



# Estimasi *Land Subsidence* Dengan Metode *Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar* (Dinsar) Di Pantura Kota Semarang

Alfita Ilfiyaningrum<sup>1</sup>, Rini Kusumawardani<sup>1</sup>, Fisa Savanti<sup>2</sup>, Bambang Setyohadi Kuswarna Putra<sup>2</sup>, Nur Aida<sup>3</sup>, Ruth Biela Simanungkalit<sup>1</sup>, Ghivany Ayu Praditya Ning Putri<sup>1</sup>, Zafira Inas Saraswati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Negeri Semarang,  
Kota Semarang, Indonesia  
fiyaalfita@mail.unnes.ac.id,

<sup>2</sup>Program Studi Teknik  
Arsitektur  
Universitas Negeri Semarang,  
Kota Semarang, Indonesia

<sup>3</sup>Laboratorium Mekanika  
Tanah  
Universitas Negeri Semarang,  
Kota Semarang, Indonesia

## ABSTRAK

Penurunan tanah atau *land subsidence* merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi akibat perubahan posisi suatu objek dalam arah vertikal. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan fenomena ini antara lain penggunaan air tanah yang berlebih, beban permukaan yang berat, serta adanya perubahan tutupan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung dan daya tampung tanah. Meninjau pentingnya fenomena ini terhadap kehidupan manusia secara umum, dan infrastruktur secara khusus maka harus dilakukan monitoring secara berkala untuk mengetahui besarnya nilai penurunan tanah. Monitoring terjadinya penurunan tanah dapat dilakukan dengan metode DINSAR. Metode ini menggunakan perbedaan fase pada citra penginderaan jauh hasil satelit sentinel 1 untuk mengetahui perubahan ketinggian suatu lokasi dari dua waktu pengambilan data Citra. Pengolahan data dengan dukungan SIG dapat dilakukan untuk mendapatkan beda *displacement* atau perpindahan permukaan tanah dalam dua waktu pengambilan data tersebut. Penelitian penurunan tanah di Kawasan Pantura Kota Semarang ini menggunakan data citra Januari 2022 sampai Januari 2023. Dari penelitian ini didapatkan nilai maksimum penurunan tanah 2.5 cm dalam 1 bulan, 5 cm dalam 3 bulan, dan 7.5 cm dalam 1 tahun. Dari data tersebut didapatkan fungsi linear penurunan tanah  $[y] = 4.8058t + 2.8641$ , dengan  $t$  adalah parameter waktu. Dengan fungsi tersebut estimasi penurunan tanah di Pantura Kota Semarang dalam dua tahun adalah 12.48 cm.

**Kata kunci:** *Land subsidence*; Citra sentinel; Estimasi

## ABSTRACT

*Land subsidence is a natural phenomenon that occurs due to changes in the position of an object in the vertical direction. There are several factors that cause this phenomenon, including excessive use of ground water, heavy surface loads, and changes in land cover that are not in accordance with the carrying capacity and carrying capacity of the soil. Considering the importance of this phenomenon to human life in general, and infrastructure in particular, regular monitoring must be carried out to determine the magnitude of land subsidence. Monitoring the occurrence of land subsidence can be done using the DINSAR method. This method uses phase differences in remote sensing images from the Sentinel 1 satellite to determine changes in the height of a location from two image data collection times. Data processing with GIS support can be carried out to obtain differences in displacement or movement of the ground surface during the two data collection times. Measuring land subsidence value in the Pantura area uses image data from January 2022 to January 2023. From this research, the maximum value of land subsidence is 2.5 cm in 1 month, 5 cm in 3 months, and 7.5 cm in 1 year. The linear function of land subsidence  $[y]$  according the data is  $y = 4.8058t + 2.8641$ , where  $t$  is the time*

Corresponding Author:  
✉ Alfita Ilfiyaningrum  
Accepted on: 2023-12-04

*parameter. With this function, the estimated land subsidence of Pantura Kota Semarang in two years is 12.48 cm.*

