

**ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH (*LAND SUBSIDENCE*)
MENGUNAKAN TEKNOLOGI DINSAR SENTINEL-1
(Studi Kasus: Kota Bandar Lampung, Lampung)**

SKRIPSI

OLEH:

**FIRMANSYAH BAYU PAMUNGKAS
1515013021**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS PENURUNANAN MUKA TANAH (*LAND SUBSIDENCE*) MENGUNAKAN TEKNOLOGI DINSAR SENTINEL-1 (Studi Kasus: Kota Bandar Lampung, Lampung)

Oleh

FIRMANSYAH BAYU PAMUNGKAS

Kota Bandar Lampung mengalami penurunan muka tanah rata-rata 0,06 cm/tahun, penurunan muka tanah mencapai 5 hingga 30 mm/tahun pada tahun 2017. Dampak dari penurunan muka tanah adalah kerusakan infrastruktur wilayah pemukiman dan gangguan terhadap stabilitas ekonomi. Dengan melihat data tersebut kita memerlukan sistem mitigasi penurunan muka tanah yang memiliki kemampuan menyajikan analisis kebumihian secara cepat dan optimal dalam konsep kajian cepat dengan mempertimbangkan efisien waktu, tenaga dan biaya untuk pemantauan fenomena alam ini secara berkala. Untuk itu dilakukan studi pemantauan penurunan muka tanah dengan penginderaan jauh memanfaatkan citra sentinel-1 yang memiliki sensor SAR (*Synthetic Aperture Radar*) dengan jenis gelombang *C-band* serta memiliki dua buah satelit.

Penelitian memanfaatkan citra sentinel-1 yang dikaji dengan teknologi *DinSAR*. Teknologi ini memiliki berbagai tahapan, serta membutuhkan dua buah atau lebih citra sebagai komponen utama pada penelitian ini. Tahapan awal yaitu koregistrasi dimana akan dihitung koherensinya pada pasangan citra, setelah itu lanjut proses pembentukan *interferogram*, pengolahan *phase Unwrapping*, kemudian pengolahan konversi fase menjadi tinggi, pembentukan model tinggi permukaan, kemudian pengolahan *geocoding* barulah model tinggi permukaan digital ber-georeferensi dapat digunakan sebagai penurunan tanah.

Hasil penelitian dengan memanfaatkan teknologi *DinSAR* sentinel-1 dapat menunjukkan penurunan muka tanah di kota Bandar Lampung, dengan nilai penurunan terbesar 0,007 meter dan nilai kenaikannya (*uplift*) terbesar 0,01 meter. Hasil pengujian dengan uji T yang telah dilakukan antara pengamatan teknologi *DinSAR* dan GNSS bahwa H_0 diterima yang berarti tidak memiliki perbedaan secara signifikan dengan demikian dapat dikatakan bahwa penelitian ini tidak memiliki perbedaan signifikan dengan pengamatan penurunan menggunakan GNSS pada tahun 2018-2019 di Kota Bandar Lampung.

Kata kunci: Citra sentinel-1, *DInSAR*, penurunan muka tanah.

ABSTRACT
LAND SUBSIDENCE ANALYSIS USING DINSAR SENTINEL-1
TECHNOLOGY
(Case Study: Bandar Lampung City, Lampung)

By

FIRMANSYAH BAYU PAMUNGKAS

Bandar Lampung City experienced an average land subsidence of 0.06 cm/year, land subsidence reached 5 to 30 mm/year in 2017. The impact of land subsidence is damage to infrastructure in residential areas and disruption to economic stability. By looking at these data, we need a land subsidence mitigation system that has the ability to provide a quick and optimal geological analysis in a quick study concept by considering time, energy and cost efficiency for monitoring this natural phenomenon on a regular basis. For this reason, a study to monitor subsidence using remote sensing uses sentinel-1 imagery which has a SAR (Synthetic Aperture Radar) sensor with a C-band wave type and has two satellites. The research utilizes sentinel-1 imagery that was studied with DinSAR technology. This technology has various stages, and requires two or more images as the main component in this research. The initial stage is registration where the coherence of the image pair will be calculated, after that the interferogram formation process, Unwrapping phase processing, then phase conversion processing to high, formation of the surface height model, then geocoding processing then the georeferenced digital surface height model can be used as a derivation. soil.

The results of the study using DinSAR sentinel-1 technology can show land subsidence in the city of Bandar Lampung, with a decrease of 0.007 meters and an uplift of 0.01 meters. The results of the test with the T test that has been carried out between the observations of DinSAR and GNSS technology that H_0 is accepted which means there is no significant difference, thus it can be said that this study has no significant difference with the observation of decline using GNSS in 2018-2019 in Bandar Lampung City.

Keywords: DInSAR, Sentinel-1 image, subsidence.

**ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH (*LAND SUBSIDENCE*)
MENGUNAKAN TEKNOLOGI DINSAR SENTINEL-1
(Studi Kasus: Kota Bandar Lampung, Lampung)**

Oleh

FIRMANSYAH BAYU PAMUNGKAS

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

: **ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH
(LAND SUBSIDENCE) MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI DINSAR SENTINEL-1(Studi
Kasus: Di Kota Banda Lampung,
Lampung)**

Nama Mahasiswa

: **Firmannsyah Bayu Pamungkas**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515013021

Jurusan

: Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.
NIP 19730410 200801 1 008

Eko Rahmadi, S.T., M.T.
NIP 19710210 200501 1 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP. 19641012199203 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.**

Sekretaris

: **Eko Rahmadi, S.T., M.T.**

Anggota

: **Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **27 Juni 2022**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan skripsi berjudul “Analisi Penurunan Muka Tanah (*Land Subsidence*) Menggunakan Teknologi DInSAR Sentinel-1 (Studi Kasus: Bandar Lampung, Lampung)” adalah karya penulis sendiri, dan penulis tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulisan lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 juni 2022



Bayu Pamungkas

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung, pada tanggal 08 April 1996, sebagai anak ketiga dari dua bersaudara, dari Bapak Sulomo dan Ibu Sari Fatul Musrifah.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Kartika, Punggur, Lampung Tengah diselesaikan tahun 2002, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 3 Tanggulangin, Lampung Tengah pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Punggur tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Kota Gajah, Lampung Tengah pada tahun 2014.

Tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) Universitas Lampung sebagai Wakil Ketua Dana dan Usaha. Pada tahun 2018, Selain itu, penulis berkesempatan menjadi asisten praktikum mata kuliah Basis Data Spasial tahun ajaran 2016/2017. Penulis melakukan Kerja Praktek di Pushidros TNI-AL (Pusat Hidro-Oseanografi TNI-AL) pangkalan militer TNI-AL di Jakarta Utara dengan konsentrasi Hidrografi *echosounder single beam* dan *echosounder multi beam*. Dan ikut dalam pembuatan peta laut Indonesia No. 160 A lembar 1,2 dan 3 di perairan Muntok, Bangka Barat. Pada akhir tahun 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja

Nyata (KKN) di Desa Gunung Tiga, Kecamatan Batanghari Nuban, Kabupaten Lampung Timur, selama 40 hari pada bulan Juli – Agustus.

Pada bulan Juni 2019 penulis melaksanakan skripsi (penelitian tugas akhir) dengan judul: “Analisis Penurunan Muka Tanah (*Land Subsidence*) Menggunakan teknologi DInSAR Sentinel-1 (Studi Kasus: Kota Bandar Lampung, Lampung)”.

PERSEMBAHAN



Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan keberkahan tak terhingga kepada umat-Nya sehingga dapat merasakan indahnya islam dan tempat penulis mengabdikan sebagai hamba serta menggantungkan segala doa dan harapan. Shalawat dan salam semoga tercerahkan kepada karya ini untuk:

*Ibu Saya Sarifatul Musrifah
yang selalu mendoakan dan memberikan semangat tanpa henti*

*Bapak Saya Sulomo
yang selalu bekerja keras memberikan yang terbaik untuk keluarga*

Seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendukung dan mendoakan kesuksesan penulis.

Dosen-dosen penulis yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.

Teruntuk seluruh sahabat yang selalu mendukung dan menyemangati penulis.

Teruntuk almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Analisis Penurunan Muka Tanah (*Land Subsidence*) Menggunakan Teknologi DInSAR Sentinel-1 (Studi Kasus: Kota Bandar Lampung, Lampung)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. Pada proses penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat dukungan, bantuan, bimbingan, doa dan pengarahan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU. selaku sebagai pembimbing utama atas kesediaannya untuk membimbing, saran dan kritik dalam penulisan.
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua atas kesediaannya untuk membimbing, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku penguji utama pada ujian skripsi. Terimakasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar terdahulu.
6. Bapak dan ibu staf administratif Teknik Unila.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberi ilmu yang bermanfaat.
8. Kedua orang tuaku Bapak Sulomo dan Ibu Sarifatul Musrifah sebagai pengisi semangat. Terimakasih atas didikan, jasa-jasa, kesabaran, doa yang tidak pernah

Lelah dalam mendidik dan memberikan cinta tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil hingga saat ini.

9. Kakak ku Erni Puspita Sari dan M.M.S Arif, serta keponakan ku M. Artha Pratama yang selalu mendukung dan mendoakan kesuksesan penulis.
10. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan serta doa untuk kesuksesan dan penyelesaian perkuliahan di Program Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
11. Helen Kusuma Wardani yang selalu mendukung, memberikan semangat, membantu melalui waktu, tenaga, dan doa demi kelancaran penyelesaian skripsi.
12. Teman-teman Teknik Geodesi dan Geomatika Angkatan 2015 Restiana, Bimo, Dea, Irena, Nadya, Fahmi, Febitri, Gita, Reza Rizkia, Adenia, Nanda Rendika, Nanda Fahreza, Dwi Nanda, Resti Elida, Altias, Reni, Fauzan, Hayyan, Rifqi, Faisal, Reza Erlangga Terimakasih atas kebersamaan kalian.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan bantuan, saran, dan dukungan dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Semoga semua kebaikan, doa, dan dukungan yang telah dicurahkan kepada penulis dapat dibalas dengan yang lebih besar oleh Allah SWT kepada bapak, ibu, keluarga, dan rekan-rekan semua. Hanya ucapan terimakasih dan doa yang dapat penulis berikan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca khususnya rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 27 juni 2022
Penulis

Firmansyah Bayu Pamungkas

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3 Kerangka pemikiran	3
1.4 Hipotesis Awal	4
II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Deformasi	5
2.2 Penurunan muka tanah (<i>Land Subsidence</i>).....	6
2.3 Metode Pemantauan Penurunan Muka Tanah	7
2.4 Karakteristik Sentinel-1	8
2.5 DInSAR	15
2.6 Uji Signifikansi	18
2.7 Metode Resampling.....	19
2.8 Studi Literatur.....	20
III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 Metode.....	26
3.3.1 Tahap Persiapan	27
3.3.2 Tahapan pengolahan.....	27
3.3.3 Tahap akhir.....	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil dan analisis pengolahan DInSAR	38
4.2 Hasil Perbandingan Data DInSAR dengan GNSS	40
4.3 Indikasi Penurunan Muka Tanah.....	43
4.4 Hasil pengolahan dengan Uji T berpasangan	50
4.5 Perbandingan PMT Citra Sentinel-1 dengan GNSS.....	50
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	53

5.1	Simpulan.....	53
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA		55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1 Karakteristik Sentinel-1 perekaman <i>Interferometric Wide Swath Mode</i> (IW) ..	13
Tabel 2 Studi Literatur	20
Tabel 3 Selisih data DInSAR dengan GNSS	42
Tabel 4 Koordinat Titik Pengamatan	43
Tabel 5 Hasil uji statistik T berpasangan	50

DAFTAR GAMBAR

Tabel	Halaman
Gambar 1 Model Operasi Sentinel.....	9
Gambar 2 Spesifikasi Umum satelit sentinel-1 Sumber	10
Gambar 3 Karakteristik Model Pengamatan Sentinel-1 Sumber	11
Gambar 4 Ilustrasi penetrasi kanopi pada jenis – jenis gelombang radar	12
Gambar 5 Citra satelit Kota Bandar Lampung.....	24
Gambar 6 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 7 Diagram alir Pengolahan.....	28
Gambar 8 Diagram Alir Lanjutan	29
Gambar 9 <i>Estimasi baseline</i>	30
Gambar 10 Coregistration.....	31
Gambar 11 Graph Builder.....	32
Gambar 12 Hasil Interferogram	33
Gambar 13 Pasangan citra-1 setelah <i>Deburst</i>	33
Gambar 14 unwrapping dengan snaphu commend.prompt (cmd.exe)	35
Gambar 15 Hasil phase to Displacements.....	35
Gambar 16 hasil Setelah Color manipulation	36
Gambar 17 Penampalan pada Google Earth Pro.....	36
Gambar 18 Statistik Nilai Deformasi pada Color Manipulation.....	38
Gambar 19 peta PMT dari DInSAR.....	39
Gambar 20 Diagram data hasil sampel titik dengan pengolahan DInSAR.....	40

Gambar 21 Diagram data hasil sampel titik dengan GNSS	41
Gambar 22 Diagram data hasil pengolahan DInSAR dan GNSS	41
Gambar 23 Daerah titik BL 62.....	44
Gambar 24 Daerah titik BL 68.....	44
Gambar 25 Daerah titik BL 02.....	45
Gambar 26 Daerah titik BL 61.....	46
Gambar 27 Daerah titik BL 56.....	46
Gambar 28 Daerah titik BL 26.....	47
Gambar 29 Daerah titik BL 69.....	48
Gambar 30 Daerah titik BL 70.....	48
Gambar 31 Daerah titik BL 65.....	49
Gambar 32 Daerah titik BL 28.....	49
Gambar 33 Peta PMT dengan GNSS	51

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kota Bandar Lampung sebagai ibu kota provinsi Lampung memiliki wilayah sebesar 169,21 km². Kota Bandar Lampung juga sebuah kota di Indonesia yang menjadi pintu gerbang utama Pulau Sumatera, yang memiliki peran yang sangat penting selain penduduk mencapai 1.166.066 jiwa (BPS, 2020), dan jumlah penduduk yang mengalami pertumbuhan 1,59% per-tahunnya (RTRW Kota Bandar Lampung, 2014). Pertumbuhan penduduk ini kemudian berimplikasi terhadap peningkatan konversi lahan yang cukup intensif (Utoyo, 2012).

