



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN  
CITRA SENTINEL 1A DENGAN METODE DINSAR  
TAHUN 2019-2021**

**(STUDI KASUS : PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG DEMAK )**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun oleh**

**SAFFIRA NOOR CHOTIMAH**

**21110117130064**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG  
JANUARI 2023**



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN  
METODE DINSAR TAHUN 2019-2021**

**(STUDI KASUS : PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG DEMAK )**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (Strata-1)**

**Disusun oleh**

**SAFFIRA NOOR CHOTIMAH**

**21110117130064**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG**


**JANUARI 2023**

**HALAMAN PERNYATAN**

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Saffira Noor Chotimah

NIM : 21110117130064

Tanda Tangan : 

Tanggal : Desember 2022

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : SAFFIRA NOOR CHOTIMAH

NIM : 21110117130064

PROGRAM STUDI : TEKNIK GEODESI





Judul Skripsi :

### ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL 1A DENGAN METODE DINSAR TAHUN 2019-2021

(STUDI KASUS : PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG DEMAK)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana /S1 pada Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

#### TIM PENGUJI

Pembimbing 1	: Dr. Yudo Prasetyo, S.T.,M.T.	(  )
Pembimbing 2	: Hana Sugiastu Firdaus, S.T., M.T.	(  )
Penguji 1	: Abdi Sukmono, S.T.,M.T.	(  )
Penguji 2	: Shofiyatul Qoyimah, S.T.,M.T.	(  )

Semarang, Desember 2022

Ketua Departemen Teknik Geodesi



Dr. Yudo Prasetyo, S.T.,M.T.

NIP. 197904232006041001

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orangtua saya Bapak Puryono dan Ibu Sri Anjarwati serta kakak Andrey Yopi Anggara dan Azhizha Nilawardani. Terimakasih telah menjaga, memberi dukungan, memberi motivasi serta pengorbanan yang telah diberikan dalam mendidik hingga saya bisa berada di titik ini sekarang. Saya berharap dapat memberikan yang terbaik atas kepercayaan yang telah diberikan. Semoga ini bisa menjadi salah satu cara untuk membalas kebaikan dan pengorbanan yang telah kalian berikan kepada saya.

Tugas akhir ini juga saya persembahkan kepada saya sendiri. Terimakasih sudah bertahan hingga titik ini, berjuang sejauh ini hingga Tugas Akhir ini selesai. Kamu hebat, kamu kuat. Pada akhirnya selesai juga kan? Memang tidak mudah, tapi bisa untuk menyelesaikannya. Sekali lagi terimakasih sudah berjuang.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. atas nikmat dan karunianya sehingga penelitian Laporan Tugas Akhir dapat diselesaikan sebaik-baiknya. Laporan ini dapat selesai berkat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak sehingga peneliti sampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Hana Sugiastu Firdaus, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Nurhadi Bashit, S.T., M.Eng., selaku Dosen Wali yang telah memberikan nasehat dan saran disepanjang perkuliahan.
5. Semua Dosen Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmunya dan bimbingannya.
6. Staff Tata Usaha Departemen Teknik Geodesi yang telah memberikan pelayanannya selama proses perkuliahan.
7. UPK Forum Studi Teknik yang telah memberikan *hardskill* maupun *softskill* bagaimana kehidupan dalam dunia organisasi.
8. Teman-teman Angkatan 2017 yang telah menemani selama perkuliahan
9. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang membantu berjalannya penelitian ini

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : SAFFIRA NOOR CHOTIMAH

NIM : 21110117130064

Departemen : TEKNIK GEODESI

Fakultas : TEKNIK

Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneksklusif Royalti Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN CITRA  
SENTINEL 1A DENGAN METODE DINSAR TAHUN 2019-2021  
(STUDI KASUS : PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG DEMAK)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai peneliti/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 2022

Yang menyatakan,



(Saffira Noor C)

## ABSTRAK

Kabupaten Demak dan Kota Semarang adalah daerah yang berada di pesisir Pulau Jawa yang padat dan pusat ekonomi yang berkembang secara pesat. Pada wilayah ini sering terjadi bencana sistematis berupa banjir rob dan penurunan muka tanah. Pembangunan jalan tol berfungsi untuk memperlancar kegiatan ekonomi di wilayah tersebut. Pemantauan secara berkelanjutan diperlukan untuk mengetahui dampak yang timbul seiring berjalannya waktu akibat fenomena penurunan muka tanah. Metode DInSAR dimanfaatkan dalam penelitian ini untuk memantau fenomena tersebut karena merupakan sebuah metode *quick assement* yang murah, cepat, mencakup area yang luas dan tepat secara akurasi.

Data yang digunakan terdiri dari 6 citra satelit Sentinel 1A mode IW yang diakuisisi tahun 2019-2021. Metode DInSAR menggunakan DEM SRTM 1 arcsec sebagai referensi topografi. Hasil penelitian sebelumnya berupa survei GNSS digunakan sebagai data pembandingan dari hasil pengolahan DInSAR karena dianggap lebih teliti dalam hal akurasi. Data DInSAR dan GNSS di uji menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui signifikansi kedua data tersebut.

Hasil penurunan muka tanah Kabupaten Demak dan Kota Semarang yang didapatkan dari metode DInSAR rata-rata sebesar  $4,13 \pm 0,80$  cm/tahun. Penurunan rata-rata terbesar terjadi di Kecamatan Genuk sebesar  $7,94 \pm 0,85$  cm/tahun sedangkan penurunan rata-rata terendah terjadi di Kecamatan Wonosalam sebesar  $1,38 \pm 0,53$  cm/tahun. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov adalah 0,4 dimana nilai tersebut melebihi batas 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua data tidak berbeda secara signifikan.