**Keywords:** *Land Subsidence; Sentinel Imagery; Estimated*

## 1. PENDAHULUAN

Kawasan Pantura Kota Semarang merupakan salah satu pusat kegiatan ekonomi di kota ini. Ada banyak objek vital baik di bidang pendidikan, transportasi, ekonomi, sumberdaya dan energi, serta keamanan di kawasan ini. Sehingga kawasan ini menjadi salah satu objek yang harus diperhatikan terhadap estimasi kerusakan dan bencana. Salah satu fenomena yang terjadi di kawasan ini adalah penurunan tanah atau *land subsidence*. Fenomena *land subsidence* merupakan penurunan tanah yang ditandai dengan adanya perubahan posisi/*displacement* pada arah vertikal negatif. Penurunan tanah disebabkan oleh *Natural subsidence* yang disebabkan oleh faktor alam seperti siklus geologi, aktifitas vulkanik atau tektonik ataupun terdapatnya rongga dibawah permukaan tanah, Pengambilan air tanah, minyak yang terdapat di dalam tanah, atau sering disebut *groundwater extraction*, Pembebanan struktur bangunan atau gedung yang menyebabkan suatu lapisan di dalam tanah mengalami konsolidasi atau kopaksi [1].

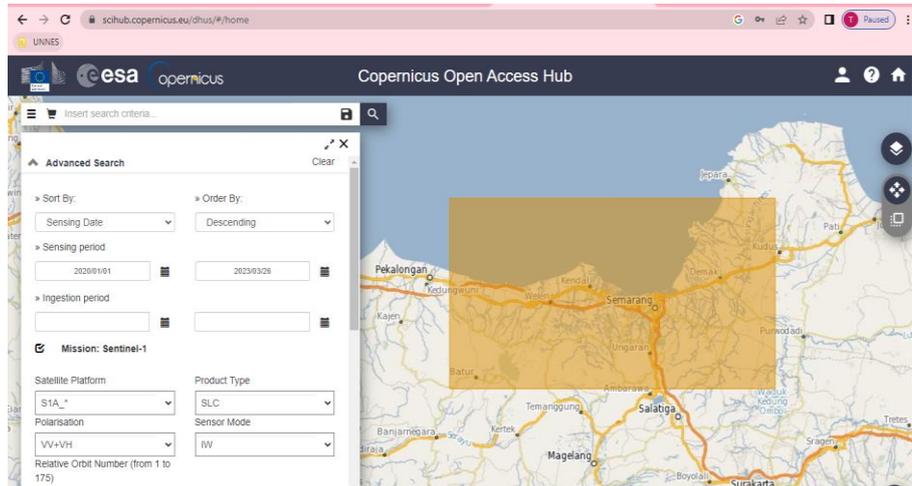
Penelitian sebelumnya mengatakan wilayah yang mengalami penurunan tanah rata-rata/tahun tertinggi berada di Kecamatan Genuk, Pedurungan dan Semarang Utara dengan nilai masing-masing sebesar  $10,35 \pm 1,02$  cm,  $8,31 \pm 2,36$  cm dan  $8,23 \pm 1,58$  cm [2]. Pada tahun 2017 tercatat penurunan tanah pertahun di kawasan Semarang Utara ada pada kisaran 7 cm sampai 9 cm [2]. Penelitian lain di tahun yang sama mengatakan wilayah yang mengalami penurunan tanah rata-rata/tahun tertinggi berada di Kecamatan Genuk, Pedurungan dan Semarang Utara dengan nilai masing-masing sebesar  $10,35 \pm 1,02$  cm,  $8,31 \pm 2,36$  cm dan  $8,23 \pm 1,58$  cm [3]. Dengan metode lain yaitu dengan memanfaatkan teknologi GNSS (*Global Navigation Satellite System*) untuk penurunan tanah Kota Semarang pada tahun 2019 didapatkan laju penurunan tanah di titik pengamatan adalah berada di rentang 1,795 – 7,796 cm per tahun[1].