Secara geologi Kota Bandar Lampung dilewati oleh beberapa struktur patahan bagian dari sistem Sesar Sumatera yang berada di wilayah ini yaitu Segmen Sunda, Segmen Semangko dan Segmen Kumering (Armijon dkk, 2012) yang berpengaruh terhadap pergerakan tanah seperti fenomena alam yaitu gempa dan tanah longsor. Seiring banyaknya aktivitas pertumbuhan penduduk serta berbagai kondisi geologi tersebut serta banyaknya kegiatan pengeboran air tanah, pertambangan dan industri, kegiatan reklamasi, tentunya bisa menjadi faktor pendukung terjadinya Penurunan Muka Tanah. (PMT). Penurunan Muka Tanah merupakan suatu fenomena yang merugikan karena dapat menimbulkan kerusakan infrastruktur yang tentunya dapat menghambat perkembangan atau pembangunan suatu kota atau wilayah dan menimbulkan kerugian. Sehingga Bandar Lampung bisa menjadi salah satu daftar kota di Indonesia yang sangat rentan mengalami penurunan muka tanah akibat fenomena alam ataupun akibat perbuatan manusia. Hal ini tentunya dapat menimbulkan *silent hazzard* yang merusak infrastruktur perkotaan yang kemudian dapat saja menjadi gangguan terhadap stabilitas perekonomian dan kehidupan sosial (Bagas Setyadi, 2019).

Pengamatan penurunan muka tanah dapat dilakukan dengan metode penginderaan jauh dengan citra. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan

analisis penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung dengan teknik *InSAR* (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) dan SBAS (*Small baseline Subset*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Bandar Lampung mengalami penurunan muka tanah rata-rata 0,06 cm/tahun, di beberapa lokasi yaitu di Campang Raya, Camang, Kangkung, Sukaraja, Bakung, dan Beringin Raya diidentifikasi penurunan muka tanah mencapai 5 hingga 30 mm/tahun (Zaenudin, 2017).

Dalam dunia penginderaan jauh ada pendatang baru dari produk *European Commission (EC)* dan *European Space Agency (ESA)* yaitu citra sentinel-1. Citra Sentinel-1 merupakan seri satelit pertama dari tujuh misi satelit yang diluncurkan sebagai bagian dari program *Copernicus*. Sentinel-1 merupakan seri satelit observasi bumi yang memiliki sensor SAR (*Synthetic Aperture Radar*) c-band dengan dua buah satelit.

Dalam pengolahan data citra radar dikenal dengan teknologi *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR)* yaitu teknologi geodesi yang telah dikembangkan dengan baik selama beberapa dekade terakhir untuk pengamatan deformasi permukaan dengan akurasi yang tinggi. Teknik ini menggunakan lebih dari dua citra radar (*multitemporal*) sehingga akan timbul *temporal decorrelation* dan *atmospheric dishomogeneities* yang mempengaruhi kualitas hasil interferogram (Prasetyo, Yudo, 2010). Di kota Bandar Lampung ini belum adanya penelitian yang mengkombinasikan antara teknologi DInSAR dengan citra sentinel-1 ini dimana diharapkan dengan penelitian ini nantinya akan menghasilkan pengamatan muka tanah lebih baik dari penelitian sebelumnya.

1.2. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Melakukan pengolahan Differensial interferogram pada citra sentinel-1 tahun perekaman 2018 dan 2019 untuk melihat adanya perbedaan fasa.
2. Teridentifikasinya pola sebaran penurunan muka tanah yang terjadi di

Kota Bandar Lampung sebagai bagian dari upaya mitigasi bencana.

1.3 Kerangka pemikiran

Salah satu pengamatan penurunan muka tanah yaitu dengan menggunakan RADAR (*Radio Detection and Ranging*) yang merupakan teknologi memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan benda-benda bahkan sampai cuaca. Salah satu citra radar yang digunakan untuk pengamatan deformasi adalah citra Sentinel-1.

Citra yang diperoleh dari satelit radar berisi dua informasi penting. Informasi tersebut adalah daya sinar pancar berupa fasa dan amplitudo yang dipengaruhi oleh banyaknya gelombang yang dipancarkan serta dipantulkan kembali. Pada saat gelombang dipancarkan dilakukan pengukuran fasa. Pada citra yang diperoleh dari tiap-tiap pikselnya akan memiliki dua informasi tersebut. Intensitas sinyal dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari bahan yang memantulkan gelombang tersebut, sedangkan fasa gelombang digunakan untuk menentukan apakah telah terjadi pergerakan (deformasi) pada permukaan yang memantulkan gelombang tersebut.

Teknologi dengan InSAR sering digunakan untuk pemantauan perubahan (deformasi) suatu area sampai ketelitian orde cm. Untuk mendapatkan orde ketelitian seperti itu, maka teknologi pengolahan data InSAR dilakukan dengan cara di differensialkan yang sering disebut DiNSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*). Pada teknologi ini digunakan dua atau lebih citra radar untuk dibentuk beberapa pasang interferogram sekaligus. pasangan citra tersebut digunakan untuk mendeteksi perubahan permukaan topografi dengan ketelitian yang sangat tinggi. Pola interferensi dari 2 citra (*master* dan *slave*) SAR pada daerah yang sama, diperoleh dengan cara dua kali lintasan yang berbeda waktu perekaman bergantung pada topografi yang dicitrakan. Pada citra hasil lintasan pertama diperoleh nilai fasa, begitu pun dengan citra kedua pada lintasan kedua diperoleh juga nilai fasa. Jika terjadi perbedaan fasa antara pencitraan lintasan pertama dengan lintasan kedua, maka akan terlihat *fringes* (rumbai -

rumbai) pada interferogram yang dinamakan *displacement fringes*. Pada interferogram terdapat 2 macam *fringe* utama, yaitu *displacement fringe* yang diakibatkan karena pergeseran permukaan topografi, kedua adalah *topographic fringe* yang diakibatkan bentuk topografi. Setelah itu pengolahan *geo-coding* untuk model tinggi permukaan digital ber-georeferensi yang dapat digunakan sebagai analisa penurunan tanah.

1.4 Hipotesis Awal

Di kota Bandar Lampung mengalami penurunan muka tanah teridentifikasi dengan kecepatan di atas 5 mm/tahun dan yang tertinggi 30 mm/tahun. *Subsidence* terbesar cenderung terjadi di bagian pesisir Teluk Lampung penelitian pada tahun 2017 (Zaenudin, dkk 2017). Indikasi penurunan muka tanah tidak merata di semua tempat, namun secara rata-rata Kota Bandar Lampung Mengalami penurunan muka tanah dengan kecepatan 0,06 mm/tahun dengan trend yang cenderung linier. Penurunan muka tanah dengan kecepatan lebih dari 5 mm/tahun (Bagas Setyadi, 2019). Pada penelitian penurunan muka tanah menggunakan metode GNSS pada tahun 2018-2019 kota Bandar Lampung mengalami penurunan sebesar sebesar 0,0060 s.d. 0,2486 m/tahun (Rifqi S, 2021). Dalam kajian mengenai penurunan muka tanah di kota Bandar Lampung yang dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu mengalami penurunan di setiap tahunnya. Serta adanya pertumbuhan penduduk mencapai 1,59% per-tahunnya (RTRW Kota Bandar Lampung, 2014) yang merupakan faktor penurunan muka tanah perlu adanya penelitian lebih lanjut pada fenomena alam ini. Dengan pemanfaatan jenis data citra radar yaitu citra sentinel 1 yang lebih baik dari citra generasi pendahulunya serta telah menggunakan jenis band-C yang memiliki penetrasi gelombang lebih baik diharapkan pemantauan penurunan muka tanah di kota Bandar Lampung dapat dilakukan dengan teknologi penginderaan jauh yang memanfaatkan citra sentinel-1 dengan teknologi *DInSAR* ini. Sehingga dapat diketahui daerah serta nilai penurunan muka tanah yang terdapat di kota Bandar Lampung dengan rentang tahun 2018-2019.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996 dalam Vidyan, Y., dkk. 2013). Deformasi merupakan perubahan yang dikaji dari beberapa dimensi baik dari arah X, Y, maupun Z. Perubahan deformasi ini dapat dibedakan menjadi dua yaitu perubahan absolut dan perubahan relatif. Perubahan itu dapat dijelaskan sebagai berikut, perubahan absolut adalah perubahan yang terjadi X, Y dan Z dan tidak direferensikan dengan titik lain, yang kedua adalah perubahan relatif, untuk perubahan relatif ini adalah perubahan yang terjadi pada sumbu X, Y, ataupun Z dan dikaitkan atau dihubungkan dengan titik lain.

Bandar Lampung adalah salah satu kota di Indonesia yang berpotensi mengalami penurunan muka tanah karena adanya ekstraksi air tanah, kegiatan pertambangan, alih fungsi lahan, dan kondisi geologi. Untuk itu dilakukan studi penurunan muka tanah dengan teknik SBAS, dikarenakan sangat kurangnya informasi mengenai gejala penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung. Dalam penelitian ini digunakan 15 data SAR dalam selang tahun 2006 – 2011 yang kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan 40 interferogram yang kemudian di-inversi sehingga menghasilkan data deformasi *time-series* dan kecepatan deformasi rata-rata. Akurasi kecepatan yang diperoleh dengan teknik SBAS sangat bergantung terhadap jenis tutupan lahan di daerah studi, selain itu diketahui pula bahwa penurunan muka tanah di Bandar Lampung rata-rata adalah 0,06 mm/tahun, yang dinilai cukup stabil dikarenakan tatanan geologi yang tidak memungkinkan untuk terjadinya proses konsolidasi secara masif. Beberapa area mengalami indikasi penurunan muka tanah >5 mm/tahun yang diduga disebabkan oleh aktivitas tektonik dan kegiatan manusia (industri,

pertambangan, ekstraksi air tanah, dan alih fungsi lahan) yang kemudian berimplikasi terhadap kerusakan struktur bangunan, terjadinya banjir rob di daerah pesisir, dan tanah longsor di daerah perbukitan (Bagas Setyadi 2016)

2.2 Penurunan muka tanah (*Land Subsidence*)

Yang dimaksud dengan penurunan muka tanah adalah sebuah peristiwa turunnya permukaan tanah yang disebabkan karena adanya perubahan pada volume lapisan batuan yang terkandung di bawahnya. Menurunnya muka tanah ini bisaanya terjadi perlahan-lahan dalam jangka waktu yang lama sehingga manusia tidak langsung menyadari akan hal itu. Namun bagaimanapun juga penurunan muka tanah ini akan berdampak pada kondisi lingkungan sekitar apabila tidak segera diatasi oleh masyarakat. Seperti halnya fenomena alam lainnya, fenomena penurunan muka tanah juga dapat disebabkan oleh faktor-faktor tertentu. Menurut ilmuwan *Whittaker dan Reddish* pada tahun 1998, ada tiga faktor yang menyebabkan penurunan muka tanah terjadi. Adapun beberapa faktor tersebut antara lain:

Fenomena penurunan muka bumi dapat terjadi karena faktor-faktor yang terjadi pada alam itu sendiri. Secara alamiah, penurunan muka tanah dapat terjadi akibat adanya pengaruh dari proses geologi bumi. Namun secara lebih kecil faktor alamiah yang menjadi penyebab menurunnya muka tanah ini dibagi menjadi dua macam yaitu siklus geologi dan juga sedimentasi yang berada di wilayah cekungan. Siklus geologi merupakan siklus bumi yang terdiri dari pelapukan, pengendapan dan juga terjadinya pergerakan kerak bumi.

Sedimentasi yang berada di daerah cekungan merupakan sedimentasi yang terjadi di daerah lempeng utama yang dekat dengan perbatasan lempeng. Sedimentasi yang berada di wilayah cekungan ini semakin lama semakin banyak kemudian massa endapan tersebut meningkat, sehingga dapat menyebabkan turunnya muka tanah khususnya di wilayah tersebut.

Faktor Pengambilan Air Tanah (*Groundwater Extraction*). Faktor penyebab yang selanjutnya adalah karena pengambilan air tanah. Seperti yang kita ketahui

bersama bahwasannya makhluk hidup sangat membutuhkan air untuk dapat bertahan hidup dan sumber air tawar yang bagus adalah air tanah, maka tidak heran apabila manusia mengambil air dari dalam tanah. Penurunan muka tanah akan terjadi apabila air tanah diambil dalam jumlah yang banyak dan dalam waktu yang relatif lama. Hal tersebut tentu akan dapat menyebabkan berkurangnya volume tanah yang berada di lapisan tanah tertentu. Berkurangnya air tanah ini kemudian berdampak pada pori- pori tanah sehingga tekanan hidrostatik yang terdapat di bawah permukaan tanah akan berkurang. Hal tersebut akan berdampak pada pemampatan lapisan akuifer (lapisan dibawah permukaan tanah yang mengandung air), sehingga akan menyebabkan turunnya permukaan air tanah.

