

**STUDI PENGAMATAN PENURUNAN DAN KENAIKAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE  
DIFFERENTIAL INTERFEROMETRI SYNTHETIC APERTURE RADAR (DInSAR)  
(Studi Kasus : Lumpur Lapindo, Sidoarjo)**

*STUDY OF DETECTED LAND SUBSIDANCE AND UPLIFT USING DIFFERENTIAL INTERFEROMETRI SYNTHETIC APERTURE  
RADAR (DInSAR) METHOD  
(A case study: Lapindo, Sidoarjo)*

**Sendy Ayu Yulyta<sup>1</sup>, Muhammad Taufik<sup>1</sup>, Noorlaila Hayati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Email: taufik\_m@geodesy.its.ac.id

**Abstrak**

Abstrak—Munculnya semburan lumpur di Porong, Sidoarjo, yang terletak di lokasi kegiatan eksplorasi gas PT. Lapindo Brantas memberikan dampak negatif untuk penduduk setempat dan lingkungannya, salah satu dampaknya yakni deformasi. Dalam dinamika bumi, permukaan tanah akan selalu mengalami deformasi dengan berbagai macam faktor penyebab. Seiring perkembangan teknologi, radar merupakan salah satu teknologi penginderaan jauh yang dapat dimanfaatkan untuk mengamati deformasi tanah. Dalam penelitian ini diterapkan metode DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) untuk mendapatkan besar deformasi dengan ketelitian mencapai sub-sentimeter. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah empat buah citra satelit ALOS/PALSAR (Februari 2008, Januari 2009, dan Februari 2010 dan Januari 2011) yang kemudian diproses secara Differential Interferometri SAR (DInSAR) hingga didapatkan besar deformasi pada radius 1.5 km dari pusat semburan.

Hasil metode DInSAR menunjukkan deformasi vertikal yang terjadi di sekitar wilayah semburan bervariasi, di beberapa lokasi mengalami *subsidence* dan beberapa mengalami *uplift*, tergantung peristiwa yang terjadi pada kurun waktu tersebut. Rata-rata besar penurunan tanah yang terjadi antara tahun 2008-2011 yaitu antara 0- -20 cm/th sedangkan besar uplift rata-rata yaitu 0-10 cm/th. Untuk mengetahui keakuratan metode DInSAR dalam mengamati penurunan tanah maka dilakukan analisa dengan membandingkan beberapa penelitian lain terkait deformasi lumpur lapindo.

Kata Kunci: Lumpur Lapindo Sidoarjo, Deformasi Tanah, DInSAR.

**Abstract**

*The emergence of mudflow in Porong, Sidoarjo, which is located at the site of a gas exploration activities by PT. Lapindo Brantas causing negative impact on the local population and the environment, deformation was then one of negative impact. In the dynamics of the earth, the ground will always be deformed with many factors. Along with the development of technology, RADAR (Radio Detection and Ranging) is one of the remote sensing technologies which can be used to monitor deformation around the mudflow. This study applying DInSAR method (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) for obtain a large deformation with sub-centimeter accuracy. This study using four satellite imagery ALOS/ PALSAR (February 2008, January 2009 and February 2010 and January 2011) which is then processed with Differential SAR Interferometry (DInSAR) to obtain a large deformation at a radius of 1.5 km from the center of mudflow.*

*The results of DInSAR method indicating a vertical deformation that occurs around the area bursts vary, in some locations there are subsidence and uplift, depending on the events that occurred in that period. Land subsidence that occurred in the year 2008-2011 has a range of 0 - -20 cm/year and uplift has a ranges of 0 - -10 cm/year. To know the accuracy of the method DInSAR observed a decrease in soil analysis is carried out by comparing several other studies related deformation Lapindo mud.*