Fenomena penurunan tanah pada satu tempat yang tidak seragam akan menimbulkan kerusakan infrastruktur seperti penurunan muka jalan, miring/ambruknya tiang pemancar dan tiang listrik, retak dan kebocoran pipa, robohnya bangunan, longsor dan sebagainya. Dampak yang disebabkan ini menjadi urgensi untuk dilakukan pemantauan secara berkala karena berhubungan dengan kondisi pertahanan dan keamanan lokal dan nasional, serta investasi industri dan objek vital lainnya yang tidak sedikit di kawasan ini.

## 2. MATERIAL DAN METODE

### 2.1 Data

Data citra sentinel yang diambil adalah berkisar dari tahun 2020 sampai 2023. Waktu pengambilan dipilih fase kering sehingga tidak terpengaruh fenomena banjir. Pengambilan data dilakukan di web resmi citra sentinel dengan spesifikasi Sentinel 1 yang ditunjukkan pada Gambar 1 [4].



**Gambar 1.** Platform Penyedia Data Citra Sentinel 1

Satelit Sentinel-1 adalah satelit asal Eropa yang mana merupakan satelit pertama dari total 6 misi satelit yang diluncurkan untuk kegiatan Europe’s Copernicus Program. Program ini sebelumnya dinamakan dengan GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) [5].

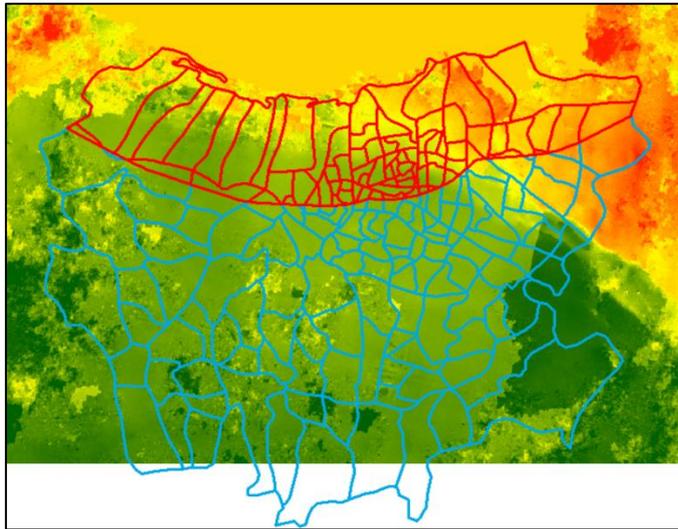
Data citra yang digunakan dalam penelitian ini, mempunyai rincian sebagai berikut:

1. Perhitungan penurunan tanah Kawasan dalam 1 tahun  
Data yang diambil adalah data citra sentinel dengan pengambilan data citra pada tanggal 8 Januari 2023 dan 1 Januari 2022
2. Perhitungan penurunan tanah Kawasan dalam 3 bulan  
Data yang diambil adalah data citra sentinel dengan pengambilan data citra pada tanggal 04 Oktober 2022 dan 8 Januari 2023
3. Perhitungan penurunan tanah Kawasan dalam 1 bulan  
Data yang diambil adalah data citra sentinel dengan pengambilan data citra pada tanggal 05 Januari 2022 dan 10 Februari 2022

