

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)

Muhammad Irsyadi Firdaus^{1*)}, Joko Purnomo¹, Awalina Lukmana C. R.¹, dan Mokhamad Nur Cahyadi¹

¹Jurusan Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

^{*)}E-mail: irsyadifirdaus@gmail.com

ABSTRAK - Deformasi muka tanah merupakan perubahan posisi pada muka tanah baik perubahan ke atas maupun perubahan ke bawah dari posisi awalnya. Perubahan muka tanah merupakan hal yang serius terutama apabila terjadi di daerah pesisir pantai. Kondisi tersebut terjadi karena daerah pesisir sangat rentan terhadap pengaruh lingkungan, baik yang berasal dari daratan maupun dari lautan. Akibat dari peristiwa tersebut tentunya akan mengancam terhadap keberadaan pembangunan di sekitar pesisir. Oleh karena itu, perlu pemantauan deformasi tanah di daerah pesisir laut. Pemantauan besar deformasi tanah dengan menggunakan data ALOS PALSAR metode Differential InSAR (DInSAR) (Studi Kasus: Pesisir Bangkalan, Madura). Akuisisi data ALOS PALSAR (Level 1.0) tersebut pada tahun 2009, 2010 dan 2011. Hasil processing menunjukkan terjadi deformasi sebesar 0.1 cm sampai dengan 0.9 cm. Meskipun demikian hasil pengolahan masih menunjukkan error displacement dikarenakan noise, distorsi geometrik dari sinyal radar dan panjang baseline pada pasangan citra. Penurunan yang terjadi dengan rate 0.1 cm sampai dengan 0.9 cm dikategorikan relatif aman untuk pengembangan pembangunan di wilayah tersebut. Penelitian ini akan berguna dalam keberlanjutan perencanaan pembangunan infrastruktur di daerah pesisir Bangkalan.

Kata kunci: Satelit ALOS PALSAR, Deformasi, Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR).

ABSTRACT - Ground surface deformation is a change in position of earth's surface, change up or down from the first position. Changes in ground level are a serious matter, especially when occurs in coastal areas because coastal areas are particularly vulnerable to get pressure from the environment, both from land and from sea. As a result, deformation in coastal area will certainly threaten existence of development in the coastal area. In this case, research on deformation is expensive and takes a long time when used conventional methods. Main purpose of this research is to give alternative solution for this problem. This research discusses the use of radar technology as an alternative solution in mapping and determining deformation with effective, inexpensive because it can be done with ALOS PALSAR imagery analyzes using Differential InSAR (DInSAR) Technique. Output of this research is map of deformation rate in coastal areas, Bangkalan and will be compared with the rate of deformation in the past three years between the period 2009, 2010, 2011. Processing result indicated deformation occurs in coastal areas, Bangkalan in rate 0.1 cm/year until 0.9 cm/year. Additionally, Long baseline, geometric distortion and noise of imagery pair make the result contain error displacement also. This study will be useful in sustainability planning infrastructure development in coastal areas, Bangkalan.

Keywords: ALOS PALSAR Satellite, Deformation, Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR).

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan yang memiliki ribuan daerah pesisir. Daerah pesisir merupakan daerah pembatas antara daratan dengan lautan. Wilayah pesisir memiliki kondisi strategis dari sebuah tempat. Namun demikian, daerah tersebut juga memiliki kelemahan. Salah satu kekurangannya adalah deformasi muka tanah. Deformasi muka tanah (DMT) merupakan permasalahan yang umum terjadi di kota – kotabesar. Permukaan tanah pada daerah yang mengalami deformasi akan terjadi penurunan atau kenaikan muka tanah yang dapat berlangsung dalam kurun waktu yang relatif lama. Adanya deformasi muka tanah akan mengancam terhadap pembangunan di daerah pesisir.