**Kata kunci :** Demak, Dinsar, jalan tol, penurunan muka tanah, Semarang. Uji Kolmogorov smirnov



## **ABSTRACT**

*Demak Regency and Semarang City are areas located on the coast of java island that are densely populated and the economic center is developing rapidly. In this region, there are often systematic disasters in the form of tidal floods and land subsidence. The construction of toll roads serves to facilitate economic activities in the region. Continuous monitoring is necessary to find out the impacts that arise over time due to the phenomenon of land subsidence. The DInSAR method was used in this study to monitor the phenomenon because it is a quick assesment method that is cheap, fast, covers a large area and is precise in accuracy.*

*The data used consist of 6 sentinel 1A satellite images of the IW mode acquired in 2019-2021. The DInSAR method uses SRTM 1 arcsec DEM as a topographic reference. The results of the previous study in the form of a GNSS survey were used as comparative data from the results of DInSAR processing because they were considered more thorough in terms of accuracy. The DInSAR and GNSS data were tested using the Kolmogorov-Smirnov test to determine the significance of the two data.*

*The results of land subsidence in Demak Regency and Semarang City obtained from the DInSAR method averaged  $4.13 \pm 0.80$  cm / year. The largest average decrease occurred in Genuk District of  $7.94 \pm 0.85$  cm/year while the lowest average decrease occurred in Wonosalam District of  $1.38 \pm 0.53$  cm/year. The result of the Kolmogorov-Smirnov test was 0.4 when the value exceeded the limit of 0.05 so it can be concluded that the two data did not differ significantly.*

**Keywords:** Demak, dinsar, kolmogorv-smirnov test, land subsidence, Semarang, toll road

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
I.4 Manfaat Penelitian .....	3
I.5 Batasan Masalah.....	3
I.6 Metodologi Penelitian .....	4
I.6.1 Sistematika Kerangka Berpikir .....	4
I.6.2 Diagram Alir Penelitian .....	4
I.7 Sistematika Penulisan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
II.1 Kajian Penelitian Sebelumnya .....	8

II.2	Kajian Wilayah.....	11
II.2.1	Kajian Geografis dan Topografis .....	11
II.2.2	Kajian Geologi .....	12
II.3	Konsep Sistem Tinggi Geodesi.....	14
II.4	Teori Deformasi .....	15
II.4.1	Parameter Deformasi.....	15
II.5	Penurunan Muka Tanah (PMT) .....	16
II.5.1	Konsep PMT .....	17
II.5.2	PMT Kawasan Semarang – Demak .....	17
II.6	Metode DInSAR .....	18
II.6.1	Pengertian DInSAR.....	18
II.6.2	Parameter DInSAR.....	19
II.6.3	Sumber Dekorelasi .....	22
II.7	SNAP .....	24
II.8	Snaphu.....	25
II.9	QGIS .....	26
II.10	Citra Sentinel 1A.....	26
II.11	Kesalahan Standar .....	29
II.12	Uji Kolmogorov-Smirnov 2 sampel independen .....	29
	<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
III.1	Tahap Persiapan .....	31
III.1.1	Studi Literatur .....	31
III.1.2	Pengumpulan Data.....	31
III.1.3	Kontrol Kualitas Data Penelitian .....	31

III.1.4 Desain Model Matematis PMT .....	31
III.2 Tahapan Pengolahan Data.....	32
III.2.1 Tahapan Pengolahan Dinsar .....	32
III.2.2 Tahapan Pengolahan Data PMT .....	43
III.3 Tahapan Analisis.....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
IV.1 Hasil dan Analisis Pengolahan DInSAR.....	46
IV.1.1 PMT DInSAR Berdasarkan Batas Administrasi.....	46
IV.1.2 PMT DInSAR Berdasarkan <i>Buffer</i> 2500 m.....	55
IV.2 Uji Statistika.....	66
IV.2.1 Uji Kolmogorov-Smirnov.....	69
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>75</b>
V.1 Kesimpulan .....	75
V.2 Saran.....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>L-1</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I-1</b> Diagram Kerangka Berpikir .....	6
<b>Gambar I-2</b> Diagram Alir Penelitian.....	7
<b>Gambar II-1</b> Peta Geologi Kabupaten Demak.....	13
<b>Gambar II-2</b> Peta Geologi Kota Semarang.....	13
<b>Gambar II-3</b> Lokasi Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak.....	13
<b>Gambar II-4</b> Hubungan Model Tinggi Geoid dan Elipsoid.....	14
<b>Gambar II-5</b> Komponen Tegangan.....	15
<b>Gambar II-6</b> Komponen Regangan.....	16
<b>Gambar II-7</b> Komponen Rotasi .....	16
<b>Gambar II-8</b> Trase Jalan Tol Semarang-Demak.....	18
<b>Gambar II-9</b> Geometri InSAR untuk Estimasi Perpindahan Permukaan Bumi .....	19
<b>Gambar II-10</b> Geometri Pencitraan dan Kerangka Referensi.....	23
<b>Gambar II-11</b> Ilustrasi Efek <i>Foreshortening</i> , <i>Layover</i> dan <i>Shadowing</i> .....	24
<b>Gambar III-1</b> Diagram Alir Pengolahan DInSAR.....	33
<b>Gambar III-2</b> Pemilihan Burst pada Tahap S-1 TOPS <i>Split</i> .....	35
<b>Gambar III-3</b> <i>Apply Orbit</i> Tiap Citra.....	35
<b>Gambar III-4</b> <i>Backgeocoding</i> .....	36
<b>Gambar III-5</b> Parameter Pembentukan Interferogram.....	36
<b>Gambar III-6</b> Hasil Proses Interferogram.....	37
<b>Gambar III-7</b> Hasil Tahap TOPSAR <i>Deburst</i> .....	37
<b>Gambar III-8</b> Parameter <i>Topographic Removal</i> .....	38
<b>Gambar III-9</b> Fasa Interferogram Hasil Penapisan.....	38
<b>Gambar III-10</b> Parameter <i>Multilook</i> .....	39
<b>Gambar III-11</b> Hasil Pengolahan <i>Multilooking</i> .....	39
<b>Gambar III-12</b> Parameter <i>SnaphuExport</i> .....	40
<b>Gambar III-13</b> Hasil proses <i>phase unwrapping</i> .....	40
<b>Gambar III-14</b> Proses <i>Unwrap</i> Menggunakan SNAPHU .....	40
<b>Gambar III-15</b> Parameter <i>Phase to Displacement</i> .....	41
<b>Gambar III-16</b> Hasil Perubahan Fasa Pergeseran.....	41