Faktor Massa Bangunan (*Settlement*). Faktor selanjutnya adalah massa bangunan. Seperti yang kita tahu bahwa manusia mendirikan bangunan dengan tanah sebagai alasnya. Bangunan yang dibangun di atas tanah ini menjadi penyebab lapisan yang berada di tanah ini mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut terjadi akibat pengaruh deformasi dari partikel tanah, relokasi partikel dan keluarnya air atau udara dari dalam tanah tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin berat massa bangunan yang berada di atas permukaan tanah maka akan semakin dalam pula tingkat penurunan muka tanah tersebut. Apabila kita perhatikan maka faktor- faktor tersebut berada di kota - kota besar, sehingga wajar apabila kota besar mengalami penurunan muka tanah.

2.3 Metode Pemantauan Penurunan Muka Tanah

Global Position System (GPS) adalah sistem navigasi radio untuk penentuan posisi yang teliti. Penentuan posisi ini menggunakan konsep reseksi (pengikatan ke belakang) melalui pengukuran jarak suatu titik secara simultan menggunakan beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Dalam metode ini, *receiver* GPS ditempatkan di beberapa titik pada lokasi yang telah dipilih yang kemudian diamati koordinatnya secara berkala. Dengan menganalisis perubahan tinggi ellipsoid tiap titik pengamatan secara periodik maka nilai penurunan muka tanah pada titik-titik tersebut dapat diperoleh.

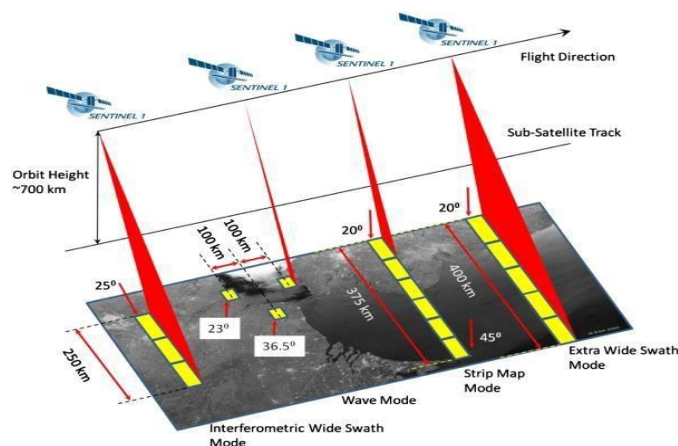
Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah salah satu kelas spesifik dari radar. Dinamakan sintetik karena tidak menggunakan antena panjang secara spesifik seperti pada *Real Aperture Radar (RAR)*. Konsepnya adalah memanfaatkan frekuensi dari sinyal radar sepanjang jalur spektrum untuk membedakan dua penyebaran pada pancaran antena. Faktor yang menentukan pada proses ini adalah kependuan radar, yaitu fasa seperti halnya amplitudo gelombang yang diterima dan disimpan untuk digunakan pada proses selanjutnya. Dalam hal ini fasa tersebut harus stabil pada periode mengirim dan menerima sinyal. Hal ini menyebabkan tercipta kesan seolah-olah digunakan antena panjang dengan mengkombinasikan informasi dari berbagai gelombang yang diterima. Tidak seperti RAR yang memiliki kelemahan, SAR menggunakan prinsip *Doppler*. Penjalaran gelombang memiliki frekuensi tertentu dan apabila diperoleh suatu frekuensi dengan cara menerapkan prinsip *Doppler*, maka frekuensi tersebut dinamakan frekuensi *Doppler*. Perbedaan frekuensi yang terjadi akan mengakibatkan hasil citra untuk tiap objek berbeda tanpa perlu menggunakan antena yang panjang. Pada saat wahana bergerak melewati target sambil melakukan pencitraan, maka objek terekam pada selang waktu tertentu dengan frekuensi yang berbeda-beda. Frekuensi yang tertinggi adalah objek yang memiliki jarak relatif terdekat dengan sensor.

2.4 Karakteristik Sentinel-1

Sentinel-1 merupakan seri satelit pertama dari tujuh misi satelit yang diluncurkan sebagai bagian dari program Copernicus. Copernicus adalah nama baru dari GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), yakni program observasi bumi yang digagas oleh *European Commission (EC)* dan *European Space Agency (ESA)*. Program observasi ini bertujuan untuk menyediakan informasi yang akurat, tepat waktu dan mudah diakses untuk meningkatkan pengelolaan lingkungan, memahami dan mengurangi dampak perubahan iklim dan menjamin keamanan sipil (ESA, 2016).

Sentinel-1 adalah seri satelit observasi bumi yang memiliki sensor SAR (*Synthetic Aperture Radar*) *c-band* dengan dua buah satelit yakni Sentinel-1a dan Sentinel-1b yang mengorbit secara tandem berjauhan 180° . Masing-masing satelit mampu melakukan *repeat cycle* setiap 12 hari dan dengan konstelasi kedua satelit tersebut membuat Sentinel-1 memiliki *repeat cycle* setiap 6 hari. Sentinel-1 juga membawa laser untuk mentransmisikan data ke *European Data Relay System geostationary* untuk pengiriman data berkelanjutan. Adapun spesifikasi satelit Sentinel-1 dapat dilihat pada tabel 1

Sentinel-1 memiliki empat mode pengamatan. Mode utamanya adalah mode *Interferometric Wide-swath* (IW), dan mode *Wave* (WV). Untuk alasan kontinuitas dan kebutuhan pengguna yang ada mode *Strip Map* (SM), *Extra Wide-swath* (EW). Perbedaan spesifikasi empat mode tersebut dapat dilihat di gambar.



Gambar 1 Model Operasi Sentinel
(Sumber: ESA, 2013)

Lifetime	7 years (consumables for 12 years)
Orbit	Near-polar Sun-synchronous orbit at 693 km altitude; 12-day repeat cycle; 175 orbits per cycle
Mean local solar time	18:00 at ascending node
Orbital period	98.6 min
Maximum eclipse duration	19 min
Attitude stabilisation	3-axis stabilised
Attitude accuracy	0.01° (each axis)
Instrument	Right looking with respect to the flight direction
Steering	Zero Doppler yaw steering and roll steering (−0.8° to +0.8°)
Attitude profile	Geocentric and geodetic
Orbit knowledge	10 m (each axis, 3 σ) using GPS
Operative autonomy	96 h
Launch mass	2300 kg (including 130 kg mono-propellant fuel)
Dimensions (stowed)	3900 × 2600 × 2500 mm
Solar array average power	5900 W (end-of-life)
Battery capacity	324 Ah
Satellite availability	0.998
S-band TT&C data rates	64 kbit/s telecommand; 128 kbit/s – 2 Mbit/s telemetry (programmable)
X-band downlink data rate	2 × 260 Mbit/s
Launcher	Soyuz from Kourou

Gambar 2 Spesifikasi Umum satelit sentinel-1 Sumber
(Sumber: ESA, 2012)

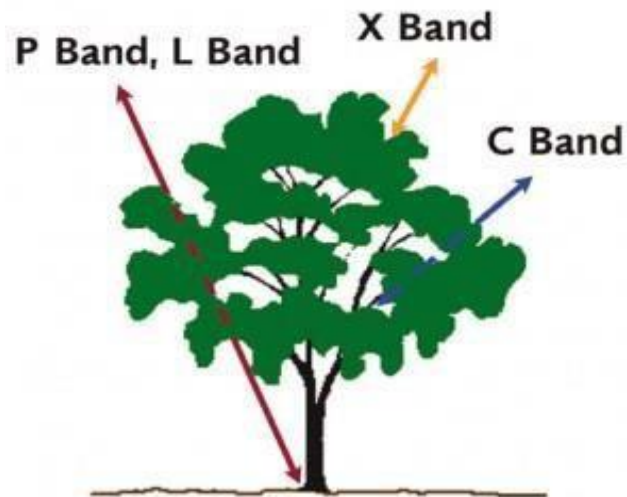
Misi Sentinel-1 ada beberapa macam. Misalnya, layanan yang berhubungan dengan pemantauan luasan laut es Arktik, pemetaan rutin es laut, pengawasan lingkungan laut, termasuk pemantauan tumpahan minyak dan deteksi kapal untuk keamanan maritim, pemantauan lahan permukaan untuk risiko gerakan permukaan, pemetaan untuk hutan, air dan pengelolaan tanah dan pemetaan untuk mendukung bantuan kemanusiaan dan situasi krisis. Sentinel-1 mempunyai mode pengamatan spesifik untuk misi-misi tersebut yang mana dapat dilihat di tabel

Parameter	Interferometric Wide-swath mode (IW)	Wave mode (WV)	Strip Map mode (SM)	Extra Wide-swath mode (EW)
Polarisation	Dual (HH+HV, VV+VH)	Single (HH, VV)	Dual (HH+HV, VV+VH)	Dual (HH+HV, VV+VH)
Access (incidence angles)	31° – 46°	23° + 37° (mid-incidence angle)	20° – 47°	20° – 47°
Azimuth resolution	20 m	5 m	5 m	40 m
Ground range resolution	5 m	5 m	5 m	20 m
Azimuth and range looks	Single	Single	Single	Single
Swath	250 km	Vignette 20 × 20 km	80 km	410 km
Maximum noise-equivalent sigma zero (NESZ)	-22 dB	-22 dB	-22 dB	-22 dB
Radiometric stability	0.5 dB (3 σ)	0.5 dB (3 σ)	0.5 dB (3 σ)	0.5 dB (3 σ)
Radiometric accuracy	1 dB (3 σ)	1 dB (3 σ)	1 dB (3 σ)	1 dB (3 σ)
Phase error	5°	5°	5°	5°

Gambar 3 Karakteristik Model Pengamatan Sentinel-1 Sumber (Sumber: ESA, 2012)

Resolusi Citra pada Sentinel-1 bergantung pada jenis mode pengamatan datanya. Misalnya pada mode *IW*, resolusi yang didapat sekitar 5 x 20 m dengan *pixel spacing* maksimal sekitar 17,4 m. Sehingga skala peta yang dapat diperoleh dengan menggunakan formula dari *Waldo Tobler (1987)* adalah sebesar 1:50000. Adapun ketelitian untuk akurasi dari pengamatan Citra Sentinel-1 dan tingkat resolusi mode pengamatan lainnya dalam produk *SLC*.

Selain akurasi pengamatan dan resolusi data, perlu diperhatikan juga karakteristik sensor gelombang pada Sentinel-1 terhadap penggunaan datanya. Dalam hal ini berkaitan dengan penetrasi gelombang terhadap objek di permukaan bumi. Kesesuaian objek yang akan diamati terhadap sifat gelombang yang digunakan tentunya akan mempengaruhi ketelitian pada hasil pengamatan. Sentinel-1 menggunakan sensor *c-band* yang mana mempunyai keterbatasan dalam menembus vegetasi dibandingkan *p-band* dan *l-band* namun lebih baik dibandingkan *x-band*.



Gambar 4 Ilustrasi penetrasi kanopi pada jenis – jenis gelombang radar
(Sumber: *PACE Government Services*, 2012)

Citra satelit Sentinel-1 adalah citra yang dihasilkan oleh satelit Sentinel-1 yang dirancang dan dikembangkan oleh ESA dan didanai oleh Komisi Eropa (*European Commission*). Citra satelit sentinel-1 terdiri dari konstelasi dua satelit, Sentinel -1A dan Sentinel - 1B yang berbagi bidang orbit yang sama dengan perbedaan 180° pada pentahapan orbital. Misi dari citra ini adalah menyediakan kemampuan operasional independen untuk pemetaan radar terus menerus dari bumi dengan frekuensi, cakupan, ketepatan waktu dan keandalan ditingkatkan untuk layanan operasional dan aplikasi yang memerlukan seri lama (ESA, 2013). Penelitian kali ini menggunakan citra Sentinel-1A akuisisi mode IW produk GRDH. Karakteristik akuisisi mode IW Sentinel-1A dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Karakteristik Sentinel-1 perekaman *Interferometric Wide Swath Mode (IW)*

No.	Parameter	Interferometric Wide Swath Mode (IW)
1.	<i>Polarisation</i>	<i>Dual</i> (HH+HV, VV+VH)
2.	<i>Access (Insidence Angle)</i>	31° - 46°
3.	<i>Azimuth Resolution</i>	20 m
4.	<i>Ground Range Resolution</i>	5 m
5.	<i>Azimuth and Range Look</i>	<i>Single</i>
6.	<i>Swath</i>	250 km
7.	<i>Maximum noise – equivalent sigma zero (NESZ)</i>	-22 dB
8.	<i>Radiometric Stability</i>	0.5 dB (3 σ)
9.	<i>Radiometric Accuracy</i>	1 dB (3 σ)
10	<i>Phase error</i>	5°

(Sumber Abdurrahman, 2015)