DInSAR adalah teknologi pencitraan radar kesamping dengan memanfaatkan informasi fase, amplitudo dan panjang gelombang dalam pengolahannya untuk mendapatkan topografi dan deformasi. Metode yang

digunakan adalah twopass interferometric dengan menggunakan 3-arsec (90 m) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) sebagai Digital Elevation Model (DEM) referensi untuk menghapus unsur fase topografi. (Saputro dkk, 2012).

Untuk mendeteksi deformasi, interferogram harus dibentuk dari dua citra SAR yang meliputi area pada suatu wilayah yang sama dengan waktu yang berbeda. InSAR memberikan informasi dalam arah Line of Sight (LOS). Setelah data phase di unwrap dengan metode DInSAR nilai deformasi dapat diketahui. Untuk mengetahui pergerakan tanah dari waktu ke waktu dengan menggunakan Phase Displacement.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan citra ALOS PALSAR (Level 1.0) dengan akuisisi tahun 2009, 2010, 2011 untuk mengetahui besar deformasi di daerah pesisir bangkalan akibat tekanan lingkungan, baik yang berasal dari daratan maupun lautan. Pengolahan DInSAR ini menggunakan software pengolahan citra radar.

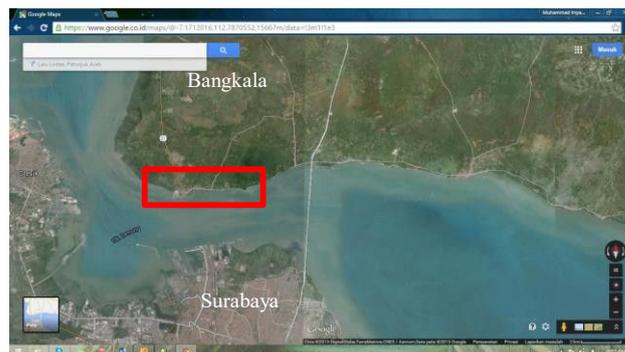
2. METODE

2.1 Data dan Lokasi Penelitian

Data utama yang digunakan adalah citra ALOS PALSAR Level 1.0 dengan polarisasi Fine-Beam Single Polarization (FBD). Data DEM SRTM3 digunakan sebagai model elevasi dan bersama dengan citra hasil interferogram untuk melakukan proses DInSAR.

Tabel 1 Data yang Digunakan

No.	Nama Citra	Perekaman	Frame	Arah
1	ALPSRP264397040	10 Januari 2011	7040	Ascending
2	ALPSRP210717040	7 Januari 2010	7040	Ascending
3	ALPSRP163747040	19 Februari 2009	7040	Ascending



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini di daerah Pesisir Kabupaten Bangkalan – Provinsi Jawa Timur. Lokasi ini dipilih karena Pesisir Bangkalan terbentuk dari endapan alluvial yang terdiri dari material berukuran lempung dan pasir sehingga masih memungkinkan tahapan pemadatan dan berpengaruh dengan deformasi muka tanah.

2.2 Tahap Pemrosesan Data

Tahapan pengolahan data dapat dibedakan menjadi dua jenis pengolahan, antara lain :

2.2.1 Pra Pengolahan (Pre-Processing).

2.2.1.1 Data SAR

Pada tahapan ini dilakukan proses pemilihan data SAR dari Satelit yaitu ALOS PALSAR. Pemilihan data dilakukan untuk mendapatkan topografi dan deformasi area tersebut.

2.2.1.2 SAR Processing

SAR Processing dilakukan untuk membuat raw data citra dari signal data atau data sinyal yang biasa disebut dengan level 1.

2.2.2 Pengolahan (Processing).

Pada tahap ini dilakukan beberapa proses antara lain :

- a. Data Format SLC.

Setelah dilakukan SAR Processing, maka tahap selanjutnya yaitu pemberian karakteristik respon pantulan yang diterima dari target di permukaan bumi. Output dari proses ini berupa citra kompleks yang disebut dengan Single Look Complex image (SLC) dimana proses ini menggunakan data raw hasil dari tahapan sebelumnya.

b. Interferometry SAR Processing.