<b>Gambar III-17</b> Parameter <i>Range Doppler Terrain Correction</i> .....	42
<b>Gambar III-18</b> Hasil Tahap <i>Geocoding</i> .....	42
<b>Gambar III-19</b> Perhitungan LOS ke Vertikal .....	43
<b>Gambar III-20</b> Hasil PMT dari DInSAR (a) Pasangan 1 (b) Pasangan 2 (c) Pasangan 3 (d) Pasangan 4 (e) Pasangan 5 .....	44
<b>Gambar IV-1</b> Diagram PMT pasangan 1 tiap kecamatan .....	46
<b>Gambar IV-2</b> Hasil DInSAR Pasangan 1 .....	47
<b>Gambar IV-3</b> Diagram PMT pasangan 2 tiap kecamatan .....	48
<b>Gambar IV-4</b> Hasil DInSAR Pasangan 2 .....	48
<b>Gambar IV-5</b> Diagram PMT pasangan 3 tiap kecamatan .....	49
<b>Gambar IV-6</b> Hasil DInSAR Pasangan 3 .....	50
<b>Gambar IV-7</b> Diagram PMT pasangan 4 tiap kecamatan .....	50
<b>Gambar IV-8</b> Hasil DInSAR Pasangan 4 .....	51
<b>Gambar IV-9</b> Diagram PMT pasangan 5 tiap kecamatan .....	52
<b>Gambar IV-10</b> Hasil DInSAR Pasangan 5 .....	52
<b>Gambar IV-11</b> Diagram PMT Rata-Rata DInSAR Tiap Kecamatan .....	53
<b>Gambar IV-12</b> Hasil DInSAR tahun 2019-2021 .....	54
<b>Gambar IV-13</b> Diagram PMT pasangan 1 tiap kecamatan dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	55
<b>Gambar IV-14</b> Hasil DInSAR Pasangan 1 dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	56
<b>Gambar IV-15</b> Diagram PMT pasangan 2 tiap kecamatan dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	57
<b>Gambar IV-16</b> Hasil DInSAR Pasangan 2 dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	58
<b>Gambar IV-17</b> Diagram PMT pasangan 3 tiap kecamatan dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	59
<b>Gambar IV-18</b> Hasil DInSAR Pasangan 3 dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	60
<b>Gambar IV-19</b> Diagram PMT pasangan 4 tiap kecamatan dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	61
<b>Gambar IV-20</b> Hasil DInSAR Pasangan 4 dengan <i>buffer</i> 2500m .....	62
<b>Gambar IV-21</b> Diagram PMT pasangan 5 tiap kecamatan dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	63
<b>Gambar IV-22</b> Hasil DInSAR Pasangan 5 dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	64
<b>Gambar IV-23</b> Diagram PMT Rata-Rata DInSAR Tiap Kecamatan dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	65
<b>Gambar IV-24</b> Hasil DInSAR tahun 2019-2021 dengan <i>buffer</i> 2500 m .....	66

<b>Gambar IV-25</b> Hasil Uji Signifikansi .....	69
<b>Gambar IV-26</b> PMT tahun 2019-2021 di setiap titik BM LS .....	70
<b>Gambar IV-26</b> Kenampakan sekitar BMLS 03 .....	70
<b>Gambar IV-28</b> PMT 2019, 2020, 2021 tiap titik .....	71

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II-1</b> Penelitian Terdahulu.....	8
<b>Tabel II-2</b> Kerangka Referensi Geodesi .....	14
<b>Tabel II-3</b> Penjelasan khusus setiap sub-petak mode IW .....	28
<b>Tabel II-4</b> Perkalian untuk berbagai persen kemungkinan kesalahan .....	29
<b>Tabel III-1</b> Citra Sentinel 1A yang digunakan dalam pengolahan.....	32
<b>Tabel III-2</b> Evaluasi Pasangan Citra.....	34
<b>Tabel IV-1</b> Statistik PMT DInSAR pasangan 1 (Februari- September 2019).....	47
<b>Tabel IV-2</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 2 (September 2019- Februari 2020).....	48
<b>Tabel IV-3</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 3 (Februari – Oktober 2020).....	49
<b>Tabel IV-4</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 4 (Oktober 2020 -April 2021).....	51
<b>Tabel IV-5</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 5 (April – oktober 2021).....	52
<b>Tabel IV-6</b> Statistik PMT DInSAR tahun 2019-2021 .....	53
<b>Tabel IV-7</b> Statistik PMT DInSAR pasangan 1 dengan buffer 2500 m (Februari- September 2019) .....	55
<b>Tabel IV-8</b> Statistik PMT DInSAR pasangan 1 dengan buffer 16,2 m(Februari- September 2019) .....	56
<b>Tabel IV-9</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 2 dengan buffer 2500 m (September 2019- Februari 2020).....	57
<b>Tabel IV-10</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 2 dengan buffer 16,2 m (September 2019- Februari 2020).....	58
<b>Tabel IV-11</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 3 dengan buffer 2500 m(Februari – Oktober 2020) .....	59
<b>Tabel IV-12</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 3 dengan buffer 16,2 m (Februari – Oktober 2020) .....	60
<b>Tabel IV-13</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 4 dengan buffer 2500 m (Oktober 2020 - April 2021) .....	61
<b>Tabel IV-14</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 4 dengan buffer 16,2 m (Oktober 2020 - April 2021) .....	62