Sentinel-1 merupakan seri satelit pertama dari tujuh misi satelit yang diluncurkan sebagai bagian dari program Copernicus yang digagas oleh *European Commission (EC)* dan *European Space Agency (ESA)*. Seperti satelit SAR ESA sebelumnya, Sentinel-1 memiliki sensor *C-band* dengan dua buah satelit yakni Sentinel-1a dan Sentinel-1b yang mengorbit secara tandem berjauhan 180°. Masing-masing satelit mampu melakukan *repeat cycle* setiap 12 hari dan dengan

konstelasi kedua satelit tersebut membuat Sentinel-1 memiliki *repeat cycle* setiap 6 hari. Sentinel-1 memiliki 4 mode pengamatan dengan mode utama di daratan adalah mode *Interferometric Wide Swath* (IW) dengan resolusi spasial sekitar 5 m x 20 m

.

a) SAR (Synthetic Aperture Radar)

Pada awalnya panjang antenna menentukan resolusi spasial pada arah sepanjang lintasan (*azimuth*). Semakin panjang antenna semakin tinggi resolusi yang dicapai (semakin teliti). Akan tetapi ini merupakan kendala, karena sangat sulit menempatkan antenna yang sangat panjang pada suatu wahana. Sehingga dengan demikian berkembang sistem baru yang dikenal dengan Radar Aperture Sintesa (*Synthetic Aperture Radar-SAR*) (Ismullah, 2000). *Synthetic Aperture Radar* atau sering disebut SAR hadir untuk mengatasi keterbatasan dari sistem RAR (*Real Aperture Radar*) yaitu penggunaan antenna pada RAR yang semakin panjang untuk mendapatkan resolusi spasial citra yang semakin tinggi. Dengan ukuran antenna yang kecil sistem SAR mampu memberikan hasil ketelitian tertinggi dengan memanfaatkan keuntungan dari prinsip *Doppler* pada perambatan gelombang radio dengan frekuensi tertentu, terutama dari gema yang dihasilkan dari perputaran suatu benda di depan satelit untuk mensintesis sebuah antenna besar. Prinsip *Doppler* ini mengacu pada perubahan frekuensi atau panjang gelombang yang dihasilkan dari pergerakan relatif antara sensor dan target (Putri dkk., 2018). Teknik ini mengkombinasikan sinyal pantul (*echoes*) yang diterima oleh sistem radar sepanjang lintasan penerbangan, diolah sedemikian rupa sehingga seolah-olah kita menggunakan antenna yang panjang.

SAR menggunakan sensor gelombang mikro aktif dengan teknik perekaman menyamping. Karena bersifat aktif maka sensor mentransmisikan sinyal gelombang mikro (radio) ke arah objek atau permukaan bumi kemudian merekam kembali seberapa besar hamburan balik dari objek. Berdasarkan waktu perjalanan pulsa radar dapat diperhitungkan jarak objek, sedangkan berdasarkan intensitas tenaga baliknya (*backscatter*) dapat ditaksir jenis objeknya (Bayanuddin AA, dkk 2016).

b) RADAR (radio detection and ranging)

Radar merupakan singkatan dari *radio detection and ranging* yang berarti deteksi dan penjangkauan melalui gelombang radio. Radar sendiri merupakan sensor aktif, dikatakan “aktif” karena radar menghasilkan sumber energi sendiri dalam menyinari permukaan bumi dan menerima pantulan berbagai objek (*back scattering*) melalui sensor yang berisikan informasi amplitudo dan fase (Budi, Muhammad, dkk 2019). Radar (*Radio Detection and Ranging*) mengukur daya dan waktu yang diperlukan suatu sinyal gelombang mikro yang dipancarkan oleh antena radar dan dipantulkan oleh suatu objek ataupun suatu permukaan. Panjang gelombang mikro yang digunakan berkisar dalam rentang 1 milimeter hingga 1 meter, atau pada frekuensi sekitar rentang 300 MHz hingga 30 GHz. Dengan demikian sistem radar memancarkan pulsa dan mengukur pantulan yang diterima kembali (*backscatter*).

Dua jenis radar pencitraan yang paling umum digunakan adalah:

1. RAR → *Real Aperture Radar*
2. SAR → *Synthetic Aperture Radar*

2.5 DInSAR

Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) adalah teknologi pencitraan radar ke samping dengan memanfaatkan perbedaan fasa dua atau lebih citra SAR dengan akuisisi yang berbeda dalam pengolahannya untuk mendapatkan topografi dan deformasi. Untuk menghitung model deformasi, pada teknologi DInSAR (Castaneda, dkk., 2011) menggunakan hitungan model

$$\Delta \phi = \Delta \phi_{\text{topo}} + \Delta \phi_{\text{defo}} + \Delta \phi_{\text{atm}} + \Delta \phi_{\text{ion}} + \Delta \phi_{\text{noise}} + \dots \quad (\text{II.1})$$

Keterangan Rumus:

$\Delta \phi$ = Beda Fase
 $\Delta \phi_{\text{topo}}$ = Fase Topografi
 $\Delta \phi_{\text{defo}}$ = Fase Deformasi

atm = Fase Atmosferik
orb = Fase Orbit

Tujuan utama DInSAR adalah untuk mengekstrak total *fasa* yang hanya diakibatkan oleh deformasi dengan menghapus atau meminimalkan hal-hal lain yang berkontribusi. Kontribusi dari sistem *noise* sulit untuk dimodelkan dan bisaanya diabaikan. Pengaruh Atmosfer dapat ditekan dengan citra lebih atau dikoreksi dari sumber lain (seperti GPS). Kemudian informasi utama berasal dari topografi dan deformasi yang mana jika Topografi diketahui kita dapat menentukan deformasi.

Ada dua cara mengimplementasikan DInSAR. Salah satunya adalah dengan *elevation model* (DEM) eksternal dan dengan menggunakan ekstra citra radar untuk mensimulasi topografi. Metode dengan menggunakan DEM eksternal hanya membutuhkan dua citra radar, dengan asumsi deformasi yang terjadi saat akuisisi tersebut dan dikenal dengan metode *two-pass*. Metode yang kedua tidak membutuhkan data lain selain data radar. Referensi topografi di sini dibuat dengan tambahan data radar yang diperoleh, tiga atau empat citra yang digunakan dan secara berurutan disebut dengan metode *three-pass* dan *four-pass*. Dalam dua hal *difference* yang dibuat antara 2 interferogram, satu diantaranya hanya mengandung topografi (*topographic pair*) dan yang lainnya mengandung topografi dan deformasi (*deformation pair*). Resultan dari tiap *fringe* merepresentasikan setengah panjang gelombang deformasi dalam arah *radar line of sight*. Dengan menghitung *fringe* yang terlihat, kuantitas deformasi dapat ditentukan (Sharav, A., 2003).

Dalam pengolahan DInSAR ada beberapa tahapan-tahapan dalam (Prasetyo, 2014) yang dilakukan antara lain.

a. Pembentukan Interferogram *Single Look Complex*

Pembentukan interferogram dilakukan dengan menghitung lebih dahulu bentuk kompleks konjugasi antara citra utama (*master*) dengan citra kedua (*Slave*).

b. *Baseline Coherence*

Berdasarkan algoritma estimasi presisi yang didasarkan atas metode estimasi.

pembobotan dari bentuk korelasi fasa dan kesalahan DEM (*weighted Estimation of Correlated Phase Terms and DEM error*) (Agram P.S. dkk., 2001).

c. Koregistrasi Citra

Proses koregistrasi citra (*image matching*) adalah proses untuk mengetahui apakah terdapat kesesuaian antara citra pertama (*master image*) dengan citra kedua (*slave image*). Tingkat kesesuaian (keidentikan) ditunjukkan dengan nilai koherensi 0 sampai 1. Pada tahapan ini juga dilakukan proses *Multilooking*.

d. Penapisan Adaptif (*Filter Goldstein*) dan Pembentukan Koherensi

Penapisan adaptif (*filter goldstein*) merupakan salah satu teknik reduksi *speckle*. Di dalam tahapan pengolahan data yang digunakan teknik penapisan *Goldstein* dimana teknik ini memiliki ketangguhan (*robust*) dalam mereduksi bising fasa (*Phase Noise*) dimana merupakan fungsi dari koherensi dan nilai *multilook* dari interferogram.

e. *Refinement* dan *Reflattening*

Reflattening bertujuan untuk mendatarkan citra ke bidang proyeksi akibat pengaruh dari pencitraan ke samping (*side looking*). Pada tahap *refinement* dan *reflattening* ini dilakukan koreksi ulang terhadap residual *fringe* topografi dan parameter orbital dengan cara melakukan iterasi penapisan berdasarkan beberapa pilihan teknik antara lain: *default*, *orbital* dan *phase removal*.

f. *Phase Unwrapping*

Informasi pada interferogram masih terbatas antara $0 - 2\pi$ saja, sehingga menimbulkan masalah ambiguitas. Untuk mengatasi ambiguitas ini adalah dengan melakukan *phase unwrapping*. Hal ini bertujuan untuk menentukan fase absolut interferometrik dari fase relatif karena berhubungan langsung dengan topografi dan deformasi.

g. Konversi Fasa ke Tinggi dan *Geocoding*

Proses *Geocoding* adalah proses untuk mengikatkan semua titik tersebut terhadap suatu referensi koordinat tertentu dimana hitungan untuk mendapatkan posisi titik di permukaan bumi dilakukan dengan menggunakan beberapa persamaan. teknologi DInSAR mampu menghasilkan akurasi hingga fraksi milimeter per tahun. Namun berdasarkan tahapan pemrosesannya terdapat sumber-sumber kesalahan dan koreksi pengamatan yang perlu dilakukan.

Sumber-sumber tersebut antara lain pengaruh atmosfer, ketidaksesuaian (dekorelasi) dan distorsi geometrik.

2.6 Uji Signifikansi

Uji signifikansi dilakukan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter. Uji beda dalam hal ini digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan parameter koordinat yang didapat dari masing-masing skenario pengolahan. Uji signifikansi perbedaan ini menggunakan uji-t *student*.

Uji-t merupakan jenis pengujian statistik untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan dari nilai yang diperkirakan dengan nilai hasil perhitungan statistik. Uji-t pada dasarnya menunjukkan seberapa jauh pengaruh suatu variabel bebas secara individual dalam menerangkan variasi variabel terikat. Uji ini dapat dilakukan dengan membandingkan t hitung dengan tabel distribusi t. Adapun persamaan dalam penyusunan uji-t dapat dilihat pada persamaan 12 dan 13 (Widjajanti, 2010).

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2}} \dots\dots\dots (5)$$

$$|t| > t_{df, \alpha/2} \dots\dots\dots (6)$$

Dalam persamaan ini:

t : Nilai t hitung

X1 : Nilai koordinat kelompok 1

X2: : Nilai koordinat kelompok 2

σ^2_{x1} : Varian koordinat kelompok 1

σ^2_{x2} : Varian koordinat kelompok 2

$t_{df, \alpha/2}$: Distribusi t pada tabel t dengan kepercayaan sebesar α

Hipotesis nol : $H_0: DH_{i-j} = 0$

Hipotesis satu : $H_1: DH_{i-j} \neq 0$

Dengan nilai $\alpha/2$ dan df maka dicari nilai t-Tabel dalam tabel distribusi t, selanjutnya nilai t-hitung dengan nilai t-Tabel yang diuji. Apabila: $t_{hitung} > t_{Tabel}$, maka H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan. $t_{hitung} < t_{Tabel}$, maka H_0 tidak ditolak yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

2.7 Metode Resampling

Metode Resampling Resampling citra merupakan suatu proses transformasi citra dengan cara memberikan nilai piksel citra terkoreksi. Pelaksanaan resampling dilakukan dengan proses transformasi dari suatu sistem koordinat ke sistem koordinat yang lain. Hubungan antara kedua sistem koordinat dinyatakan dengan fungsi pemetaan transformasi spasial. Proses transformasi ini dikenal dengan sebutan registrasi citra, yaitu penggunaan titik kontrol tanah pada proses koreksi geometrik (Purwadhi, 2001)

1. Nearest Neighbour Metode ‘tetangga terdekat’ atau nearest neighbour merupakan algoritma interpolasi yang paling sederhana, di mana harga interpolasi yang diberikan pada suatu titik adalah sama dengan harga titik sampel masukan terdekat dengan titik yang diinterpolasi. Metode ini memiliki keunggulan yaitu perhitungan sederhana dan menghindari pengubahan nilai piksel (Purwadhi, 2001).
2. Bilinear Interpolation Interpolasi bilinear merupakan transformasi polinomial tingkat pertama dan melalui satu garis lurus pada setiap dua titik masukan yang berurutan. Metode interpolasi bilinear pada proses registrasi citra menggunakan dua persamaan linier, di mana proses interpolasi dilakukan dengan memperhitungkan pengaruh distribusi tingkat keabua piksel tetangga atau perkiraan rata-rata tertimbang dari empat piksel dalam proses interpolasi (Purwadhi, 2001).
3. Cubic Convolution Metode ini ditentukan oleh rata-rata tertimbang 16 pixel terdekat ke input koordinat. Kemudian yang nilai diberikan ke koordinat baru. Teknik resampling ini menghitung rata-rata jarak tertimbang dari sebuah blok dengan enam belas pixel dari gambar asli yang mengelilingi lokasi baru pixel tersebut (Santhosh Baboo, 2010)

2.8 Studi Literatur

Berikut adalah kajian penelitian terdahulu yang menjadi referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian ini.