**Tabel 1.** Rincian Spesifikasi Data Citra yang digunakan dalam penelitian

No	Parameter	Keterangan
1	Sensing date	Waktu pengambilan data citra pada tanggal 01 Januari 2022; 10 Februari 2022; 4 Oktober 2022; 21 November 2022; 08 Januari 2023
2	Orbit satelit	Arah orbit satelit yang mengambil data citra harus seragam supaya urutan pemotongan spasial sama jadi dipilih orbit satelit descending atau satelit yang mengorbit bumi dari arah utara ke selatan
3	Platform Satelit	Citra Sentinel 1A
4	Polarisasi	VV+VH digunakan untuk analisis fenomena perubahan vertikal
5	Sensor Mode	Digunakan untuk memilih pemotongan bagian citra dipilih sensor IW
6	Produk Type	SLC

Untuk kawasan pantura Kota Semarang yang diambil adalah kawasan dengan radius 5 km dari garis pantai Kota Semarang yang ditunjukkan pada Gambar 2



**Gambar 2.** Kawasan Pantura Kota Semarang (Warna Merah)

## 2.2 Metode

### 2.2.1 Metode Pengolahan Data Cinta Sentinel 1 Menjadi Data Deformasi

Pengolahan data citra Sentinel 1 dilakukan dengan program aplikasi open source yaitu SNAP dengan metode DINSAR (*Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar*). Metode DINSAR menggunakan perbedaan fase pada citra yang diambil dua waktu untuk diterjemahkan atau dikonversi dalam bentuk displacement [6-7]. Pada tahapan pemrosesan yaitu proses koreksi geometrik citra untuk menyesuaikan koordinat citra sesuai dengan koordinat bumi. Koreksi geometrik dilakukan dengan menentukan parameter dan band amplitud VV yang akan diproses menggunakan SRTM sebagai input ke data DEM, pengunduhan data dilakukan secara otomatis, baik DEM dan *Image Resampling* menggunakan metode interpolasi bilinear. Metode ini dianggap mampu meningkatkan resolusi dengan memperkirakan nilai-nilai pixel baru diantara nilai-nilai pixel lama dengan perhitungan komputasi numerik [6]. Perhitungan laju penurunan tanah dapat dilakukan dengan metode sederhana dengan membagi jumlah penurunan tanah dengan waktu yang diambil dari kedua citra [1,8].

$$y = \frac{h_2 - h_1}{\Delta t}$$

Di mana:

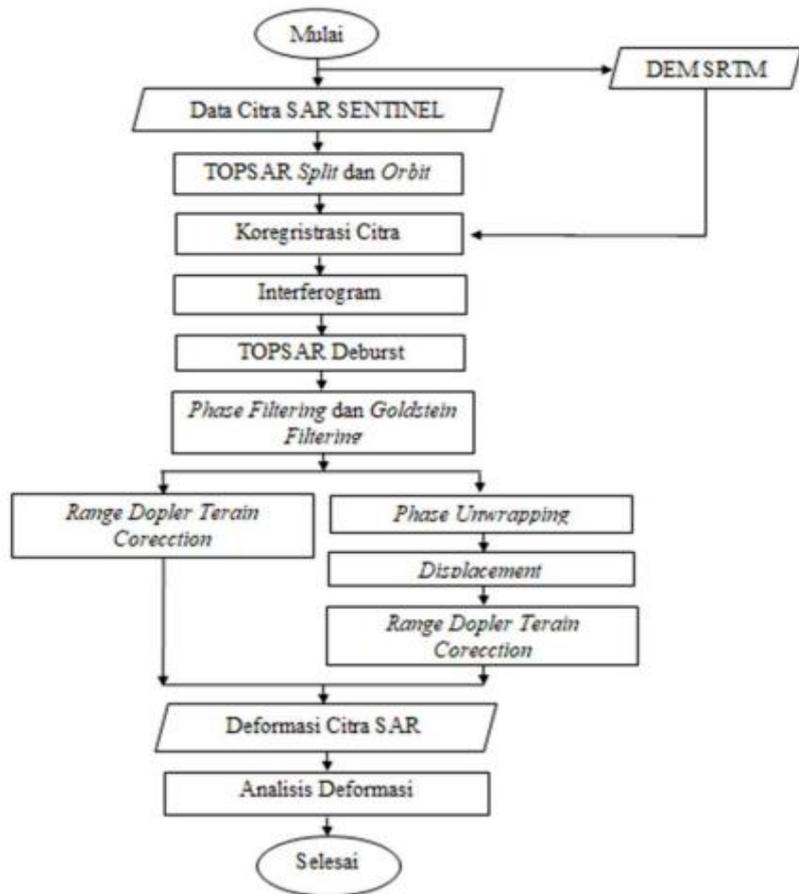
$y$  = Laju penurunan tanah  $\left(\frac{m}{th}\right)$