<b>Tabel IV-15</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 5 dengan buffer 2500m (April – oktober 2021) .....	63
<b>Tabel IV-16</b> Statistik PMT DInSAR Pasangan 5 dengan buffer 16,2 m (April – oktober 2021) .....	64
<b>Tabel IV-17</b> Statistik PMT DInSAR tahun 2019-2021 dengan buffer 2500 m.....	65
<b>Tabel IV-18</b> Statistik PMT DInSAR tahun 2019-2021 dengan buffer 16,2 m.....	66
<b>Tabel IV-19</b> Perbandingan hasil DInSAR dan Pengamatan GNSS.....	67
<b>Tabel IV-20</b> Perbandingan hasil DInSAR dan Pengamatan GNSS Kecamatan Sayung.....	68
<b>Tabel IV-21</b> hasil verifikasi tiap titik.....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Lembar Asistensi .....	L-1
<b>Lampiran 2</b> PMT Hasil DInSAR Pasangan 1 .....	L-3
<b>Lampiran 3</b> PMT Hasil DInSAR Pasangan 2 .....	L-10
<b>Lampiran 4</b> PMT Hasil DInSAR Pasangan 3 .....	L-17
<b>Lampiran 5</b> PMT Hasil DInSAR Pasangan 4 .....	L-24
<b>Lampiran 6</b> PMT Hasil DInSAR Pasangan 5 .....	L-31
<b>Lampiran 7</b> PMT Hasil DInSAR Rata-rata tahun 201-2021 .....	L-38
<b>Lampiran 8</b> Foto Dokumentasi .....	L-40

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Salah satu proyek strategis nasional di Indonesia adalah Pembangunan Jalan Tol yang digunakan untuk meningkatkan mobilitas penduduk dan memperlancar lalu lintas. Pembangunan ini digunakan untuk mendukung upaya pencegahan penurunan permukaan tanah yang terjadi di Kota Semarang dalam beberapa tahun ini (KPIP, 2021).

Pembangunan Jalan Tol Semarang -Demak berada di daerah dengan penurunan muka tanah yang tinggi. Penurunan muka tanah adalah sebuah peristiwa subsidensi yang disebabkan oleh perubahan volume lapisan batuan di bawahnya. Bandung, Jakarta, Semarang dan kota - kota besar lainnya di Indonesia sering mengalami fenomena Penurunan Muka Tanah (PMT). Faktor penyebab dan karakteristik berbeda di setiap kota (Gumilar,I., dkk, 2012).

Faktor penyebab PMT di Kota Semarang dan Kabupaten Demak berupa siklus geologi, pengambilan air tanah secara terus menerus, dan massa bangunan yang mengakibatkan tanah mengalami pemampatan yang mengakibatkan PMT di daerah ini cukup besar. Hal ini ditunjukkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (DInSAR), nilai PMT Kota Semarang relatif besar berkisar antara 0-12,7 cm/tahun (Widada, S.,dkk, 2020), nilai PMT Kecamatan Sayung berkisar antara 0-7,43 cm/tahun (Dwiakkram, Ammarohman, & Prasetyo, 2021), nilai PMT Kecamatan Karang Tengah rata- rata dari tahun 2018-2020 sebesar 2,83 cm/tahun (Salsabila, Prasetyo, & Hadi, 2021).

Pembangunan jalan tol Semarang-Demak sepanjang 27 kilometer digunakan untuk meningkatkan dan memajukan transportasi, logistik serta sebagai tanggul laut dalam menangani rob dan abrasi di pantai utara.Pembangunan jalan tol ini dibagi menjadi 2 seksi yaitu seksi 1 yang meliputi Kecamatan Genuk,Kota Semarang dan seksi 2 yang meliputi Kecamatan Sayung, Karang Tengah, Wonosalam dan Demak yang berada di Kabupaten Demak. Konstruksi Seksi 1 dimulai pada Januari 2022 dan ditargetkan selesai November 2024. Seksi 2, pada Juni 2021 konstruksi sudah mencapai progres 41,63 % dan ditargetkan selesai Juni 2022 (Sutrisno, 2021).

Daerah utara Jawa khususnya Semarang dan Demak, memiliki permasalahan berupa bencana sistematik yaitu PMT. Beban pada tanah menyebabkan tanah terkompresi sehingga memperbesar PMT daerah konstruksi, oleh karena itu dibutuhkan suatu mitigasi bencana berupa pemantauan kelajuan PMT pada daerah tersebut dengan metode yang dapat menentukan PMT secara cepat dan tepat. Cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan akurasi yang baik adalah dengan menggunakan metode berbasis pengindraan jauh (radar). Pengindraan jauh, khususnya radar, digunakan karena dapat mencakup area yang luas, kecepatan pemrosesan yang cepat dan akurasi yang baik.