Keywords: Lapindo Mudflow in Sidoarjo, Ground Deformation, DInSAR

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Munculnya semburan lumpur di Porong, Sidoarjo, yang terletak di lokasi kegiatan eksplorasi gas PT. Lapindo Brantas memberikan dampak negatif untuk penduduk setempat dan lingkungannya. Banyak penduduk yang kehilangan tempat tinggalnya, sementara pabrik, rumah sakit, sawah dan jalan terendam lumpur. Salah satu dampak yang perlu dilakukan monitoring yaitu deformasi. Dalam dinamika bumi, permukaan tanah akan selalu mengalami deformasi dengan berbagai macam faktor penyebab. Salah satu penyebab deformasi adalah berkurangnya massa dibawah permukaan akibat pengambilan mineral bumi atau air tanah yang berlebihan. Sedangkan penurunan tanah atau amblesan yang terjadi di lumpur Lapindo Sidoarjo ini disebabkan oleh berkurangnya daya dukung batuan akibat semakin bertambahnya volume lumpur yang keluar menuju permukaan tanah dalam waktu yang lama. Amblesan ini memiliki tingkat penurunan yang bervariasi, tergantung radius terhadap semburan, serta struktur geologi yang bekerja (BPLS 2000 dalam (Susantoro, 2011)). Seiring dengan perkembangan teknologi yang ada saat ini khususnya dalam mengamati deformasi, *InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar)* merupakan salah satu teknik yang mampu digunakan untuk mengidentifikasi terjadinya deformasi di permukaan tanah dengan memanfaatkan data dari satelit penginderaan jauh aktif yaitu *RADAR (Radio Detection and Ranging)*. Radar memancarkan gelombang radio kemudian merekam pantulan obyek di permukaan bumi, hasil perekaman sensor radar ini dinamakan citra *SAR (Synthetic Aperture Radar)* (Sari, 2014). Pada teknik ini dilakukan pembentukan interferogram yang didapat dari dua buah atau lebih citra *SAR (master dan slave)* yang direkam pada objek yang sama di permukaan bumi namun pada waktu yang berbeda. Jika suatu titik di tanah bergerak, maka jarak antara sensor dengan titik akan berubah, dan berpengaruh pada nilai *phase* yang direkam oleh sensor *SAR*. Nilai beda *phase* inilah yang menunjukkan adanya ground movement. Interferogram yang terbentuk memiliki efek topografi dan atmosferik, oleh

karena itu perlu dilakukan pengurangan dengan proses *differential SAR (DInSAR)*, sehingga dihasilkan informasi deformasi serta dapat diketahui besar pergerakan tanah (*subsidence* dan *uplift*) yang terjadi.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *PALSAR (Phased Array type-L band Synthetic Aperture Radar)*. *PALSAR* merupakan salah satu sensor aktif dengan sistem *SAR* yang dibawa oleh satelit *ALOS (Advanced Land Observing Satellite)*. Sensor yang membawa saluran L dengan panjang gelombang 23,6 cm ini dapat digunakan pada siang maupun malam hari (Japan Space System, 2012).

Dengan menerapkan teknik *DInSAR* dan data *ALOS PALSAR* sebagai data pendukung, maka dalam penelitian ini didapatkan rata-rata besar *subsidence* dan *uplift* tiap tahun dengan mengambil potongan melintang pada radius 1.5 km dari pusat semburan.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Data Dan Peralatan

#### - Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Citra ALOS PALSAR

Tabel 1. Data Citra ALOS PALSAR

<i>ID Scene</i>	<i>Date</i>	<i>Path</i>	<i>Frame</i>	<i>Direction</i>
ALPSRP110067030	17 Februari 2008	427	7030	<i>Ascending</i>
ALPSRP157037030	4 Januari 2009	427	7030	<i>Ascending</i>
ALPSRP217427030	22 Februari 2010	427	7030	<i>Ascending</i>
ALPSRP264397030	10 Januari 2011	427	7030	<i>Ascending</i>