$h_2$  = Tinggi permukaan tanah pada waktu akhir citra (m)

$h_1$  = Tinggi permukaan tanah pada waktu awal (m)

$\Delta t$  = Rentang waktu awal dan akhir (tahun)

Tahapan pengolahan data citra Sentinel dengan SNAP ditunjukkan pada Gambar 2 [7].



**Gambar 3.** Diagram Alur Pengolahan data Citra Sentinel

Satelit sentinel merupakan salah satu satelit penginderaan jauh, yaitu penginderaan objek untuk menentukan posisi objek dari beda fase pengambilan data radar [8-12]. Penentuan posisi tidak hanya ditentukan oleh fase radar tetapi juga menggunakan satelit GNSS dalam menentukan posisi absolut dari satelit [13-16]. Sehingga dalam pelaksanaannya terdapat koreksi dari topografi karena adanya hubungan antara posisi yang diakuisisi oleh radar sentinel dengan kondisi topografi di permukaan bumi [17-18].

### 2.2.2 Metode Penarikan Fungsi Penurunan Tanah

Penarikan fungsi estimasi/forecasting laju penurunan tanah dilakukan dengan pendekatan metode aljabar linear dengan metode matriks [19]. Diambil beberapa titik yang mempunyai laju penurunan tanah besar kemudian dilakukan penarikan fungsi di titik-titik tersebut. Penarikan fungsi matriks ini menggunakan software opensource Octave GNU yang merupakan software bebas yang mempunyai fungsi hampir sama dengan Matlab. Formulasi penarikan dengan metode Matriks ini menggunakan persamaan Aljabar linear sederhana sebagai berikut [19]:

$$A \cdot x = f$$

Sehingga x dapat diketahui dengan:

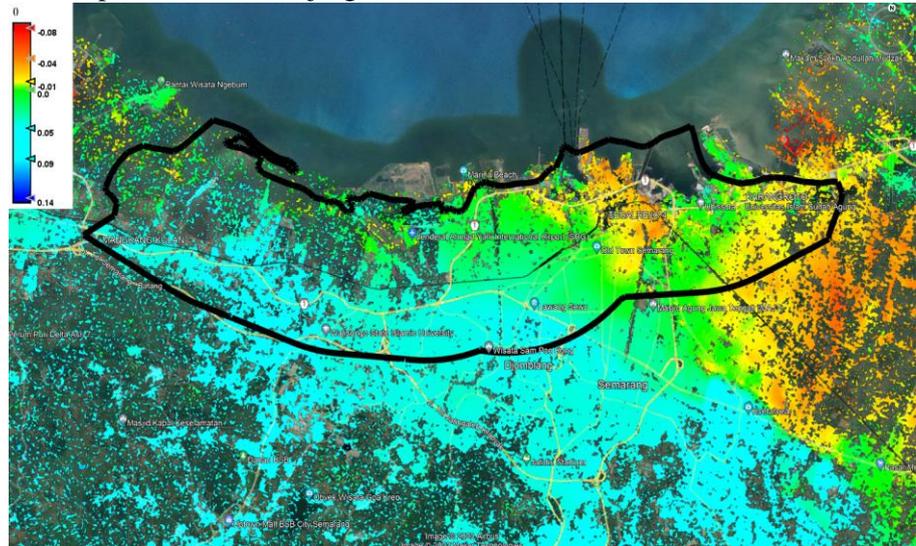
$$x = [A^T A]^{-1} \cdot [A^T f]$$

Pada persamaan tersebut matriks A adalah pendekatan fungsi yang akan dicari, sedangkan x merupakan hubungan displacement dengan waktu, dan f adalah hasil dari laju land subsidence hasil pengamatan citra. Berdasarkan pendekatan ini dapat diketahui nilai A, x, maupun f sehingga, fungsi f yang merupakan hubungan displacement/penurunan tanah terhadap waktu diketahui. Fungsi



### 3.3 Hasil Penurunan Tanah di Pantura Kota Semarang dalam 1 Tahun

Hasil pengolahan data citra untuk analisis terjadinya *displacement* di Kawasan Pantura Kota Semarang digunakan data citra dengan pengambilan data citra yang akuisisi datanya pada tanggal 5 Januari 2022 dan 8 Januari 2023. Tanggal yang diambil tidak tepat 1 tahun dikarenakan satelit penginderaan jauh tidak mengindera bumi setiap hari sehingga diambil waktu akuisisi yang mendekati untuk analisis penurunan tanah dalam 1 Tahun. Hasil analisis penurunan tanah dalam waktu satu bulan di kawasan Pantura Kota Semarang yang ditunjukkan pada Gambar 6. Nilai penurunan tanah di kawasan Pantura ditunjukkan oleh skala negatif yaitu berada pada nilai 0 sampai -0.075 meter atau sekitar 0 sampai 7.5 cm penurunan dalam jangka waktu 1 Tahun.



**Gambar 6.** Hasil Penurunan Tanah Kawasan Pantura Kota Semarang dalam 1 Tahun

### 3.4 Analisis Nilai Penurunan Tanah di Pantura Kota Semarang

Penentuan fungsi penurunan tanah untuk tujuan prediksi ini dibuat berdasarkan pengambilan data hanya 1 tahun, untuk data yang lebih bagus dapat dilakukan pengamatan dan pengolahan citra dalam kurun waktu lebih panjang untuk mendapatkan fungsi yang lebih dekat dengan kondisi sebenarnya. Berdasarkan hasil pengolahan citra yang ditunjukkan pada Gambar sebelumnya didapatkan nilai maksimum setiap rentang waktu yang ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Resume Hasil Penurunan Tanah

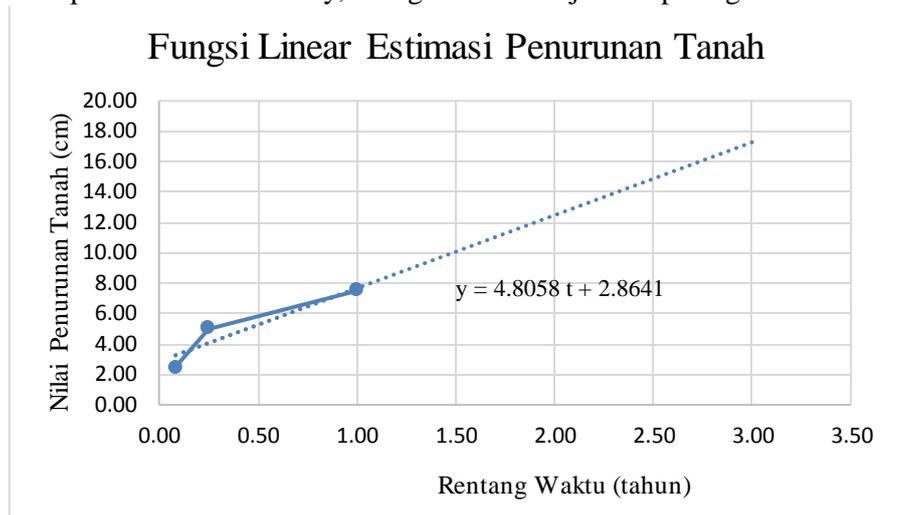
No	t=Waktu (tahun)	Displacement /penurunan tanah (cm)	keterangan
1	0.13	0 sampai -2.5	1 bulan
2	0.25	0 sampai -5	3 bulan
3	1.00	0 sampai -7.5	1 tahun