Penelitian ini menggunakan citra Sentinel 1A pada *time frame* 2019-2021. Pengolahan data DInSAR ini dilakukan berdasarkan simulasi antara *track* 76 dengan waktu akuisisi 22 Februari 2019 dan 2 September 2019 sebagai pasangan 1, 2 September 2019 dan 5 Februari 2020 sebagai pasangan 2, 5 Februari 2020 dan 2 Oktober 2020 sebagai pasangan 3, 2 Oktober 2020 dan 24 April 2021 sebagai pasangan 4, 24 April 2021 dan 9 Oktober 2021 sebagai pasangan 5 serta pengolahan DInSAR tahun 2019-2021 dari citra yang digunakan. Pemilihan pasangan tersebut menggunakan batas koherensi lebih dari 0,6. Metode DInSAR digunakan untuk mengetahui hasil PMT yang terjadi di Kota Semarang -Demak. Pengukuran GNSS hasil data sekunder digunakan sebagai validasi pengolahan metode DInSAR. Minimnya data yang digunakan untuk validasi sehingga dibutuhkan uji statistik non parametrik untuk mengetahui signifikansi data hasil pengolahan DInSAR dengan pengukuran GNSS. Hal ini dilakukan karena hasil penarikan kesimpulan dari uji statistik tidak dapat mewakili penurunan muka tanah secara keseluruhan. Validasi yang digunakan adalah membandingkan hasil pengolahan DInSAR dengan hasil pengukuran GNSS di lapangan sehingga didapat selisih data tersebut, standar deviasi serta RMSE. RMSE digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi data hasil penelitian. Hasil tersebut dapat digunakan untuk menganalisis besarnya PMT yang terjadi di Semarang-Demak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju PMT yang terjadi di area pembangunan Jalan Tol Semarang Demak berdasarkan pengolahan DInSAR. Hasil pengolahan data yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan pemantauan PMT di daerah ini pada tahun-tahun mendatang.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Menurut latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis kelajuan PMT dari pengolahan citra Sentinel 1A dengan metode DInSAR tahun 2019-2021?
2. Bagaimana analisa statistika perhitungan Penurunan Muka Tanah (PMT) hasil pengolahan citra Sentinel 1A dengan metode DInSAR terhadap hasil pengukuran GNSS di lapangan?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui analisis kelajuan PMT menggunakan metode DInSAR
2. Mengetahui analisis statistika perhitungan PMT dengan metode DInSAR terhadap hasil pengukuran GNSS di lapangan

## **I.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Aspek Keilmuan  
Ikut serta dalam pengembangan riset mengenai penginderaan jauh terutama pengembangan penelitian di lokasi yang sama di tahun mendatang
2. Aspek Kerekayasaan  
Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memberikan penilaian (*assessment*) terhadap kualitas data PMT di sepanjang jalur rencana Tol Semarang-Demak diluar rencana tanggul laut

## **I.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian ini adalah di PMT sepanjang rencana jalur jalan tol Semarang-Demak diluar rencana tanggul laut.
2. Pasangan citra Sentinel-1A yang digunakan memiliki perbedaan akuisisi lebih dari 5 bulan.
3. Kombinasi pasangan DInSAR yang digunakan berjumlah 5 pasang dari pasangan citra tahun 2019-2021.

4. Batasan model koherensi model pasangan citra yang digunakan adalah 0,6
5. Tahap koreksi yang digunakan adalah *range doppler terrain correction*
6. Penelitian ini hanya memonitor pergerakan vertikal berupa data perubahan muka tanah ( $\Delta Z$ ) sebagai indikator penurunan muka tanah.
7. Hasil DInSAR pasangan 5 divalidasi menggunakan data pengukuran GNSS dari Tim UNDIP pengamatan tahun 2021 epok bulan Juni dan Oktober.
8. *Buffering* 2500 m dan 16,2 m dari jalan Tol sebagai fokus daerah terdampak pembangunan jalan tol.
9. Pasangan 1 hingga pasangan 4 tidak divalidasi karena kurangnya data pengukuran lapangan di lokasi tersebut dan periode tersebut.

## **I.6 Metodologi Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Adapun sistematika kerangka berpikir dan alur penelitian ini adalah sebagai berikut.

### **I.6.1 Sistematika Kerangka Berpikir**

Kerangka berpikir yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini seperti pada Gambar I-1

### **I.6.2 Diagram Alir Penelitian**

Tahapan penelitian yang digunakan penulis dalam penelitian ini terdapat pada Gambar I-2

## **I.7 Sistematika Penulisan Penelitian**

Gambaran dari struktur laporan agar lebih jelas dan terarah diberikan pada sistematika penulisan laporan. Adapun sistematikanya sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memuat latar belakang Penurunan Muka Tanah dengan metode DInSAR, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, metodologi penelitian yang berisi sistematika kerangka berpikir dan diagram alir penelitian, serta sistematika penulisan penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat penjelasan perihal teori-teori yang mendukung dan digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan seperti kajian penelitian terdahulu, kajian wilayah penelitian berupa kajian geografis, kajian geologi, konsep sistem tinggi geodesi, teori deformasi, pengertian deformasi dan membahas parameter deformasi, Penurunan Muka Tanah yang memuat konsep (PMT), PMT Kawasan Semarang - Demak, metode DinSAR yang memuat pengertian DInSAR, parameter DInSAR, sumber dekorelasi pada DInSAR, SNAP, Snaphu, QGIS, Citra Sentinel 1A, Kesalahan Standar, Uji Kolmogorov-Smirnov 2 sampel *independent*.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas penjelasan perihal metode yang digunakan mulai dari persiapan berupa persiapan awal, studi literatur, pengumpulan data, kontrol kualitas data penelitian, desain model matematis PMT, pengolahan data berupa pengolahan DinSAR dan Pengolahan data PMT, analisis berupa perbandingan hasil pengolahan DinSAR dengan data sekunder dan perbandingan uji statistik.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