Tahapan ini pada intinya adalah membentuk citra interferogram dari sepasang data SLC. Sepasang data SLC ini adalah dua buah data yang diambil pada daerah yang sama, namun posisi satelit yang berbeda. Sebuah citra interferogram yang baik dapat dibentuk dari dua buah citra SLC yang memiliki karakteristik yang sama dan memiliki panjang baseline yang tidak terlalu jauh. Citra SLC dilakukan beberapa proses pengolahan citra antara lain registrasi citra dan formasi interferogram untuk menggambarkan topografi yang memiliki unsur deformasi, noise dan atmosfer.

c. Multilook

Prosesor sinyal SAR dapat menggunakan sintesis aperture secara penuh dan penyimpanan lengkap data sinyal untuk menghasilkan resolusi tinggi meskipun sangat berbintikbintik pada produk Single Look Complex (SLC) citra SAR. Multiple looks mungkin dihasilkan pada proses multilook oleh rentang rata-rata dan / atau resolusi sel azimut.

d. Corregistration

Gambar co-registration merupakan dasar untuk Interferometri SAR (InSAR) pencitraan dan aplikasi, seperti generasi DEM peta dan analisis. Untuk mendapatkan kualitas gambar InSAR tinggi, gambar yang kompleks

individual harus menjadi co-terdaftar untuk akurasisub-pixel.

e. Interferometry SAR Processing.

Tahapan ini pada intinya adalah membentuk citra interferogram dari sepasang data SLC. Sepasang data SLC ini adalah dua buah data yang diambil pada daerah yang sama, namun posisi satelit yang berbeda. Sebuah citra interferogram yang baik dapat dibentuk dari dua buah citra SLC yang memiliki karakteristik yang sama

dan memiliki panjang baseline yang tidak terlalu jauh.

f. Interferogram.

Setelah dilakukan Interferometry SAR Processing, maka didapat citra interferogram yang masih dipengaruhi oleh efek kelengkungan bumi, efek orbit satelit, efek topografi, efek noise dan efek deformasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk merubah data PALSAR Level 1.0 (RAW) ke dalam data Level 1.0 (SLC) digunakan program pengolahan citra radar. Proses ini yaitu merekonstruksi citra SAR sehingga menjadi tipe data Single Look Complex (SLC) yang kemudian nantinya akan digunakan untuk proses interferometri.

3.1 Pembuatan Citra Format Single Look Complex (SLC)

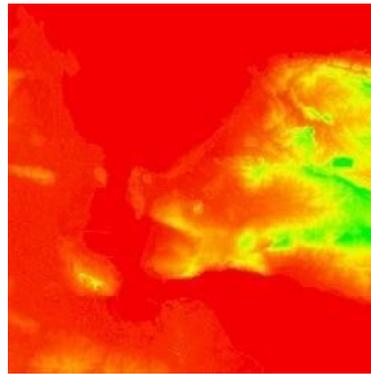
Data yang digunakan adalah data ALOS PALSAR dengan format raw data. Data ini kemudian dilakukan pengolahan yang telah dijelaskan pada metodologi sehingga didapatkan citra dengan format SLC. Dari masing-masing data mentah, dibentuk Single Look Complex yang merupakan matrix complex hamburan, data fase dan amplitudonya masih dalam satu file. Gambar dan Gambar memperlihatkan hasil pengolahan dari masing-masing citra.

3.2 Pengolahan InSAR

Pada tahap selanjutnya yaitu pengolahan data citra ALOS PALSAR level 1.0 yang diambil pada tanggal 19 Februari 2009, 7 Januari 2010 dan 10 Januari 2011. Pengolahan ini menggunakan perangkat lunak pengolahan citra radar.