Tabel 2 Studi Literatur

No	Nama	Tahun	Judul	Kesimpulan
1.	Bagas Setyadi . Rustadi	2019	Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Dengan Small Baseline Subset Differential Interferograms Di Kota Bandar Lampung.	Jenis penggunaan lahan sangat mempengaruhi reabilitas data, semakin dinamis suatu area maka informasi kecepatan deformasi yang terukur dengan teknik SBAS menjadi semakin tidak relevan untuk pengukuran gejala deformasi dalam skala milimeter. Teknik SBAS cukup reliabel untuk mengetahui gejala deformasi di Kota Bandar Lampung yang ditunjukkan oleh bukti-bukti kerusakan struktur bangunan dan jalan raya, serta jejak penurunan muka tanah pada tiang jaringan listrik. Indikasi penurunan muka tanah tidak merata di semua tempat, namun secara rata-rata Kota Bandar Lampung Mengalami penurunan muka tanah dengan kecepatan 0,06 mm/tahun dengan trend yang cenderung linier. Penurunan muka tanah dengan kecepatan lebih dari 5 mm/tahun secara spasial memiliki dua pola, yaitu patchy ($< 10 \text{ km}^2$) pada daerah pesisir Teluk Lampung dan di Kecamatan Kemiling, serta lokal ($10\text{--}100 \text{ km}^2$) di bagian Timur Kota Bandar Lampung, yaitu di daerah Tanjung Karang Timur. Penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung terjadi karena proses alam (aktivitas tektonik) dan juga akibat kegiatan manusia (industri, pertambangan, ekstraksi air tanah, dan alih fungsi lahan). Faktor-faktor tersebut mempengaruhi kecepatan penurunan muka tanah secara

				individual ataupun secara simultan.
2.	Lukman Jundi Fakhri Islam, Yudo Prasetyo, Bambang Sudarsono	2017	Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Dengan Metode DinSAR Di Kota Semarang Pada Perangkat Lunak SNAP	Berdasarkan hasil studi literatur, pengolahan data sampai analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan berikut: Penurunan muka tanah mempunyai nilai yang bervariasi di setiap wilayah dimana Kota Semarang bagian utara cenderung mengalami penurunan tanah yang lebih besar dibandingkan Kota Semarang bagian selatan atau yang sering disebut Semarang atas. Adapun Semarang atas yang mengalami penurunan tinggi berada di Kecamatan Gunungpati, Ngaliyan dan Mijen.
3.	Bambang Darmo Yuwono, Hasanuddin Z. Abidin, Muhammad Hilmi	2013	Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah Di Kota Semarang	Laju penurunan muka tanah yang tinggi berkisar 6 – 12 cm di titik pantau (BM Pasut, BMTKPS, 017, 009, BM1) yang berada di sebelah utara zona III dan titik pengamatan penurunan tanah (BTBR, C3, SMG5, ISLA, RMPA) yang berada di sebelah utara Hasil analisa geospasial ditunjukkan di titik titik pemantauan penurunan tanah yang berada di Zona IV dan Zona III menunjukkan nilai sebagai berikut 1. Perubahan muka air tanah yang cukup tinggi antara 1.2 – 1.4 m per tahun 2. Nilai Indek Kompresibilitas berkisar 0.6 sd 0.9 3. Skala Pembebanan mencapai 3 – 4. Sedangkan laju penurunan muka tanah rendah berkisar 0 – 3 cm per tahun dijumpai di titik pantau (PBR1, SMG2, 1106, AY5 dan T447) yang berada di zona I

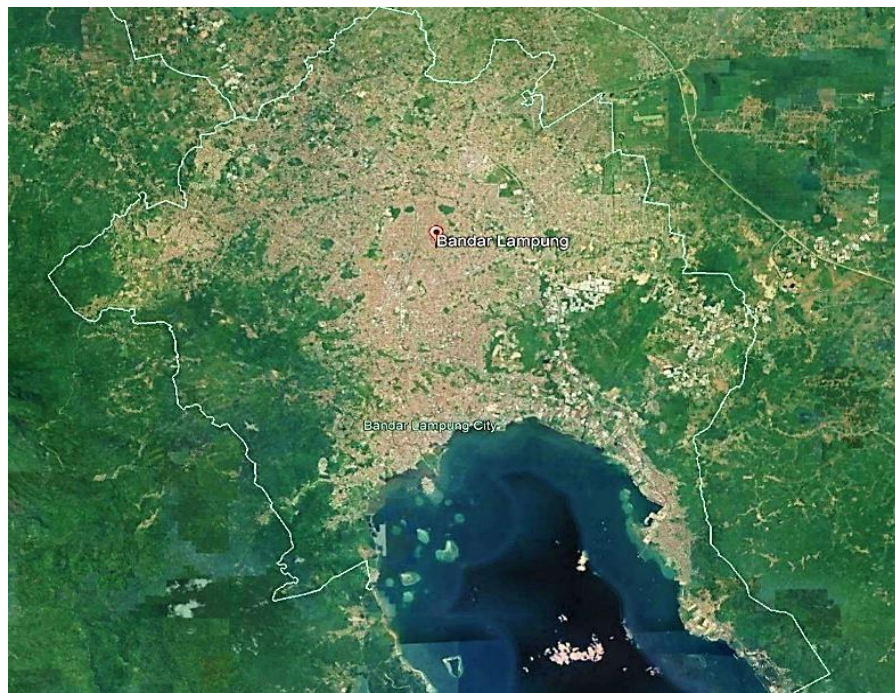
				dan zona II, dengan nilai sebagai berikut; 1. Perubahan muka air tanah rendah 0.00 – 0.20 m per tahun 2. Nilai Indek Kompresibilitas berkisar < 0.2 sd 0.3 3. Skala pembebanan mencapai 1 - 2 Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dilihat bahwa daerah yang memiliki laju penurunan muka tanah tinggi antara 9 - 13 cm/tahun berada di sekitar lokasi titik - titik pengamatan penurunan muka tanah dengan skala faktor penyebab tinggi dijumpai di sebelah utara zona IV dan zona III, begitu pula dengan daerah yang memiliki laju penurunan muka tanah rendah antara 0 - 3 cm/tahun berada di sekitar lokasi titik - titik pengamatan penurunan muka tanah dengan skala factor penyebab rendah dijumpai di titik pengamatan penurunan muka tanah yang berada di zona I dan zona II. Hal tersebut menggambarkan bahwa terdapat korelasi yang positif antara pemanfaatan air tanah, konsolidasi dan pembebanan terhadap penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Semarang. Ketiga faktor tersebut mempengaruhi penurunan muka tanah secara bersama - sama dan simultan.
4.	Zaeudin, A., Darmawan, I.G.B., Armijon, dan Minardi	2017	Pendugaan Penurunan Tanah (<i>Land Subsidence</i>) di Bandar Lampung Dengan Metode InSAR dan Gaya Berat Mikro	Teknik InSAR SBAS dapat menunjukan fakta awal akan fenomena <i>subsidence</i> secara praktis dan efisien. Tindak lanjut dengan metode gayabarat mikro dan GPS Geodetic dapat menjadi analisis yang lebih mendalam dalam mengkarakterisasi <i>land subsidence</i> tersebut. <i>Land subsidence</i> di Bandar Lampung teridentifikasi dengan kecepatan di atas 5 mm/tahun dan yang tertinggi 30 mm/tahun. <i>Subsidence</i> terbesar cenderung

				terjadi di bagian pesisir Teluk Lampung. Hal ini berkaitan dengan pola Anomali Bouguer yang relatif rendah, diduga berkaitan dengan batuan sedimen (Formasi Qtl) yang cenderung tebal di bagian pesisir ini. Pola <i>subsidence</i> di sekitar Way Halim diduga berkaitan dengan aktivitas sesar Panjang-Lampung. Secara spasial <i>land subsidence</i> memiliki dua pola utama, yaitu <i>patchy</i> (<10 km²) pada daerah pesisir Teluk Lampung dan di Kecamatan Kemiling, serta lokal (10 – 100 km²) di bagian Timur Kota Bandar Lampung.
--	--	--	--	---

III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian Tugas akhir ini akan dilakukan di wilayah Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung dengan letak geografis $5^{\circ}25'46.6''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}15'45.26''$ Bujur Timur. Kota Bandar Lampung memiliki luas $197,22 \text{ km}^2$. Penelitian ini akan melakukan pengolahan pada data citra sentinel-1 dengan satelit SA pada perekaman 2018 dan citra sentinel-1 dengan satelit SA 2019 yang akan dibandingkan dengan pengamatan langsung dengan pengukuran GNSS pada tahun 2018-2019.



Gambar 5 Citra satelit Kota Bandar Lampung
(Sumber: Google Maps, diakses pada 27 mei 2020)

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan meliputi:

3.2.1 Data

- a. Citra Sentinel-1 wilayah Kota Bandar Lampung Lampung. perekaman tahun 2018
- b. Citra Sentinel-1 wilayah Kota Bandar Lampung Lampung. perekaman tahun 2019
- c. Data DEM pada daerah Kota Bandar Lampung
- d. Peta administrasi daerah Kota Bandar Lampung

3.2.2 Perangkat Keras

- a. Laptop Lenovo dengan spesifikasi *Processor* NVIDIA 2.80GHz, RAM 8,00 GB, sistem operasi 64-bit.
- b. Printer untuk mencetak laporan dan peta-peta.
- c. Alat tulis.
- d. Mouse

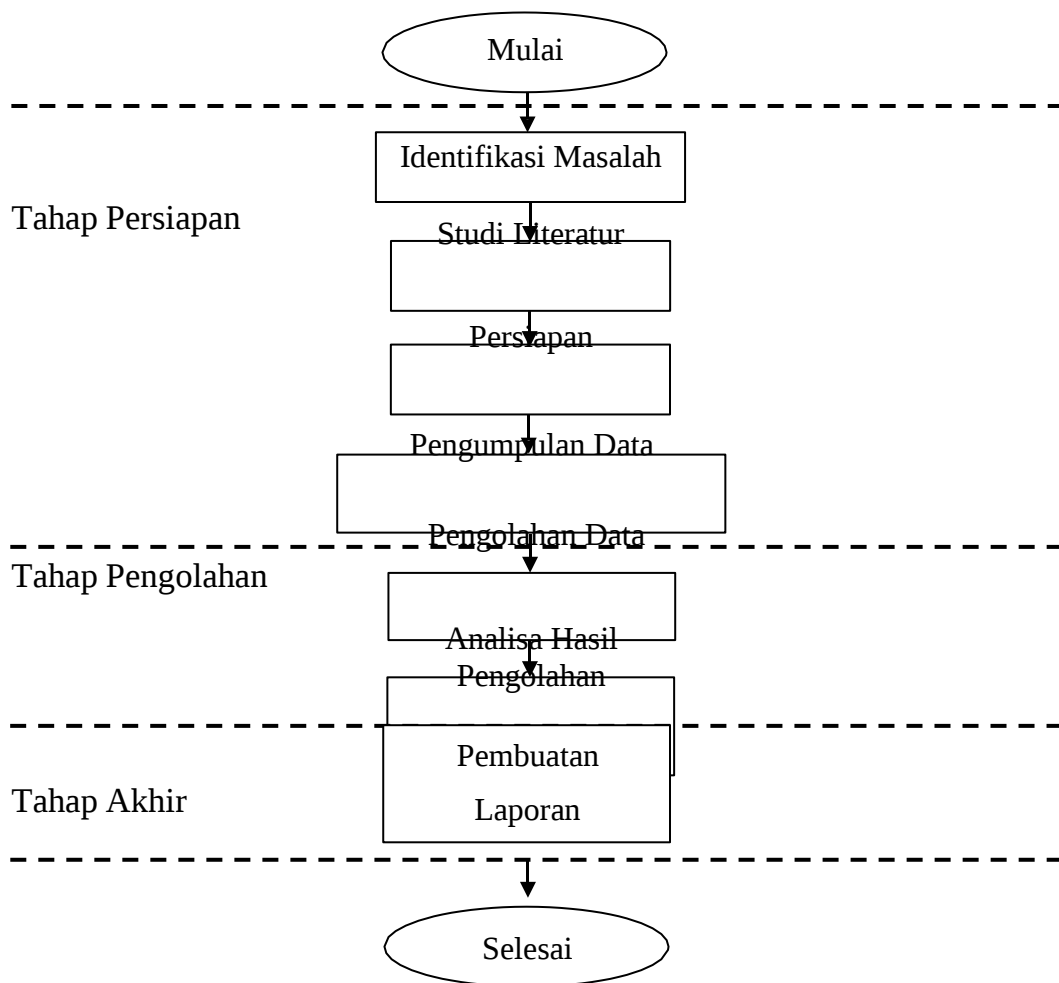
3.2.3 Perangkat Lunak

- a. Perangkat lunak SNAP S1-Toolbox 7.0
- b. Perangkat lunak SNAPHU S1-Toolbox 7.0
- c. Perangkat lunak Ms. Word 2016.
- d. Perangkat lunak Ms. Excel 2016
- e. Perangkat lunak google earth pro
- f. Perangkat lunak ENVI seri 5.3
- g. Perangkat lunak Google Earth Pro
- h. Perangkat lunak Arcgis versi 10.3

3.3 Metode

Metode penelitian yang digunakan mencakup beberapa tahap mulai dari tahap persiapan, pengolahan data dan juga tahap analisa. Secara keseluruhan, tahap pengolahan data penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:

Diagram Alir Penelitian



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, persiapan yang dilakukan adalah:

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan langkah awal yang sangat penting dalam proses penelitian. Setelah menangkap fenomena untuk diteliti, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah dari fenomena yang diamati tersebut. Identifikasi masalah dilakukan agar dapat melihat dengan jelas tujuan dan sasaran penelitian. Dalam penelitian ini permasalahan yang diangkat adalah mengetahui perbedaan beda phase yang nantinya akan disajikan dalam bentuk informasi mengenai penurunan muka tanah, sebagai upaya dari mitigasi bencana.

