pustaka

- Abdullah, 2012. Pemanfaatan Metode InSAR Untuk Pemantauan Aktivitas Gunung Semeru. Skripsi Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung
- Castaneda, dkk., 2011. *Dedicated SAR interferometric analysis to detect subtle deformation in evaporite areas around Zaragoya, NE Spain*. International Journal of remote sensing 32(7):1861-1884(2011)
- Endarto, 2005. Pengantar Geologi Dasar. Lembaga Pengembangan Pendidikan dan UPT Penerbitan dan Pencetakan UNS. Surakarta
- Fahrudin. 2015. Komunikasi pribadi
- Kahar. 2008. Geodesi. Penerbit ITB. Bandung
- Lihawa, F. 2009. Pendekatan Geomorfologi Dalam Survei Kejadian Erosi. Jurnal Pelangi Ilmu Volume 2 No.5 Mei 2009
- Poedjoprajitno, S dkk. 2008. Reaktivitas Sesar Kaligarang, Semarang. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 3 September 2008:129-138.
- Prasetyo, Y. 2014. Analisis Optimisasi dan Estimasi Penentuan Penurunan Muka Tanah Menggunakan Teknik Light Permanent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar (LPS-InSAR) :Studi Kasus Cekungan Bandung. Disertasi Doktor Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung.
- Vidyan, Y.2013. Pemanfaatan metode TLS (Terrestrial Laser Scanning) untuk pemanfaatan deformasi gunung api, Studi kasus: kerucut sinder Gunung Galunggung, Jawa Barat.Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 4 No. 1 April 2013:49-69