3.3 DEM Kabupaten Bangkalan

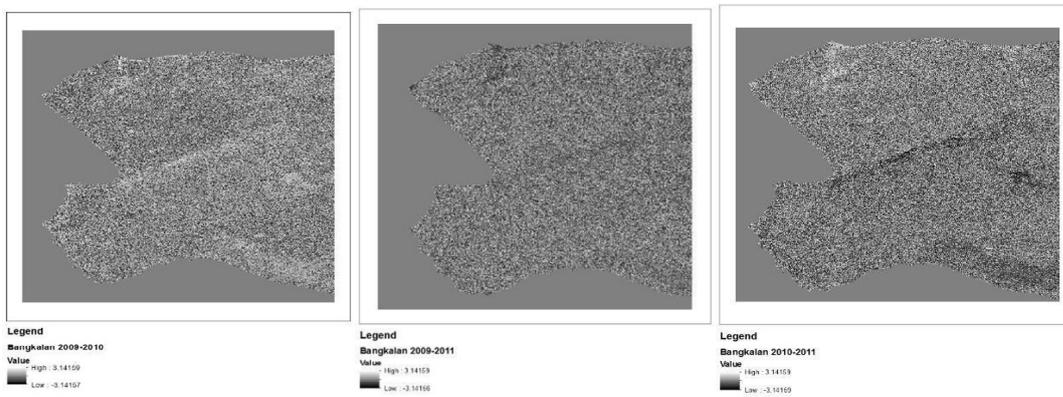
DEM yang digunakan dalam penelitian ini adalah DEM dari SRTM3. DEM SRTM3 memiliki ketelitian horizontal $0,00083^\circ$ sebanding dengan ~ 90 m dan ketelitian vertikal tidak melebihi 16 m. DEM ini diunduh dari software ENVI langsung dengan memasukkan citra yang akan menjadi referensi. Kegunaan DEM SRTM3 adalah untuk mengurangi phase topografi yang terdapat pada phase interferogram untuk mendapatkan phase deformasi (Hanssen, 2001).



Gambar 2. DEM Kabupaten Bangkalan

3.4 Proses Interferogram Phase

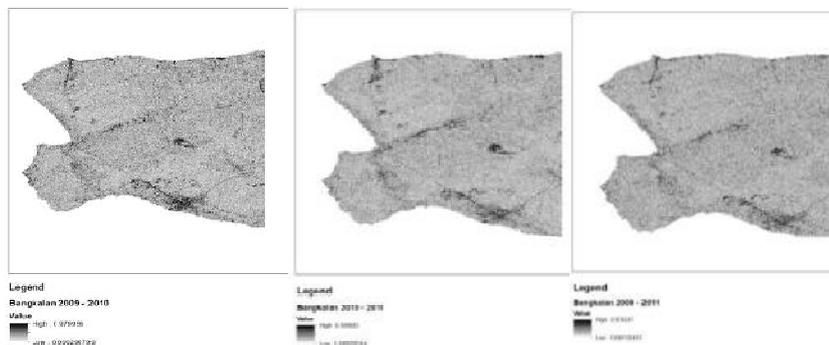
Citra SLC terbentuk menjadi interferogram phase dan amplitude dengan tahapan mencari area tampalan (offset), registrasi, dan komputasi. Hasil Interferogram phase dapat dilihat pada Gambar 4 adalah interferogram yang telah dikurangkan dengan efek topografi yang berupa citra phase dan amplitude dalam sistem koordinat radar.



Gambar 3 Hasil Interferogram Phase (dari Kiri Tahun 2009-2010, 2010-2011, dan Tahun 2009-2011)

3.5 Proses Koherensi Citra SAR

Objek water bodies di sekeliling pesisir Bangkalan akan menunjukkan warna putih keabu abuan dengan nilai koherensi lebih kecil dari 0,1 sampai mendekati 0. Hal ini disebabkan karena water bodies bergerak terus menerus secara konstan. Pada daratan memiliki koherensi antara 0,2 – 0,4. Rendahnya koherensi ini karena sebagian besar area studi kasus memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi. Kerapatan vegetasi ini akan mempengaruhi nilai koherensi citra karena pergerakan dan perubahan vegetasi akan berpengaruh pada pantulan backscatter-nya. Hasil citra koherensi pesisir bangkalan rendah juga disebabkan oleh panjang baseline antar dua pengamatan yang besar. Apabila citra koherensi memiliki tingkat koherensi yang tinggi, maka scalebar pada Gambar 5, 6, 7 di atas akan menuju warna gelap.