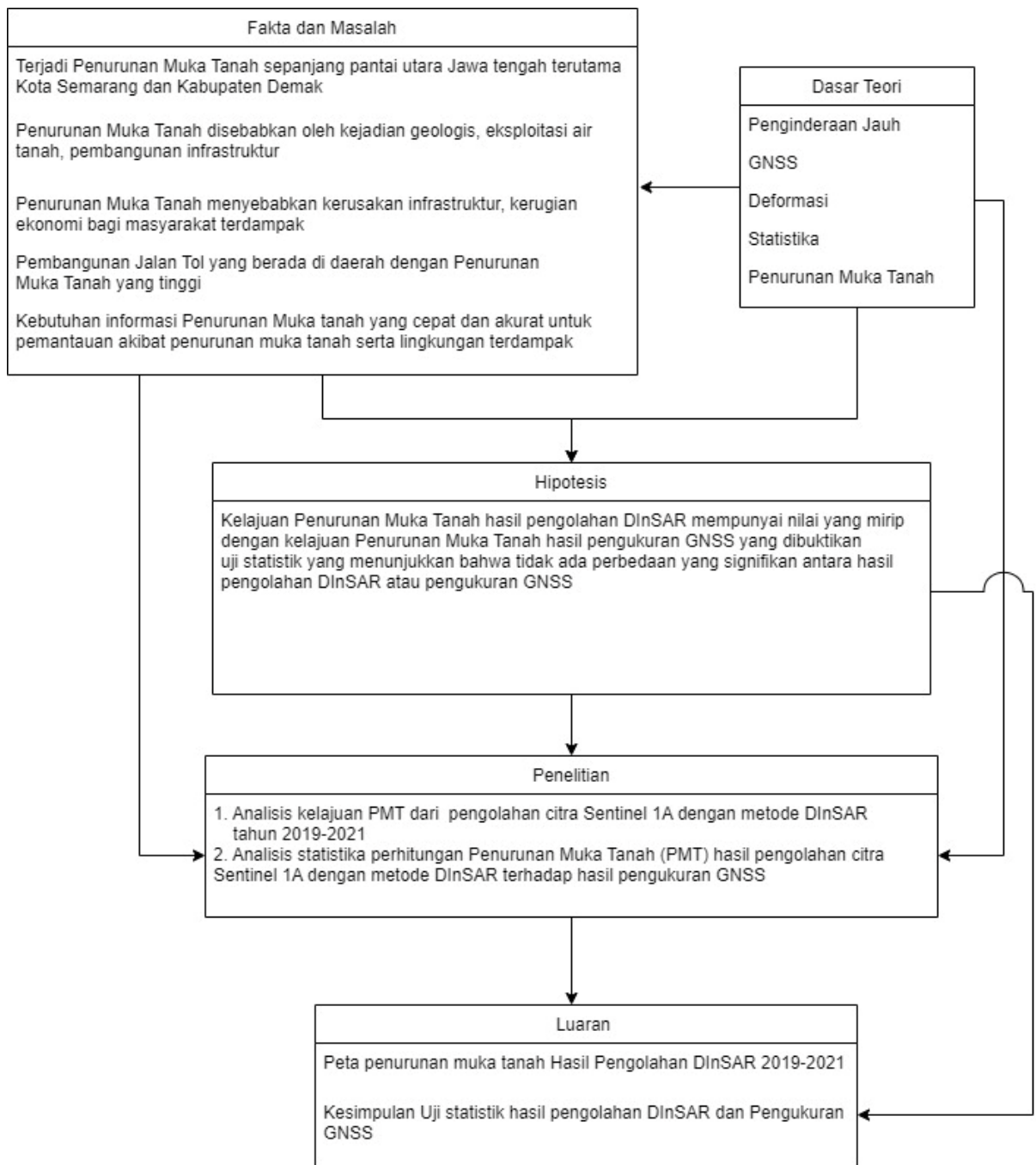
Bab ini membahas perihal hasil dan analisis dari penurunan muka tanah menggunakan metode DInSAR, uji statistik berupa perbandingan hasil DInSAR dengan data GNSS, identifikasi kesalahan data standar, serta uji signifikansi 2 data yang menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov 2 sample *independent*.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan dan saranyang direkomendasi peneliti untuk peneliti selanjutnya agar hasil yang diperoleh lebih baik dan maksimal dalam melaksanakan penelitian.

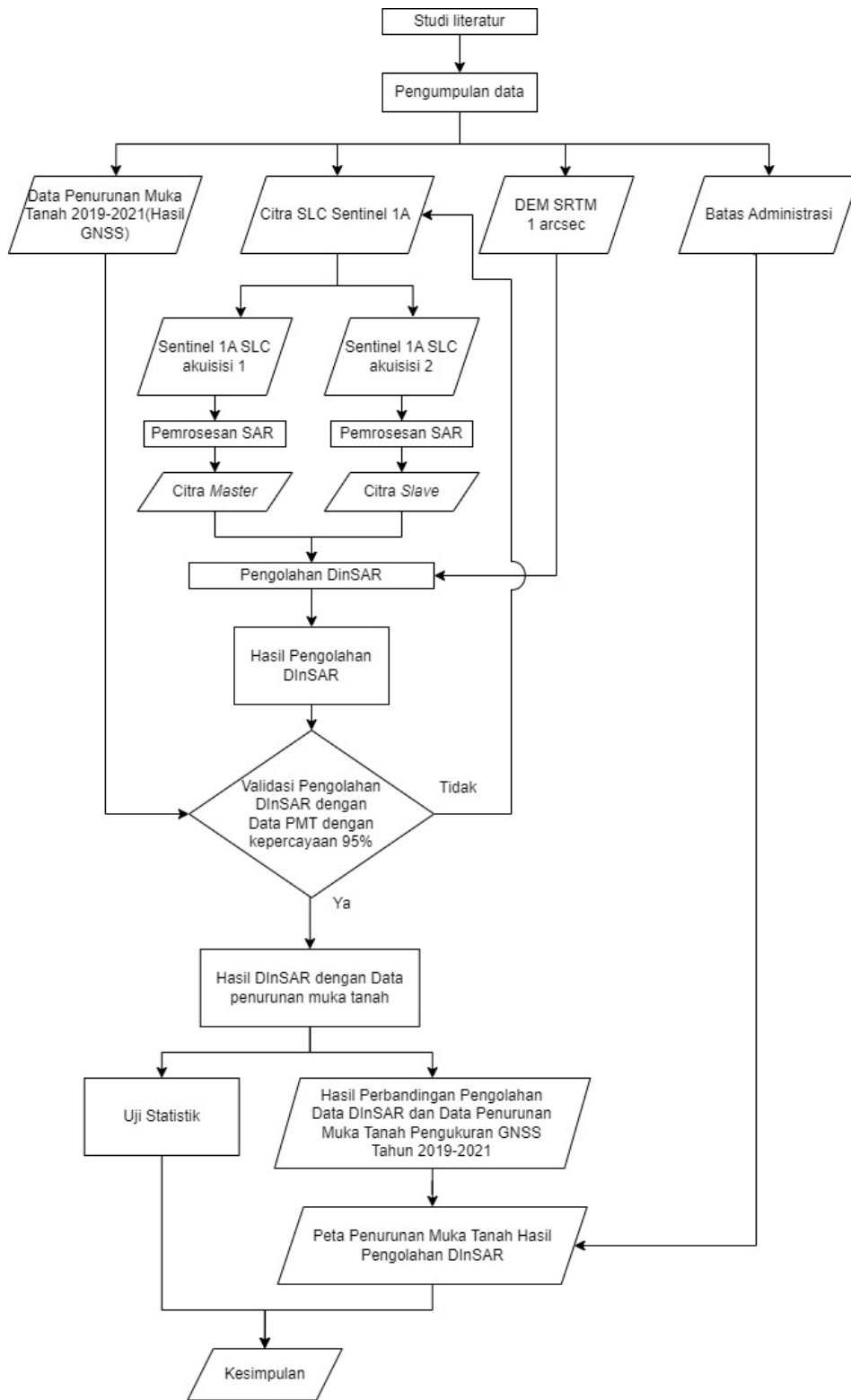
### **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar Pustaka berisi keseluruhan referensi yang digunakan sebagai pedoman penelitian.