2. DEM SRTM 90 m

#### - Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perangkat Keras
  - *Notebook* Toshiba
2. Perangkat Lunak
  - Sistem Operasi *Windows 8*
  - Sistem Operasi *Ubuntu 12.04 LTS*
  - *ROI\_PAC3\_0\_1*
  - *ArcGIS*

**Metode Penelitian**

Berikut adalah penjelasan tahapan- tahapan pengolahan data SAR yang dilakukan dengan metode *DInSAR* :

1. Data SAR

Untuk menganalisa deformasi, dilakukan pengolahan data antara citra *master* dan *slave*. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu empat citra *ALOS PALSAR* dengan waktu akuisisi berikut:

Tabel 2. Data Citra SAR yang Digunakan

ID_Scene	Tanggal Perekaman	Pair	Baseline Perpendicular	Jarak Temporal
ALPSRP110067030	17 Februari 2008	Pair1	791.495 m	11 bulan
ALPSRP157037030	4 Januari 2009	Pair2	-616.643 m	13 bulan
ALPSRP217427030	22 Februari 2010	Pair3	896.821 m	11 bulan
ALPSRP264397030	10 Januari 2011			

2. SAR Processing

Karena pada *ALOS PALSAR (raw)* memiliki susunan data sinyal yang belum dipadatkan dan belum dilengkapi dengan koreksi *geometric*, maka dilakukan *SAR Processing* sehingga terbentuk susunan grid yang teratur yang atas nilai kompleks atau nilai fasor yang meliputi amplitudo dan fase ( $\phi$ ).

3. InSAR Processing

*InSAR processing* bertujuan untuk membentuk citra interferogram dari sepasang data *SLC* yang terdiri dari *master* dan *slave*, dimana informasi ini berhubungan langsung dengan bentuk topografi namun masih terdapat unsur deformasi, *noise*, dan atmosfer (Sari, 2014). Pada tahap ini dilakukan:

- Pencarian area tampalan dan parameter (*offset*)

Bertujuan untuk menentukan parameter transformasi affine antara citra 1 (*master*) dengan citra 2 (*slave*) melalui pencarian patch area atau area tampalan dari kedua citra kompleks melalui puncak korelasi amplitudo.

- *Resample parameter*

Dilakukan penentuan bidang offset dengan menampalkan bidang citra kompleks 2 (*slave*) ke bidang citra kompleks 1 (*master*) dengan parameter transformasi affine yang telah ditentukan sebelumnya.

- Pendataran (*flattening*)

Karena dibutuhkan untuk menggambarkan interferogram (beda fase) dari topografi daerah yang diteliti, maka perlu dilakukan pendataran kedalam bidang proyeksi 2 dimensi (2D).

4. *DInSAR Processing*

Tiap pasang interferogram masih mengandung *noise* akibat efek atmosfer, dekorelasi temporal, dan masih mengandung unsur topografi. Maka dari itu pada tahap ini dilakukan proses *removal topography* dengan bantuan data *DEM SRTM 90m*. Proses pemodelan *DEM dresample* kedalam sistem koordinat citra *master*. Kemudian dilakukan tahapan berikut:

- Penentuan Panjang *Baseline*

Bertujuan untuk menemukan area pertampalan antara data *master* (citra interferogram) dengan data *DEM SRTM* yang telah disimulasikan dalam geometri citra *master*.

- Penghapusan Topografi

Bertujuan untuk menghapus efek topografi yang terdapat pada intererogram hasil dari dua pasang citra.

5. Nilai Koherensi

Batas nilai koherensi hasil dua data citra yang digabungkan yaitu antara 0 sampai 1. Jika citra 1 dan citra 2 benar- benar identik, maka  $\gamma = 1$  (koherensi terbesar). Minimal nilai koherensi yang baik yaitu 0.3.