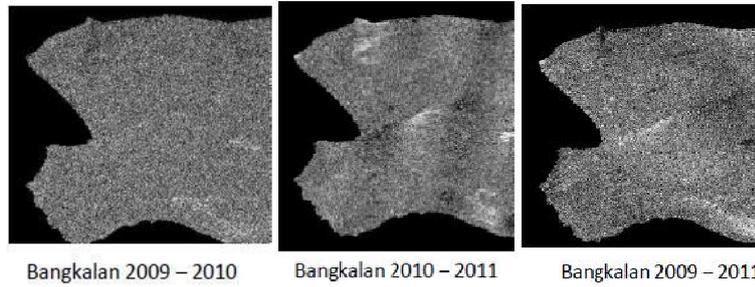


Gambar 4 Hasil Koherensi Citra SAR (dari kiri tahun 2009-2010, 2010-2011, dan tahun 2009-2011)

3.6 Proses Interferogram Setelah Filtering

Hasil interferogram yang sudah difiltering menunjukkan adanya noise yang relatif berkurang pada area yang

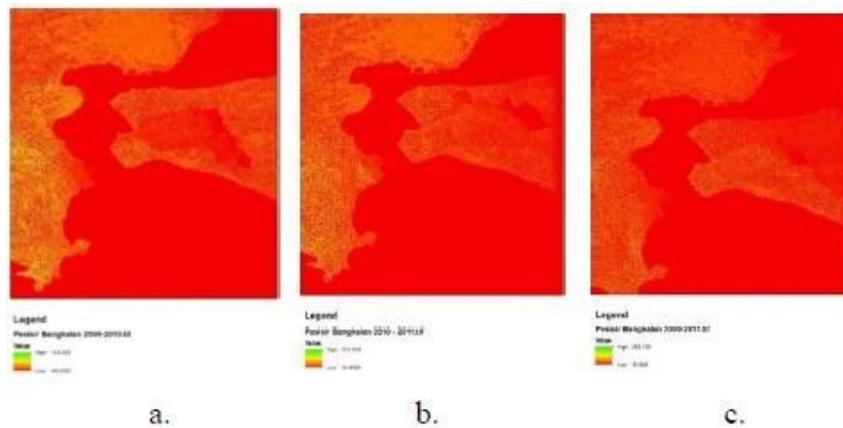
sebelumnya masih memiliki tingkat koherensi tinggi. Dapat dilihat pada Gambar 8, 9, 10 grafik phase hasil interferogram sesudah filtering. Interferogram setelah filtering menunjukkan peningkatan ketajaman area yang masih memiliki koherensi yang tinggi.



Gambar 5 Hasil Interferogram Setelah Filtering (dari Kiri Tahun 2009-2010, 2010-2011, dan Tahun 2009-2011)

3.7 Proses Unwrapping

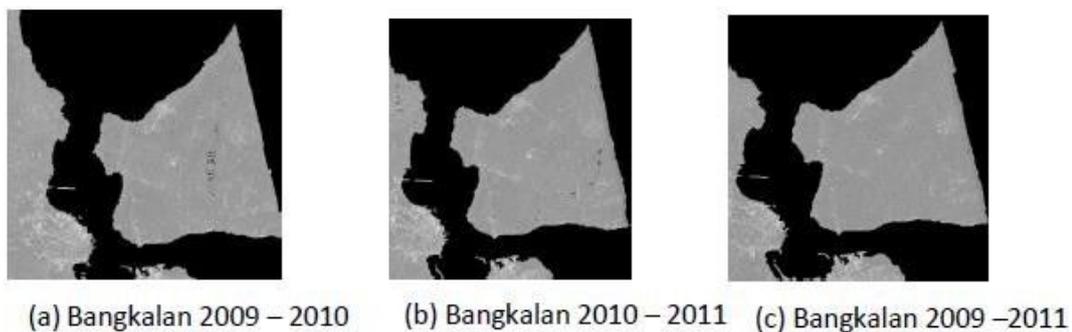
Setelah interferogram di unwrap pola deformasi area sudah dapat diketahui meski masih dalam satuan phase.