**Gambar I-1** Diagram Kerangka Berpikir





**Gambar I-2** Diagram Alir Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Fukuda, Y. (2013). Land subsidence in coastal city of Semarang (Indonesia): Characteristic, impacts and causes. *Natural Hazards and Risks*, 4(3), 226-240. doi:<https://doi.org/10.1080/19475705.2012.692336>
- Ahsan, A. F. (2012, April 19). *Deformasi*. Retrieved May 12, 2021, from [www.agungfirdausi.my.id](http://www.agungfirdausi.my.id): <https://www.agungfirdausi.my.id/2012/04/v-behaviorurldefaultvmlo.html>
- Anwar, M. C. (2019, Juli 19). *Tol Tanggul Laut Semarang-Demak, Yuk Intip Desainnya!* Retrieved Desember 3, 2020, from <https://www.cnbcindonesia.com/>: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20190719182521-4-86325/tol-tanggul-laut-semarang-demak-yuk-intip-desainnya>
- Arioarief. (2010). *peta geologi semarang*. Retrieved July 6, 2021, from <http://aryadhani.blogspot.com/>: <http://aryadhani.blogspot.com/2010/05/peta-geologi-semarang.html>
- Aulialia. (2017). *Penurunan Permukaan Tanah: Penyebab, Dampak dan Upaya Penanggulangan*. Retrieved June 2, 2021, from <https://ilmugeografi.com>: <https://ilmugeografi.com/bencana-alam/penurunan-permukaan-tanah>
- Bayuaji, L., Sumantyo, J. T., & Kuze, H. (2010). ALOS PALSAR D-InSAR for Land Subsidence Mapping in Jakarta, Indonesia. *Can. J. Remote Sensing*, Vol. 36, No 1, 1-8.
- Demak, P. K. (2021). *Goegrafi & Kependudukan*. Retrieved January 20, 2022, from <https://demakkab.go.id>: <https://demakkab.go.id/publikasi/geografi>

- Dwiakkram, N., Ammarohman, F., & Prasetyo, Y. (2021). Studi Penurunan Muka Tanah Menggunakan DInSAR Tahun 2017 – 2020 (Studi Kasus: Pesisir Kecamatan Sayung, Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 269-276.
- Emery, W., & Camps, A. (2017). Chapter 5-Radar. In *Introduction to Satellite Remote Sensing* (pp. 291-453). elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809254-5.00005-1>
- Erlangga, M. A., Prasetyo, Y., & Amarrohman, F. J. (2022). STUDI PENDAHULUAN PENURUNAN MUKA TANAH DI SEKITAR JALUR TOL SEMARANG-DEMAK MENGGUNAKAN GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS) PADA TAHUN 2021. *Jurnal Geodesi Undip*.
- ESA. (2018). *Level-1 Interferometric Wide Swath SLC Products*. Retrieved June 22, 2021, from <https://sentinel.esa.int/https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/products-algorithms/level-1/single-look-complex/interferometric-wide-swath>
- ESA. (2018). *Phase Unwrapping with SNAPHU*. Retrieved August 8, 2021, from <https://step.esa.int:https://step.esa.int/main/snap-supported-plugins/snaphu/>
- ESA, E. (2009). *Overview*. Retrieved June 24, 2021, from <https://sentinel.esa.int:https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/overview>
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2006). *Adjustment Computation Spatial Data Analysis*. Canada: John Wiley and Son.
- Gumilar, I., Abidin, H., Hutasoit, L., Hakim, D., Andreas, H., Sidiq, T., & Gamal, M. (2012). PEMETAAN KARAKTERISTIK PENURUNAN MUKA TANAH BERDASARKAN METODE GEODETIK SERTA DAMPAKNYA TERHADAP PERLUASAN BANJIR DI CEKUNGAN BANDUNG. *Majalah Ilmiah Globe*, 14, No. 1 Juni 2012 : 17 - 27.
- Hanssen, R. (2001). *Radar Interferometry Data Interpretation and Error Analysis*. Delft Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Hanssen, R. F. (2002). *radar Interferometry Data Interpretation and Error Analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Hernan. (2016, Februari 29). *Apa itu QGIS*. Retrieved February 23, 2022, from <https://hernandeaff.wordpress.com>:  
<https://hernandeaff.wordpress.com/2016/02/29/apa-itu-qgis/>
- Ideageo. (2016, Juli 18). *Pengenalan QGIS*. Retrieved February 24, 2022, from <https://www.geodose.com>: <https://www.geodose.com/2016/07/pengenalan-qgis.html>
- Islam, L. F., Prasetyo, Y., & Sudarsono, B. (2017). Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Kota Semarang Menggunakan Citra Sentinel-1 Berdasarkan Metode DInSAR pada Perangkat Lunak Snap. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(2), 29-36.
- Ismullah, I. H. (2004). Pengolahan Fasa untuk Mendapatkan Model Tinggi Permukaan Dijital (DEM) pada Radar Aperture Sintetik Interferometri (INSAR) Data Satelit. 36(1). 11-32.
- Isnaeni, Y., & Farda, N. M. (2020). Analisis Penurunan Muka Tanah Sebagian Kota Semarang Tahun 2017-2019 Menggunakan Citra Sentinel-1A dan Teknik Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DInSAR). *Jurnal Bumi Indonesia*.
- Kahar, J. (2008). *Geodesi*. Bandung: Penerbit ITB.
- KPIP. (2021, September 29). *KPPIP PERCEPAT PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG – DEMAK*. Retrieved Oktober 14, 2022, from <https://kppip.go.id>:  
<https://kppip.go.id/berita/kppip-percepat-pembangunan-jalan-tol-semarang-demak/>
- Kuang, S.-I. (1994). *OPTIMIZATION AND DESIGN OF DEFORMATION MONITORING SCHEMES*. Canada: Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick.