6. *Phase Unwrapping* dan *Geocoding*

Citra hasil dari proses *DInSAR* ini masih dalam satuan radian (satuan sudut fase) dalam rentang  $-2\pi$  sampai dengan  $2\pi$ . Untuk mengetahui pergeseran dalam nilai metrik maka digunakan rumus *displacement of the earth's surface* sepanjang sensor *Line of Sight (LOS)*, yaitu:

$$\Delta r_{disp} = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta \Phi$$

Dimana  $\lambda$  merupakan panjang gelombang citra *PALSAR* yaitu 23,6 cm sedangkan  $\Delta \Phi$  adalah nilai perbedaan *phase*.

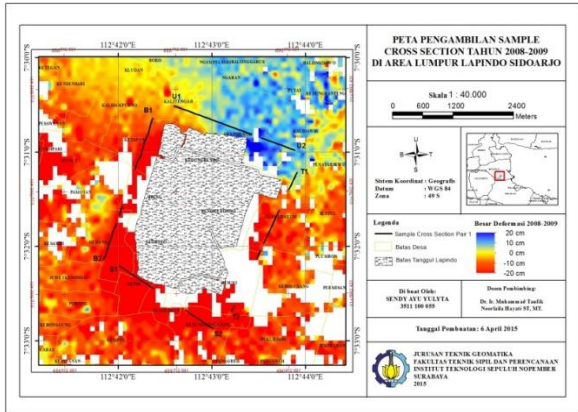
7. Analisa Penurunan Tanah

Menghitung rata-rata besar subsidence dan uplift tiap tahun dengan mengambil potongan melintang pada radius 1.5 km dari pusat semburan..

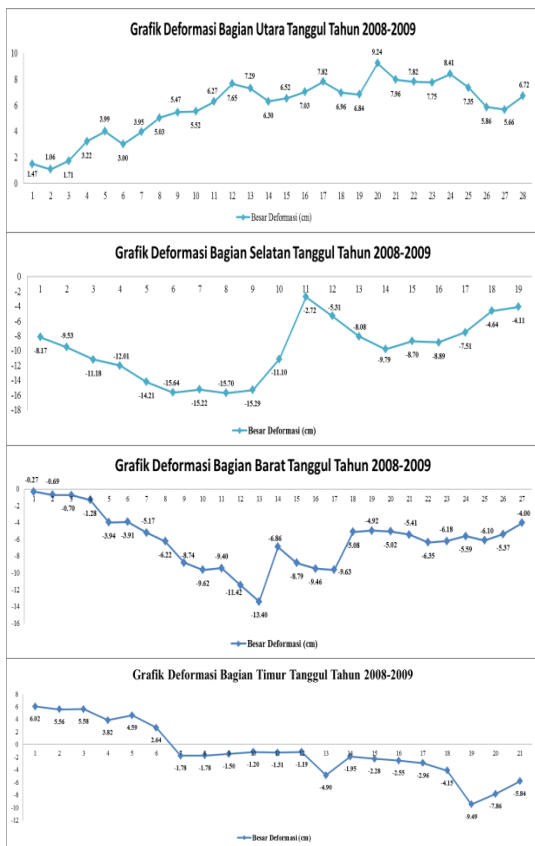
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengetahui besar *subsidence* dan *uplift* maka dibuat *potongan* melintang di bagian Utara, Selata, Barat, dan Timur tanggul Lumpur Lapindo kemudian ditampilkan grafik besar deformasi sehingga diketahui besar rata-rata *subsidence* dan *uplift* yang terjadi.