Gambar 6. Hasil Proses Unwrapping (dari kiri tahun 2009-2010, 2010-2011, dan tahun 2009-2011)

3.8 Proses Interferogram Geocode

Tahapan akhir ini adalah meng-georeference-kan citra amplitude, phase setelah filtering dan masking, koherensi, dan citra hasil unwrap.

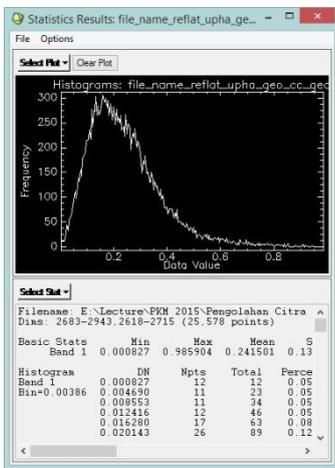


Gambar 7. Hasil Interferogram Setelah Geocode (dari Kiri Tahun 2009-2010, 2010-2011, dan Tahun 2009- 2011)

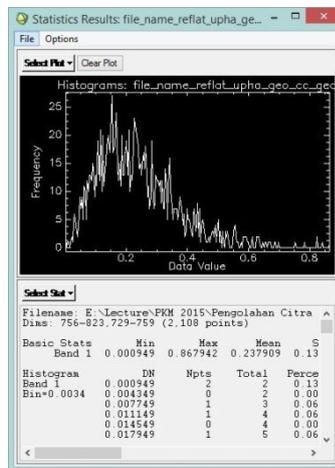
3.9 Analisis Pengolahan DInSAR

Pada Gambar 8, 9 dan 10 menunjukkan hasil proses DInSAR besar deformasi daerah pesisir bangkalan. Dapat disimpulkan terjadi deformasi Antara 0.1 cm sampai 0.9 cm. Banyaknya piksel yang kosong pada citra menyebabkan sukarnya menganalisis besar deformasi. Untuk melihat sebaran deformasi di Kepulauan

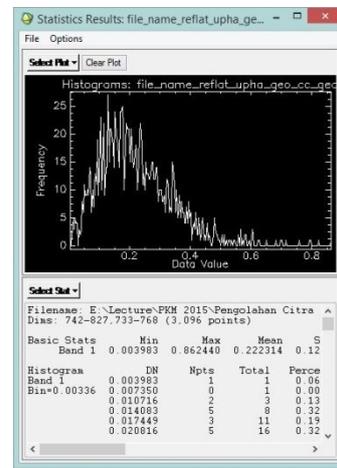
Mentawai berdasarkan hasil unwrap dilakukan cross section atau irisan melintang pada area-area yang mengalami subsidence atau uplift. Pada Gambar 2 menunjukkan kecenderungan area studi kasus mengalami uplift. Untuk memudahkan menafsirkan besar displacement tahun 2009-2010, dapat dilihat pada Gambar 8 bahwa besar displacement berada pada rentang 0.1 cm sampai 0.9 cm. Displacement sering terjadi uplift sebesar 0.2 cm sampai 0.4 cm.