2. Studi Pustaka

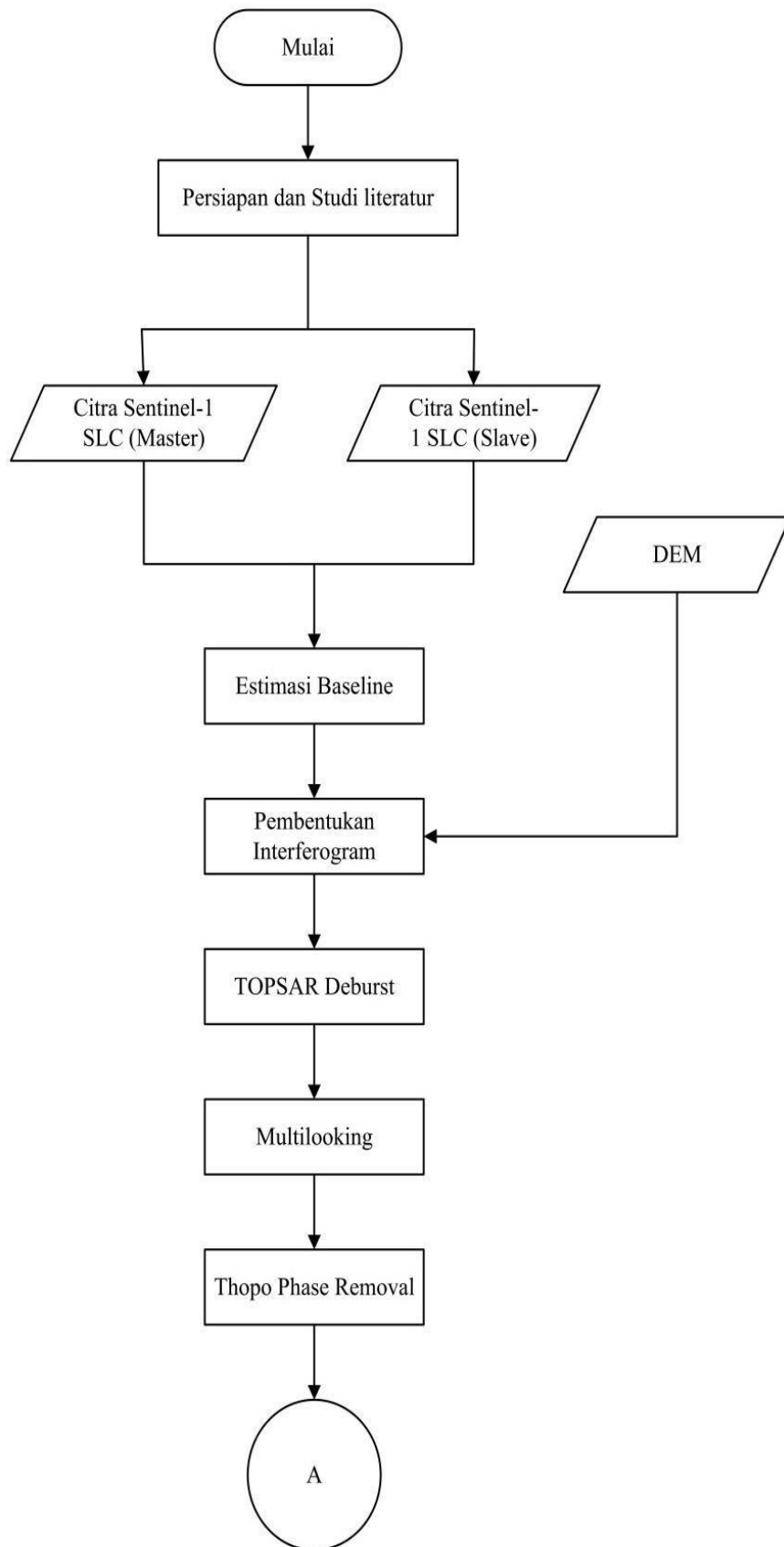
Studi pustaka dilakukan untuk mengidentifikasi dan memahami latar belakang masalah dalam penelitian dengan mencari informasi melalui buku, berita, jurnal, artikel, serta laporan terkait penelitian. Dalam penelitian ini mengenai penurunan muka tanah di Bandar Lampung peneliti menggunakan referensi penelitian sebelumnya sebagai bahan acuan dalam menghadapi masalah pada penelitian kali ini.

3. Pengumpulan Data

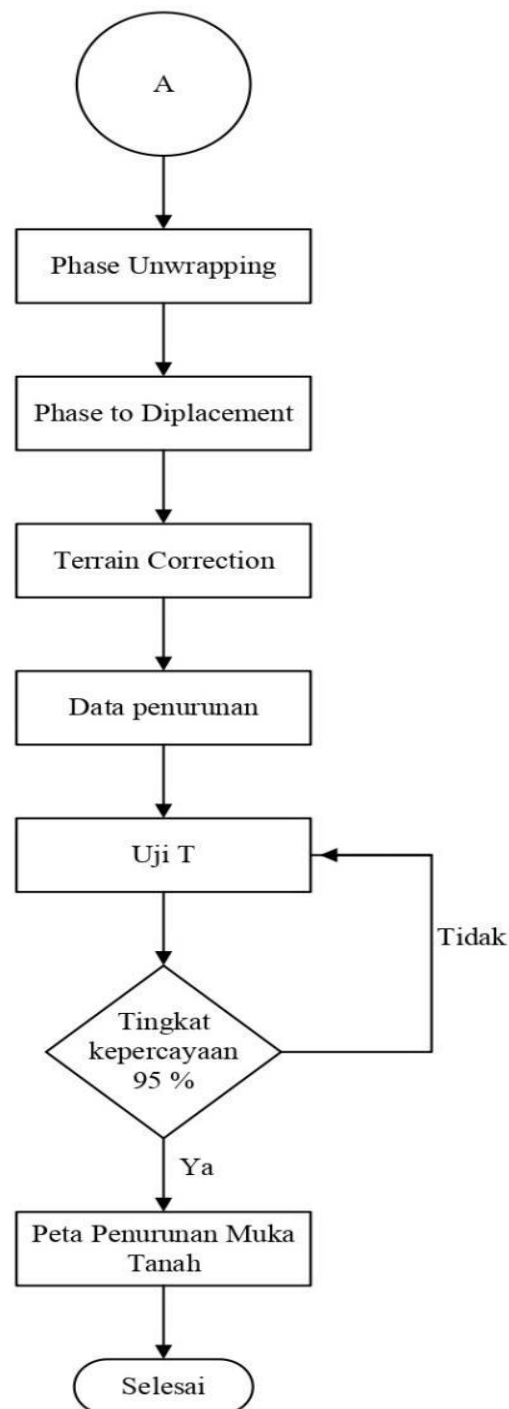
Pengumpulan data merupakan kegiatan mencari data yang akan digunakan untuk menjawab permasalahan penelitian. Dalam penelitian ini penulis melakukan pengunduhan data dari berbagai situs web <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/> dan <https://scihub.copernicus.eu/> guna memperbanyak variasi dalam penelitian yang akan digunakan nanti. Pengunduhan peta administrasi kota Bandar Lampung pada Badan Informasi Geospasial (*BIG*) berupa data shp.data hasil pengukuran penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung pada tahun yang sama yaitu 2018-2019.

3.3.2 Tahapan pengolahan

Tahapan pengolahan dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini:



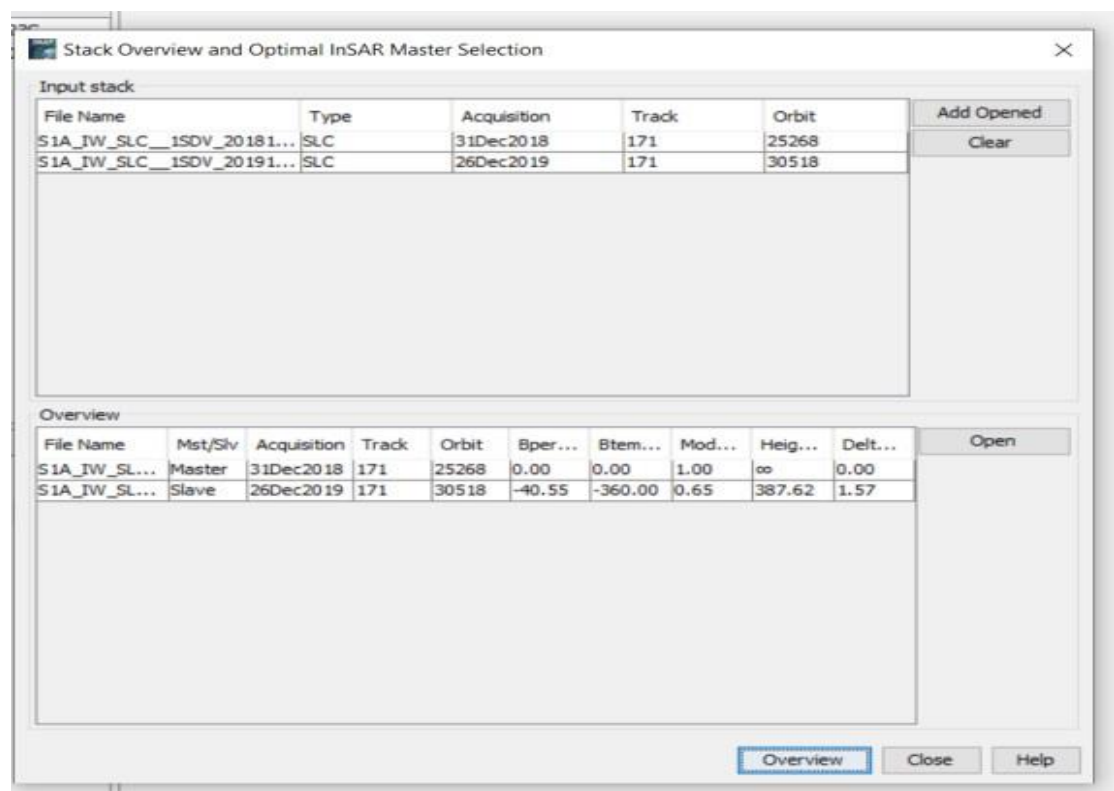
Gambar 7 Diagram alir Pengolahan



Gambar 8 Diagram Alir Lanjutan

Pada pengolahan ini dibutuhkan dua buah citra yaitu Citra sentinel 1 SLC (master) pada perekaman 2018 merupakan citra dengan tahun perekaman lebih dahulu dari citra sentinel 1 SLC pada perekaman 2019 yang dijadikan (*slave*). Sebelum pengolahan dimulai sebaiknya data dilakukan *Unrar* terlebih dahulu sebelum

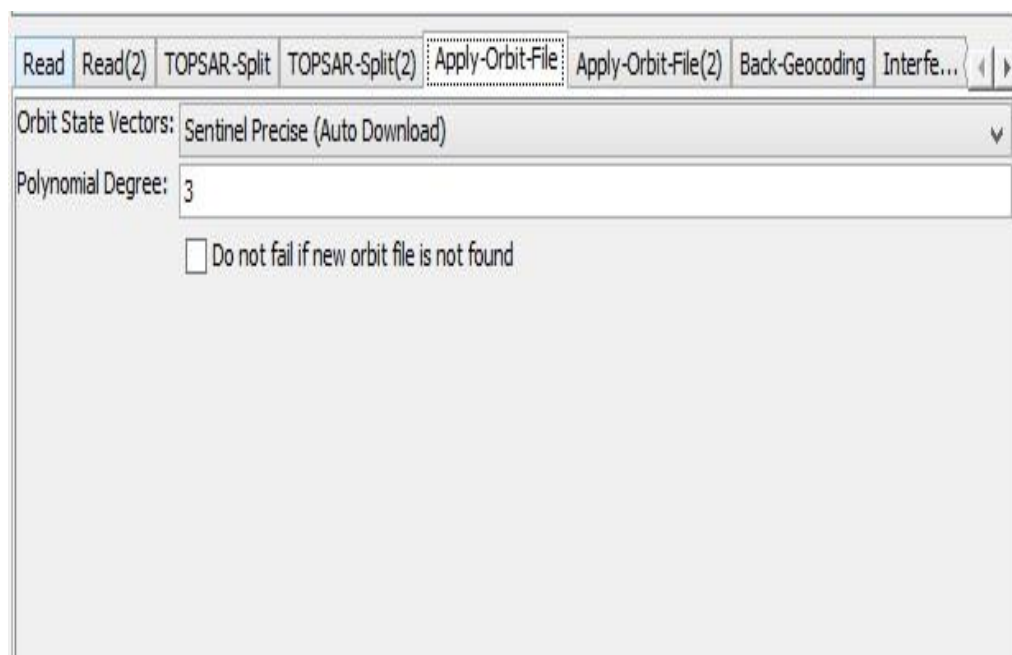
proses dilakukan agar pengolahan dapat berjalan dengan lancar, meskipun data dapat dibuka langsung dalam format rar. Lanjut dengan *estimasi baseline* dimana pada proses ini dilakukan untuk mengetahui Informasi yang ada berupa nama *file*, keterangan citra master atau Slave yang digunakan dalam menampilkan informasi *overview* ini, nomor track dan orbit satelit, baseline perpendicular, resolusi temporal, nilai perkiraan *koherensi* kedua citra, ambiguitas tinggi dan nilai *delta fDC*