- Pair1 (2008-2009)



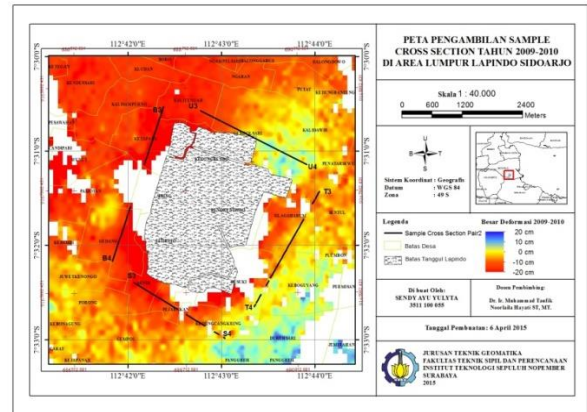
**Gambar 1. Peta Deformasi dan Sample Cross Section Tahun 2008-2009**



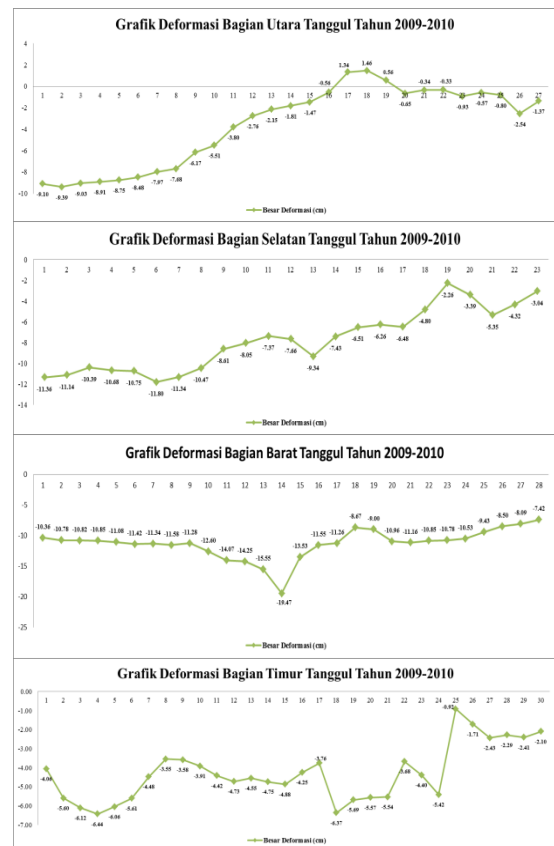
**Gambar 2. Grafik Pola Deformasi Tahun 2008-2009**

Besar rata-rata nilai *uplift* pada tahun 2008-2009 yaitu 0 – 10 cm/th, sedangkan besar *subsidence* antara 0 - -20 cm/th. Sebagian besar *uplift* terjadi di bagian Utara, sedangkan di bagian Selatan, Barat dan Timur sebagian besar mengalami *subsidence*.

- Pair2 (2009-2010)