Gambar 8. Besar Displacement Tahun 2009-2010



Gambar 9. Besar Displacement Tahun 2010-2011

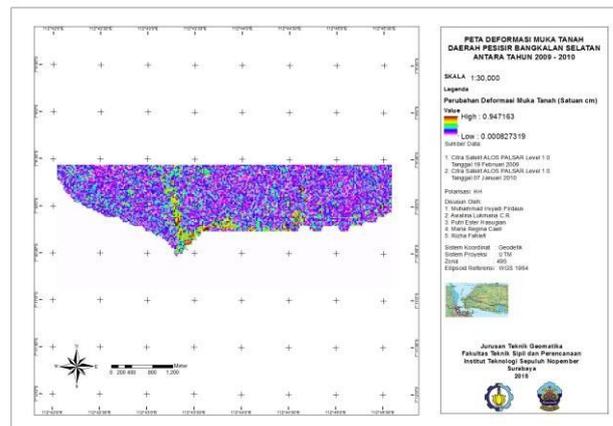


Gambar 10. Besar Displacement Tahun 2009-2011

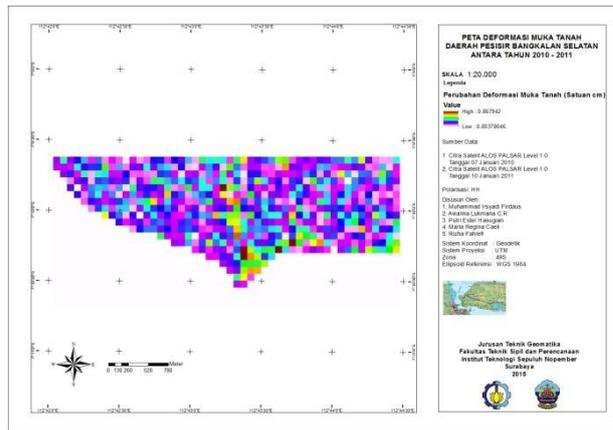
Besar displacement tahun 2010-2011, dapat dilihat pada Gambar 9 bahwa besar displacement berada pada rentang 0.1 cm sampai 0.8 cm. Displacement sering terjadi uplift sebesar 0.1 cm sampai 0.6 cm. Untuk besar displacement tahun 2009-2011, dapat dilihat pada Gambar 10 bahwa besar displacement berada pada rentang 0.1 cm sampai 0.8 cm. Displacement sering terjadi uplift sebesar 0.1 cm sampai 0.5 cm.

Hal ini dapat dilihat dari tingkat ketebalan diagram. Diagram yang tebal menunjukkan intensitas uplift. Ratarata deformasi muka tanah di daerah pesisir bangkalan adalah sebesar 4.468 mm per tahun.

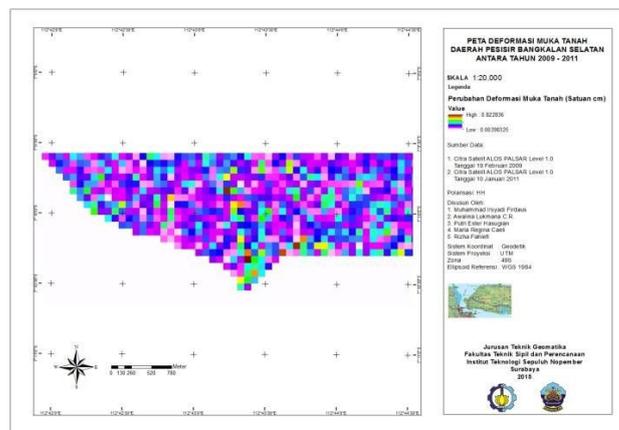
Adapun hasil peta deformasi muka tanah di daerah pesisir bangkalan tersebut adalah



Gambar 11. Peta Deformasi Pesisir Bangkalan Tahun 2009 -2010



Gambar 12. Peta Deformasi Pesisir Bangkalan Tahun 2010-2011



Gambar 13. Peta Deformasi Pesisir Bangkalan Tahun 2009-2011

Meskipun hasil deformasi dapat diketahui tetapi hasil pengolahan menunjukkan low displacement value. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Panjang Baseline

Dari tahap pre-process didapatkan panjang baseline perpendicular dengan beda waktu pengamatan (baseline temporal). Dampak dari baseline perpendicular ini berpengaruh pada korelasi yang didapat dari interferometry processing. Hal tersebut akan mengakibatkan karakteristik objek dari kedua posisi semakin berbeda, yang dapat menimbulkan low coherence value. Berikut panjang baseline masing-masing pasangan citra.