Gambar 9 *Estimasi baseline*
 Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis (2022)

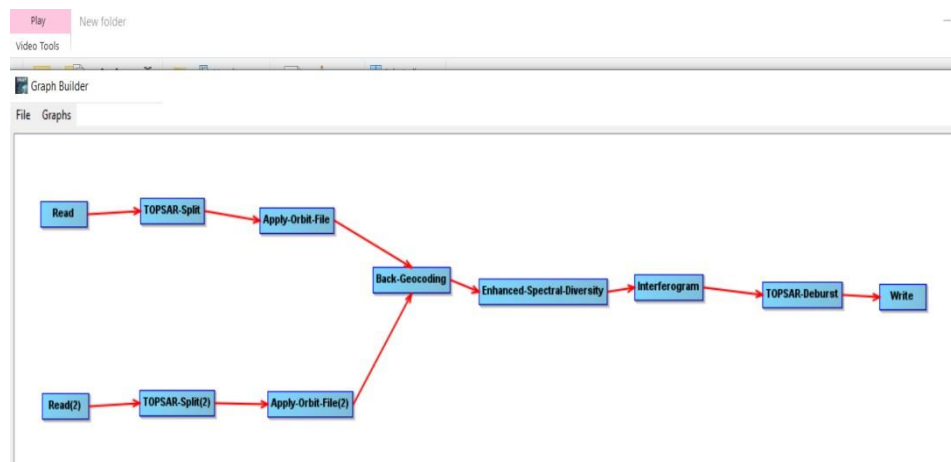
Setelah kita dapat menentukan pasangan citra melalui informasi dari *estimasi baseline* mulai lakukan tahapan pertama *DInSAR* yakni *Koregistrasi*. Khusus untuk citra radar dari Sentinel-1 yang mana menggunakan mode akuisisi *TOPSAR*, maka kita perlu menggunakan koregistrasi khusus untuk mode *TOPSAR*. Pada SNAP kita bisa menggunakannya dengan cara klik

Radar Coregistration S1 TOPS Coregistration S1 TOPS Coregistration. Read (1) adalah citra *master*. Read (2) adalah citra *slave*. TOPSAR-split adalah pemotongan *sub swath*, dan *burst* serta pemilihan polarisasi dalam masing-masing citra. Pengabaian pengaturan langkah ini berarti melakukan proses koregistrasi pada semua burst dalam *sub swath default* yang mana dalam pemrosesannya akan membutuhkan waktu yang lebih lama serta memory RAM yang lebih banyak. Apply-Orbit-file adalah koreksi orbit satelit yang didownload dari server ESA. Back-geocoding menggunakan DEM.



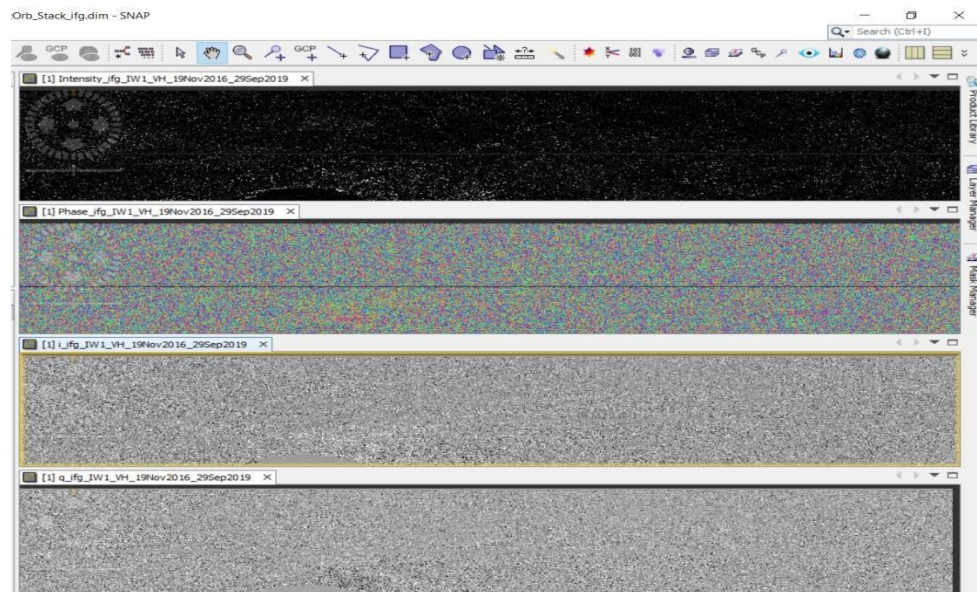
Gambar 10 Coregistration

Resampling DEM dan tipe *resampling coregistrasi* yang tersedia dalam SNAP ada bermacam - macam mulai dari nearest neighbor sampai bicubic interpolation. Hanya saja dalam pengolahan *DInSAR* tidak diperlukan metode resampling yang terlalu halus karena dapat menghilangkan informasi yang ada mengingat resolusi citra Sentinel-1 masih tergolong medium yakni 5x20 m

Gambar 11 *Graph Builder*

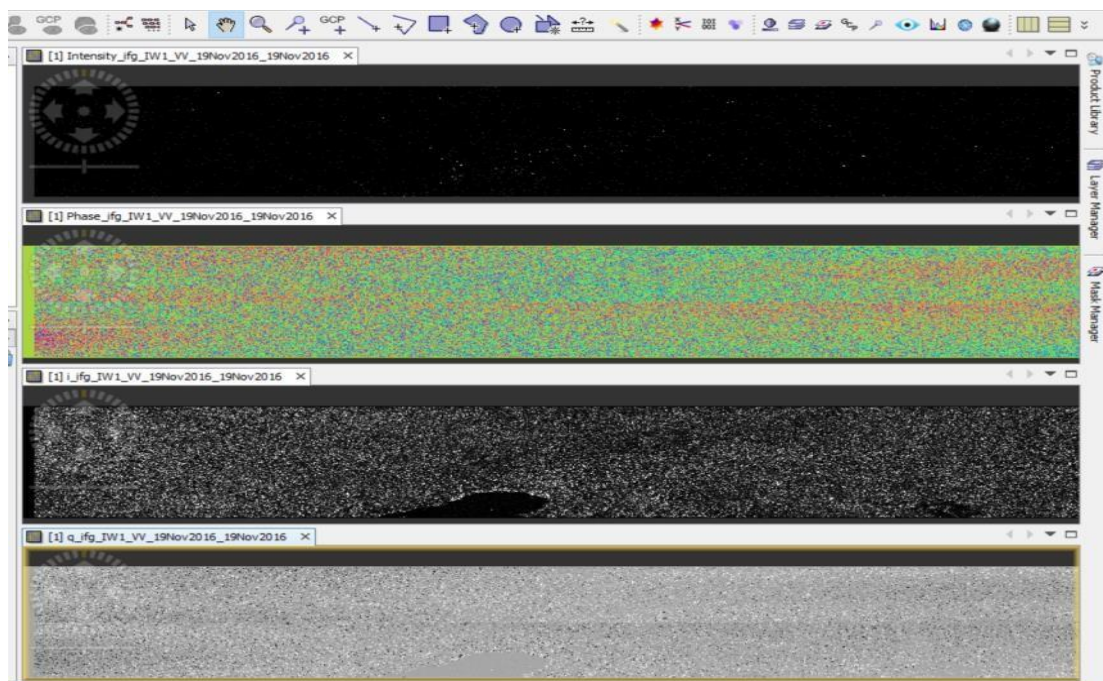
Pada pengolahan *koregrestrasi* dapat dilakukan menggunakan *graph builder* dimana dalam pengolahan ini dapat dilakukan pemrosesan dalam sekali perintah. *Graph builder* ini mampu memproses banyak perintah dalam sekali perintah tetapi memiliki kelemahan yaitu dalam pengolahannya jika ada kesalahan atau *error* pengolah tidak tahu pada saat mana pengolahan yang mengalami *error* tersebut. Karena demikian dalam pengolahan pada penelitian ini digunakan pengolahan manual atau dilakukannya pemrosesan bertahap hal ini dimaksudkan agar pada saat pemrosesan penulis mengetahui *error* pada saat pengolahan di tahap tahap mana saja untuk meminimalisir kesalahan dalam upaya mengurangi waktu pemrosesan pada tahap ini yang membutuhkan waktu cukup lama pada pemrosesan *koregrestrasi* citra sentinel-1 ini.

Selanjutnya pembentukan interferogram lakukan proses pembentukan interferogram dengan cara klik radar interferometric product interferogram formation. Nilai masukan parameter interferogram dapat dilihat pada gambar. Namun saya belum menemukan literatur untuk masukan nilai *coherence range windows size* dan *coherence range windows size* pada Sentinel-1. Hanya saja dalam beberapa penelitian dan *tutorial* yang berkaitan dengan interferometri yang saya temukan menggunakan nilai 10 untuk *coherence range windows size* dan 2 untuk *coherence range windows size*.



Gambar 12 Hasil *Interferogram*

Hasil Interferogram pada gambar masih terpisah tiap burstnya sehingga terlihat ada perpotongan dalam interferogram. Untuk menggabungkan burst lakukan tahapan TOPS DEBURST



Gambar 13 Pasangan citra-1 setelah *Deburst*

Setelah itu masuk langkah *Multilooking*, langkah ini diperlukan untuk mendapatkan hasil unwrapping yang optimal. Proses ini juga dapat mereduksi *speckle noise* yang bisaanya terdapat dalam SAR. Akan tetapi proses ini dapat mereduksi resolusi horizontal citra.

Tahapan selanjutnya adalah pengurangan fase topografi menggunakan DEM (*Digital Elevation Model*) eksternal di menu *Topographic Phase Removal*. Langkah ke 8 ini merupakan langkah yang penting untuk metode *DInSAR*. Pengabaian langkah ini bisaanya bertujuan untuk mengekstraksi DEM dari Interferogram. Dalam pengaturannya, SNAP memberikan pilihan auto download untuk DEM *Aster* dan SRTM (*Shuttle Radar Topography*) dengan resolusi 30 dan 90 meter. Namun kita juga bisa menggunakan DEM kita sendiri menggunakan pilihan *external DEM*. Dalam tutorial ini saya memilih memakai *nSRTM 1Sec HGT*.

Langkah Selanjutnya adalah melakukan filter yang bertujuan untuk mereduksi fase noise. *Phase filtering* merupakan pre-proses yang mengurangi residu setelah tahapan *phase unwrapping* dan menambah akurasi *phase unwrapping*. Dalam pengaturannya dapat dilihat pada gambar 35. *Use coherence mask* merupakan pilihan untuk *masking coherence* yang kurang dari nilai threshold dengan rentang nilai 0- 1. Nilai 0 berarti tidak koheren sama sekali dan nilai 1 berarti koheren sempurna. Masking di sini bermanfaat untuk mengeliminasi nilai2 dengan nilai koherensi yang rendah yang dapat ditimbulkan karena perubahan pada permukaan tanah misal pembangunan, pertumbuhan vegetasi, dan sebagainya. Akan tetapi Koherensi yang rendah juga dapat ditimbulkan oleh deformasi yang ekstrim setelah terjadi gempa bumi. Dalam proses ini saya mencentang pilihan ini dan memasukan nilai 0,5.

Proses *Unwrapping* dalam SNAP memerlukan perangkat lunak pihak ketiga sehingga diperlukan ekspor ke format yang sesuai terlebih dahulu. SNAP menyediakan pilihan ekspor ke Snaphu yang berjalan di Sistem Operasi Linux. Dalam pengaturannya, pilih *statistical-cost mode* di DEFO untuk menghasilkan deformasi/pergeseran. Untuk *initial method* ada 2 algoritma yakni MST dan MCF. Dalam tutorial ini saya menggunakan algoritma MC

```

C:\Windows\System32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19043.1706]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

D:\skripsi_bayu\data\snapu\snapu-v1.4.2_win64\bin>snapu

snapu v1.4.2
usage: snapu [options] infile linelength [options]
most common options:
  -t          use topography mode costs (default)
  -d          use deformation mode costs
  -s          use smooth-solution mode costs
  -f <filename> read configuration parameters from file
  -o <filename> write output to file
  -a <filename> read amplitude data from file
  -c <filename> read correlation data from file
  -b <decimal> perpendicular baseline (meters)
  -i          do initialization and exit
  -l <filename> log runtime parameters to file
  -v          give verbose output
  --mst       use MST algorithm for initialization (default)
  --mcf       use MCF algorithm for initialization

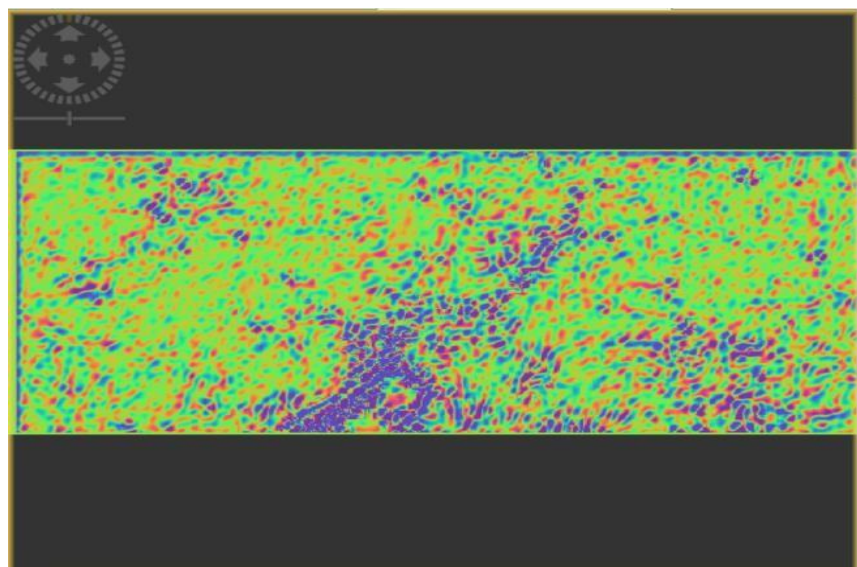
type snapu -h for a complete list of options

D:\skripsi_bayu\data\snapu\snapu-v1.4.2_win64\bin>_