- Meiryani. (2021, Agustus 12). *MEMAHAMI NILAI STANDARD DEVIATION (STANDAR DEVIASI) DALAM PENELITIAN ILMIAH*. Retrieved Oktober 11, 2022, from <https://accounting.binus.ac.id/https://accounting.binus.ac.id/2021/08/12/memahami-nilai-standard-deviation-standar-deviasi-dalam-penelitian-ilmiah/>
- Nivowati, D. (2010). *Peta Geologi Kabupaten Demak*. Retrieved August 12, 2021, from <https://petalengkap.blogspot.com/https://petalengkap.blogspot.com/2015/05/peta-geologi-kabupaten-demak.html>
- Orhan, O., Cabrera, T. O., Wdowinski, S., Yalvac, S., & Yakar, M. (2021). Land Subsidence and Its Relations with Sinkhole Activity in Karapinar Region, Turkey : A Multi-Sensor InSAR Time Series Study. *Sensors*, 774. doi:<https://doi.org/10.3390/s21030774>
- Pepe, A., & Calo, F. (2017). a review of interferometric synthetic aperture RADAR (InSAR) multi-track approach for retrieval of Earth's Surfaces displacements. *Applied Sciences*, 7(12).
- Prasetyo, Y. (2009, Februari 17). *Konsep Sistem Tinggi Geodesi*. Retrieved May 22, 2021, from <https://yudopotter.wordpress.com/https://yudopotter.wordpress.com/2009/02/17/konsep-sistem-tinggi-geodesi/>
- Prasetyo, Y. (2009). *Teori Dasar Deformasi*. Retrieved May 21, 2021, from <https://yudopotter.wordpress.com/https://yudopotter.wordpress.com/2009/05/05/teori-dasar-deformasi/#:~:text=Teori%20Dasar%20Deformasi.%20Pada%20prinsipnya%20beban%20terhadap%20benda,dapat%20dilakukan%20analisis%20dengan%202%20macam%20cara%2C%20>
- Prasetyo, Y., Fakhruddin, & Warasambi, S. M. (2016). Intergrated Analysis of Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) and

- Geological Data for Measuring Deformation Movement of Kaligarang Fault, Semarang-Indonesia . *AIP Conference Proceedings*, (p. 1730). Semarang.
- Praswil, H. (2003, Agustus 29). *penanganan jalur jalan pantura provinsi jawa tengah*. Retrieved Oktober 16, 2021, from <https://pu.go.id/>: <https://pu.go.id/berita/penanganan-jalur-jalan-pantura-provinsi-jawa-tengah>
- Priyastama, R. (2020). *The book of SPSS Analisis dan pengolahan data*. Yogyakarta: START UP.
- Salsabila, A. Q., Prasetyo, Y., & Hadi, F. (2021). Analisis Penurunan Muka tanah (PMT) menggunakan Metode Differential Interferometry Aperture Radar (DInSAR) (studi kasus Pesisir Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi*, 233-240.
- Saputra. (2022, Januari 30). *Kolmogorov-smirnov*. Retrieved Agustus 20, 2022, from <https://ujistatistik.com/>: <https://ujistatistik.com/kolmogorov-smirnov/>
- Sarah, D., Hutasoit, L. M., Delinom, R. M., & Sadisun, I. (2020). Natural Compaction of Semarang-Demak Alluvial Plain and Its Relationship to the Present Land Subsidence. *Indonesian Journal of Geoscince*, 7(3),273-289.
- Sutrisno, E. (2021, November 11). *Tol Semarang-Demak yang Multifungsi*. Retrieved Oktober 3, 2022, from <https://indonesia.go.id/>: <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/3214/tol-semarang-demak-yang-multifungsi>
- Victoria, A. O. (2019, September 23). *Sempat Tertunda, Tol Semarang - Demak Resmi Dibangun*. Retrieved June 22, 2021, from <https://katadata.co.id/>: <https://katadata.co.id/febrinaiskana/berita/5e9a4e6c8bb49/sempat-tertunda-tol-semarang-demak-resmi-dibangun>
- Widada, S., Zainuri, M., Yulianto, G., & Satriadi, A. (2020). Estimation of Land Subsidence Using Sentinel Image Analysis and Its Relation to Subsurface Lithology Based on Resistivity Data in the Coastal Area of Semarang City, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 21(8), 47-56.

Wu, H., Zhang, Y., Kang, Y., & Cheng, X. (2019). Semi-automatic selection optimum image pairs based on the interferometric coherence for time series SAR interferometry. *Remote Sensing Letters*, 10(11), 1105 -1112.