2. Geometri Pencitraan Radar

Area studi kasus memiliki topografi beragam sehingga dapat menyebabkan distorsi berupa layover, shadow, dan foreshortening. Distorsi tersebut sangat dipengaruhi oleh dua hal yaitu incidence angle dari SAR dan juga local slope dari daerah yang dicitrakan. Pengaruh dari layover, shadow, dan foreshortening akan memberikan efek kepada proses unwrapping dan kembalinya sinyal pantul ke sensor radar.

3. Kondisi Atmosfer

Perbedaan keterlambatan perambatan sinyal saat diterima transmitter radar dipengaruhi oleh efek atmosfer. Efek troposfer pada perambatan gelombang elektromagnetik akan menyebabkan keterlambatan phase yang akan berpengaruh terhadap penentuan jarak. Pada lapisan troposfer tersebar uap air (water vapour). Selama akuisisi data SAR memasuki musim penghujan, sehingga besar kelembaman pada lapisan troposfer relatif tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisa deformasi akibat gempa bumi menggunakan citra ALOS PALSAR, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil pengolahan DInSAR didapatkan besar deformasi terhadap Line of Sight(LOS) dengan nilai 0.1 cm sampai dengan 0.9 cm.

2. Berdasarkan hasil unwrap menunjukkan bahwa di daerah pesisir bangkalan bagian selatan terjadi uplift dengan besaran rata-rata 4.468 mm per tahun.
3. Akuisisi data SAR, 19 Februari 2009, 7 Januari 2010 dan 10 Januari 2011 terjadi uplift di daerah pesisir bangkalan bagian selatan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Orang tua, Saudara dan Keluarga yang selalu memberikan dukungan doa, moral dan materiil yang diberikan kepada penulis selama ini. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., Ph. D selaku Pembimbing yang telah meluangkan waktu, bantuan, dukungan serta kesabarannya membimbing penulis dalam penyusunan penelitian ini dari awal sampai akhir. Serta semua teman dan pihak yang turut memberi dukungan, motivasi dan doa.

DAFTAR PUSTAKA

- European Space Agency, InSAR Principles., (2007). *Guideline for SAR Interferometry Processing and Interpretation*: The Netherlands.
- Hilmi, M dkk., (2013). *Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah Di Kota Semarang*. Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Semarang, Indonesia.
- Ng, A.H., dkk., (2008). *Radar Interferometry for Ground Subsidence Monitoring Using ALOS PALSAR Data*. Beijing : The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7.
- Sari, A.R., dkk., (2014). *Penerapan Metode Dinsar Untuk Analisa Deformasi Akibat Gempa Bumi Dengan Validasi Data Gps Sugar (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat)*. ITS dan BPPT: Surabaya.
- Sharav, A., (2003). *Differential SAR Interferometry for Crustal Deformation Study*. The Netherlands : International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede.
- Sophian, R.I., (2010). *Penurunan Muka di Kota-Kota Besar Pesisir Pantai Udara Jawa (Studi Kasus: Kota Semarang)*. Bulletin of Scientific Contribution. 8 (1):41-60.
- Umar. (2011). *Kajian Pengaruh Gelombang Terhadap Kerusakan pantai Matang Danau Kabupaten Sambas*. Jurnal Teknik Sipil Untan. 11(1):92-102.
- Yuwono, B.D., (2013). *Korelasi Penurunan Muka Tanah Dengan Penurunan Muka Air Tanah Di Kota Semarang*. Jurnal Teknik. 34(3):188-195.

*) Makalah ini telah diperbaiki sesuai dengan saran dan masukkan pada saat diskusi presentasi ilmiah

BERITA ACARA

PRESENTASI ILMIAH SINAS INDERAJA 2016

Judul Makalah : Analisis Pengaruh Deformasi Muka Tanah terhadap Pembangunan di Daerah Pesisir dengan Teknik Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) (Studi Kasus: Pesisir Bangkalan, Madura)

Pemakalah : Muhammad Irsyadi Firdaus

Diskusi :

(Tidak ada diskusi)