```

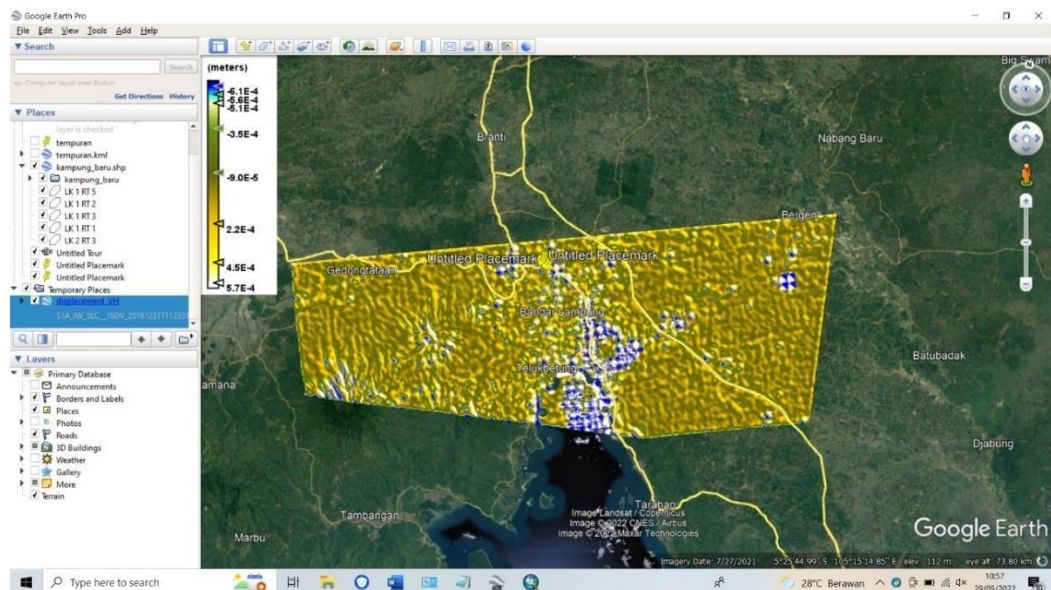
Gambar 14 *unwrapping* dengan *snapu commend.prompt (cmd.exe)*

Untuk memperoleh nilai perubahan vertikal lakukan perubahan fase ke pergeseran dengan cara klik *Radar--> Interferogram--> Product--> Phase to Displacements*



Gambar 15 Hasil *phase to Displacements*

Gambar diatas merupakan gambar setelah *geocoding* selesai dapat dilakukan pengaturan visualisasi di olahan citra sentinel-1 menggunakan teknologi DInSAR



Gambar diatas merupakan hasil akhir yang diperoleh dari pengolahan DINSAR. Untuk lebih mudah dalam visualisasi hasil, maka dilakukan proses ekspor ke dalam bentuk KMZ agar dapat ditampilkan pada Google Earth. Pada hasil ekspor ke dalam Google Earth, visualisasi dari permukaan tampak lebih nyata karena ditampilkan langsung dengan *terrain* atau permukaan. Oleh karena itu analisis dengan hasil google earth akan lebih mudah untuk dilakukan

Hasil DinSAR pada daerah kota Bandar Lampung yang ditampilkan pada Google Earth tervisualisasi melalui warna yang berbeda dengan ukuran displacement yang berbeda pula. Skala disamping daerah tersebut menunjukkan tingkat pergerakan muka tanah yang dinyatakan dalam satuan meter. Dalam skala pergerakan tanah tersebut terdapat nilai positif dan negatif. Nilai positif menyatakan *uplift* (kenaikan) tersebut mengalami dekorelasi temporal, terutama pada vegetasi yang ada di wilayah tersebut. Hal ini disebabkan gelombang *C-band* dari satelit yang tidak mampu menembus vegetasi hingga permukaan tanah. Akibatnya apabila terjadi perubahan pada tanaman baik karena tumbuh, rusak, terkena angin dan sebagainya, membuat informasi yang diperoleh kurang akurat. dan nilai negatif menyatakan *subsidence* (penurunan) dari permukaan tanah.

Informasi lain yang bisa didapat dari skala tersebut adalah nilai minimum dan maksimum dari pergerakan muka tanah. Nilai minimumnya sebesar -0,007 meter dan nilai maksimumnya sebesar 0,01 meter. Nilai tersebut juga bisa dilihat dari keterangan informasi statistik pada software SNAP.

3.3.3 Tahap akhir

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan analisis dan hasil akhir dari proses pengolahan dalam bentuk laporan serta informasi persebaran penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil keseluruhan dari penelitian ini menjawab dari beberapa rumusan masalah dalam analisis penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung tahun 2018-2019. Analisis hasil dan data yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penurunan muka tanah di Kota Bandar Lampung terdapat pada daerah Kecamatan Kedamaian, Kecamatan Sukabumi, Kecamatan Panjang, Kecamatan Teluk Betung Barat, Kecamatan Teluk Betung Utara, Kecamatan Tanjung Karang Barat. Nilai penurunan muka tanah tertinggi berada pada Kecamatan Panjang dengan nilai penurunan 0.007 meter/tahun.
2. Dalam pengamatan muka tanah menggunakan citra sentinel-1 memiliki keunggulan dibandingkan pengamatan penurunan muka tanah menggunakan GNSS dimana keunggulan tersebut meliputi ketersediaan data yang sangat mudah didapat, waktu pengamatan yang lebih cepat, pengamatan dapat dilakukan secara mandiri dan tidak membutuhkan biaya yang besar serta tenaga yang banyak.
3. Hasil pengamatan muka tanah menggunakan teknologi DinSAR dan GNSS di Kota Bandar Lampung pada tahun 2018-2019 dilakukan perhitungan uji T di dapatkan bahwa H_0 diterima yang berarti kedua pengamatan tersebut tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Dengan demikian hasil pengamatan penurunan muka tanah dengan teknologi DinSAR dan GNSS pada penelitian di lokasi Kota Bandar Lampung serta tahun yang sama yaitu tahun 2018-2019 tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

5.2 Saran

Dari proses identifikasi penurunan muka tanah wilayah kota Bandar Lampung menggunakan citra Sentinel-1 dengan teknologi *Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar* dapat diperoleh beberapa saran:

1. Dalam penelitian penurunan muka tanah menggunakan teknologi DInSAR ini diharapkan menambahkan parameter untuk hasil yang lebih akurat seperti survey lapangan, penggunaan lahan, serta teknik pengamatan deformasi lainnya.
2. Hasil dari penelitian ini peta penurunan muka tanah dimana nantinya dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk pembuatan peta mitigasi bencana dan penentuan pembangunan daerah serta pembangunan infrastruktur daerah.
3. Dalam pengolahan data citra sentinel menggunakan teknologi DInSAR serta menggunakan alat bantu pengolahan data yaitu *software* SNAP, diperlukan koneksi internet aktif yang diperlukan untuk mengunduh data *Digital Elevation Model* (DEM).
4. Pengolahan menggunakan teknologi DInSAR menggunakan perangkat lunak *open source* SNAP mempunyai potensi yang bagus seiring adanya berbagai perbaikan dan optimalisasi di setiap versinya. Namun, diharapkan adanya perbaikan algoritme dalam operasi topographic phase removal sehingga pengguna dapat memakai lebih banyak variasi DEM selain yang diunduh otomatis oleh perangkat lunak. Disarankan adanya penelitian teknologi DInSAR yang menggunakan perangkat lunak lainnya. Disarankan menggunakan Citra SAR dan DEM dengan resolusi spasial yang lebih tinggi untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti..

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A. 2015. *Petunjuk Manual Orthorektifikasi Data SAR Sentinel-1 dengan Menggunakan Software Sentinel-1 Toolbox (S1TBX)*. Petunjuk Manual. Program Diploma Penginderaan Jauh dan Sistem Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Agram, P.S., dkk (2013). *New radar interferometric time series analysis toolbox released*. *Eos*, Transactions American Geophysical Union, 94(7), pp.69-70
- Armijon, fajriyanto, Eko Rahmadi (2012). *Potensi Bahaya Gempa dan Analisis Regangan di Selatan Sunda Berbasis GPS (Global Positioning System)*. Bandar Lampung, Jurnal Rekayasa Sipil dan perencanaan Vol. 16 Nomor 3, Hal 141-150, Edisi Desember ISSN 0852 7733.
- Baboo, Santhosh. 2010. *An Analysis of Different Resampling Methods in Coimbatore, District*. *Global Journal of Computer Science and Technology* Hal 61-66
- Bagas Setyadi, (2019) *Analisis Penurunan Muka Tanah Dengan Small Baseline Subset Differential SAR Interferograms Di Kota Bandar Lampung*, GEOFISIKA: Skripsi.
- Bayanuddin AA, dkk. (2016) *Pendugaan Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Pada Hutan Rakyat Dengan Memanfaatkan Data Synthetic Aperture Radar Sentinel-1 (Studi Kasus Di Kabupaten Sukoharjo)*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Lampung, 2020, *Lampung Dalam Angka 2020*.

Budi, Muhammad dkk. (2019) *Variasi Teknik Synthetic Aperture Radar (SAR) untuk Rekonstruksi Geologi Kabupaten Pidie Jaya Provinsi Aceh*. June 2019 Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan 2(2):95-106 DOI:10.24815/jarsp.v2i2.13778

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):1861-1874 (2011).

ESA (European Space Agency) (2012) <https://www.esa.int/> di akses pada tanggal 10 juni 2022

Ismullah, I. 2004. “*Pengolahan Fasa untuk Mendapatkan Model Tinggi Permukaan Digital (DEM) pada Radar Aperture Sintetik Interferometri (InSAR) Data Satelit*”. Sains & Tek. Vol. 36 A. No.1: 11-32.

Khoirunisa, R., Yuwono, B. D., & Wijaya, A. P. (2015). *Analisis Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2015 Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.5*. Jurnal Geodesi UNDIP, 4(4), 341-350.

Nitti, D. O., dkk. (2008). *L- And C-Band Sar Interferometry Analysis Of The Wieliczka Salt Mine Area (UNESCO Heritage Site, Poland)*. In Proceedings of the 2008 Joint PI Symposium of the ALOS Data Nodes. Rhodes, Yunani.

Nugraha A.L, Purnama B.S., dan Aditya T. (2012). *Pemetaan Resiko Bencana Banjir Rob Kota Semarang, The 1st Conference on Geospatial Science and Engineering*, Universitas Gajah Mada.

PACE (*Property Assessed Clean Energy Programs*) Government Servis (2012)
<https://www.energy.gov/eere/slsc/property-assessed-clean-energy-programs> di akses pada tanggal 10 juni 2022

Prasetyo, Yudo. 2010. *Pemanfaatan Teknologi Permanent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar (PS-InSAR) Dalam Studi Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence)*. Semarang: Jurusan Teknik Geodesi, UNDIP.

Purwadhi, Sri Hardiyanti. 2001 *Interpretasi Citra Digital*. Grasindo: Jakarta

Putri., dkk. (2018). “*Efektivitas Media Campuran Jerami Padi dan Daun Pisang Kering Terhadap Produktivitas Jamur Merang (Volvariella volvaceae)*”. Prosiding SNPS: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Rahmadi, Eko. 2012. *Studi Potensi Kegempaan Sesar Aktif di Wilayah Lampung dan Sekitarnya Serta Implikasinya Berdasarkan Data Pengamatan GPS*. Jurnal Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. Bandung, 2012.

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Lampung tahun 2014

Rifqi Setiyo Budi, 2019, *Analisi Penurunan Muka Tanah Di Kota Bandar Lampung Menggunakan Data GPS Geodetik Tahun 2018-2019*, Geodesi dan Geomatika. Skripsi.

Sieh, K and Natawidjaja, D., 2000, *Neotectonic of the Sumatran Fault, Indonesia*, *Journal of Geophysical Research*, 105 (B12): 28,295-28,326.

- Sharav, A. (2003). *Differential SAR Interferogrametry crustal deformation study. The Netherlands: International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede.*
- Sophian, R. I. (2010). *Penurunan Muka Tanah di Kota- kota Besar Pesisir Pantai Utara Jawa (Studi Kasus: Kota Semarang).* Bulletin of Scientific Contribution, 8(1), 41-60.
- Utoyo, Bambang, 2012, *Dinamika Penggunaan Lahan di Wilayah Perkotaan (Studi di Kota Bandar Lampung), FISIP UNILA: Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat.*
- Widjajanti, N. 2010. *Deformation Analysis of Offshore Platform using GNSS Techique and its Application in Structural Integrity Assessment.* Ph.D Disertasi. Malaysia: Universitas Teknologi PETRONAS.
- Zaenudin., Armijon., Minardi Suhayat. (2017). *Pendugaan Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Di Bandar Lampung Dengan Metode Insar Dan Gaya Berat Mikro (Hasil Setudi Awal).* Seminar Nasional AVoER IX 2017 Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.