**Gambar 3. Peta Deformasi dan Sample Cross Section Tahun 2009-2010**

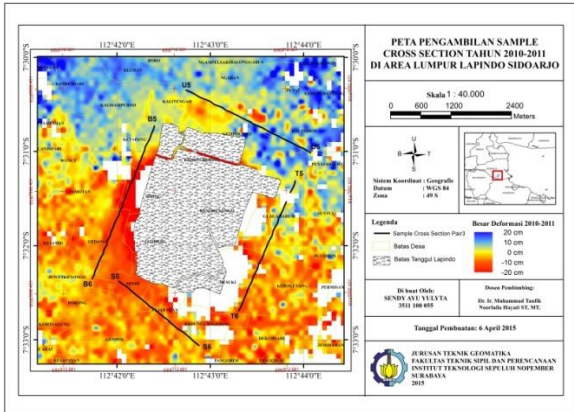


**Gambar 4. Grafik Pola Deformasi Tahun 2009-2010**

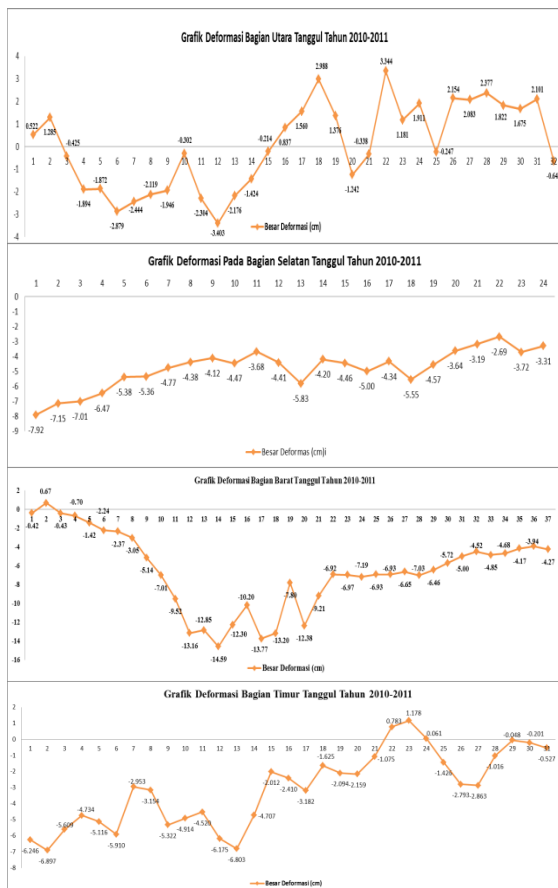
Besar rata-rata nilai *uplift* pada tahun 2009-2010 yaitu 0 – 5 cm/th, sedangkan besar *subsidence*

antara 0 - -20 cm/th. *Uplift* yang terjadi di bagian Utara hanya sebagian kecil, sebagian besar di tiap bagian mengalami *subsidence*.

- Pair3 (2010-2011)



Gambar 5. Peta Deformasi dan *Sample Cross Section* Tahun 2010-2011



Gambar 6. Grafik Pola Deformasi Tahun 2009-2010

Besar rata-rata nilai *uplift* pada tahun 2010-2011 yaitu 0 – 5 cm/th, sedangkan besar *subsidence* antara 0 - -15 cm/th. *Uplift* yang terjadi di bagian

Utara, Barat dan Timur hanya sebagian kecil, sebagian besar di tiap bagian mengalami *subsidence*.

Berdasarkan gambar grafik dari ketiga pasang data didapatkan bahwa antara tahun 2008 sampai 2011 besar rata-rata *uplift* antara 0 – 10 cm/tahun, sedangkan besar rata-rata *subsidence* antara 0 - -20 cm/th.

**PENUTUP**

Penerapan metode *DInSAR* baik digunakan dalam mengamati deformasi di area Lumpur Lapindo dengan ketelitian sub-sentimeter. Teknik ini belum dapat dikatakan sebagai teknik pengukuran *ground movement* yang akurat, namun teknik *DInSAR* mampu menggambarkan pola deformasi secara general.

Dari hasil teknik *DInSAR* didapatkan besar rata-rata *uplift* antara 0 – 10 cm/tahun atau 0.02 cm/hari, sedangkan besar rata-rata *subsidence* antara 0 - -20 cm/th atau 0.05 cm/hari.

Karena pengolahan data SAR dengan teknik *DInSAR* masih memiliki kesalahan atau dekorelasi berupa dekorelasi temporal, atmosferik, serta *noise*, maka sebaiknya gunakan teknik yang lebih akurat untuk penelitian selanjutnya, yaitu teknik *PS-InSAR (Persistent Scatterer Interferometry SAR)*.

**DAFTAR PUSTAKA**

Susantoro, TM, 2011. Identifikasi Kondisi Terkini Semburan Lumpur Sidoharjo dari Citra Penginderaan Jauh. Jurnal INDERAJA LAPAN. Volume II, No.2, Juli 2011, Hal 27 – 35.

Sari, AR 2014. Metode Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DINSAR) untuk Analisa Deformasi Di Daerah Rawan Bencana Gempa Bumi (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat). Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Japan Space System, 2012. <http://gds.palsar.ersdac.jspacesystems.or.jp/e/about/sensor/> (May 05, 2015).