Berdasarkan tabel di atas dan visualisasi hasil pengolahan citra Sentinel 1 terjadi penurunan tanah yang bervariasi terhadap skala waktu baik pada penurunan tanah dalam 1 bulan, 3 bulan, atau 1 tahun. Ada wilayah yang awalnya pada bulanan terjadi penurunan tanah pada hasil 3 bulan akan terjadi sedimentasi atau penambahan level tanah, data yang sama terjadi pada fenomena tanah untuk perubahan 1 tahun. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya perkembangan infrastruktur dan kondisi iklim sehingga ada kawasan pada selisih 1 bulan terjadi penurunan tanah tetapi saat diambil perubahan ketinggian tanah dalam 1

tahun tidak terjadi penurunan level tanah melainkan penambahan yang ditanya dengan nilai positif.

### 3.5 Fungsi Forecasting Penurunan Tanah di Pantura Kota Semarang

Berdasarkan data pada Tabel 2 didapatkan hubungan linear antara  $t$  dimana  $t$  adalah waktu dalam tahun dengan nilai penurunan tanah. Komponen  $t$  pada fungsi tersebut sebagai fungsi sumbu-x, dan penurunan tanah dinotasikan  $y$  merupakan nilai di sumbu y, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 7.** Estimasi Fungsi Penurunan Tanah

Fungsi yang dihasilkan berdasarkan data ini dapat digunakan untuk prediksi angka penurunan tanah untuk waktu mendatang dengan fungsi yang sama dan jumlah waktu yang berbeda. Sehingga didapatkan data prediksi penurunan tanah untuk kawasan Pantura Kota Semarang didapatkan Persamaan penurunan Tanah sebagai berikut:

Fungsi Forecasting Land Subsidence [ $y$ ] untuk Penurunan Tanah Maksimum di Kawasan Pantura Kota Semarang:

$$y = 4.8058 t + 2.8641$$

Fungsi ini didapatkan dengan mencari hubungan linear antara nilai penurunan tanah dengan parameter waktu. Berdasarkan fungsi yang membentuk data penurunan tanah dalam 1 bulan, 3 bulan, dan 1 tahun ini kemudian digunakan untuk estimasi nilai penurunan tanah dalam 1 tahun ke depan didapatkan nilai 12.48 cm dalam 2 tahun yang ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Hasil Estimasi dari Fungsi Forecasting

No	Nilai Penurunan Tanah dari Data (cm)	Nilai Penurunan Tanah Estimasi Fungsi (cm)	Keterangan
1	2.5	3.26	1 bulan
2	5.0	4.07	3 bulan
3	7.5	7.67	1 tahun
4	-	<b>12.48</b>	2 tahun

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur dan analisis hasil pengolahan data dalam penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai maksimal penurunan tanah Kawasan Pantura Kota Semarang dalam satu bulan adalah 2.5 cm
2. Nilai maksimal penurunan tanah Kawasan Pantura Kota Semarang dalam tiga bulan adalah 5 cm
3. Nilai maksimal penurunan tanah Kawasan Pantura Kota Semarang dalam satu tahun adalah 7.5 cm
4. Fungsi estimasi nilai penurunan tanah yang didapatkan dari hasil pengolahan citra Januari 2022 sampai Februari 2023 adalah  $y = 4.8058t + 2.8641$  dengan  $t$  adalah waktu dalam tahun dan  $y$  adalah nilai penurunan tanah.
5. Hasil estimasi penurunan tanah dalam rentang waktu dua tahun adalah 12.48 cm untuk Kawasan Pantura Kota Semarang.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada beberapa pihak di bawah ini:

1. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang sudah memberikan hibah pendanaan penelitian dengan sumber dana DPA FT UNNES
2. Seluruh Civitas Akademika di Program Studi Teknik Sipil UNNES yang memberikan dukungan dalam penyusunan altikel ini

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lisa N. I., at al, "Analisis Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Metode Survei Gnsst Tahun 2019", *Jurnal Geodesi Undip*, Volume 9, Nomor 2, Tahun 2020, (ISSN :2337-845X)
- [2] <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/penurunan-laju-tanah-di-semarang-utara-hingga-9-cm-per-tahun-badan-geologi-lakukan-upaya-pencegahan>
- [3] Lukman J. F. I., at al, "Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Kota Semarang Menggunakan Citra Sentinel-1 Berdasarkan Metode Dinsar Pada Perangkat Lunak Snap", *Jurnal Geodesi Undip* Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, (ISSN : 2337-845X)
- [4] <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- [5] Qonita Amriyah, at al., "Analisis Perbandingan Data Level-1 Sentinel-1A/B (Data SLC dan GRD) Menggunakan Software SNAP dan GAMMA", *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6* Tahun 2019
- [6] Fajrin, at al., "Pemanfaatan Citra Sentinel-1 SAR Untuk Deteksi Banjir Studi Kasus Pangkalan Koto Baru Sumatera Barat", *Seminar Nasional, SPI-4*, 10 Oktober 2019, Padang, Sumatera Barat
- [7] I Gede Boy Darmawan, at al, "Aplikasi Dinsar Untuk Identifikasi Deformasi Permukaan Gunung Anak Krakatau Pada Peristiwa Longsor Sebelum Tsunami Selat Sunda", *Jurnal Geosaintek*, Vol. 7 No. 2 Tahun 2021. 83-92. p-ISSN: 2460-9072, e-ISSN: 2502-3659
- [8] Gunawan Nawawi, "Penentuann Beda Tinggi", *Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan*, Jakarta, 2001
- [9] Charles D. Ghilani dan aul R. Wolf, "Elementary Surveying An Introduction to Geomatics, thirteenth edition, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River", *New Jersey* 07458, 2012
- [10] Firman Farid Muhsoni, "Penginderaan Jauh". *UTM Press, Bangkalan*, 2015
- [11] <http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/srgi-sebagai-referensi-tunggal-penyelenggaraani>
- [12] Lampiran Peraturan Menteri Dalam Negeri nomer 76. Jakarta : Menteri

- Dalam Negeri Indonesia, Menteri Dalam Negeri. 2012. "Peraturan Menteri Dalam Negeri nomer 76". *Jakarta : Menteri Dalam Negeri*
- [13] Lillesand, T.M., at al, "Remote Sensing and Image Interpretation". *Fifth edition. New York. John Wiley and Sons*, 2008.
- [14] Ratriwijaya, 2012. "Konsep Pengukuran dan Konsep Penentuan Posisi". *Bandung. Jurnal Penentuan Posisi GPS* Vol 3 edisi 2 PP 34-44
- [15] (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional). 1996. "Klasifikasi, Standar Survei dan Spesifikasi Survei Kontrol Geodesi". *Cibinong, Pusat Pemetaan, Bakosurtanal*, Versi 1, Februari 1996
- [16] Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional), BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2002. SNI 19-6724-2002 "Jaring Kontrol Horizontal". *BPN (Badan Pertanahan Nasional)*. 1997.
- [17] Abidin Hasanuddin Z, Andrew Jones dan Kahar Joenil. "Survei Dengan GPS". *Jakarta, PT.Pradnya Paramita*, 1995.
- [18] Abidin Hasanuddin Z. "Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya". *Jakarta PT.Pradnya Paramita*, 2007.
- [19] Howard Anton dan Chris Rorres, "Elementary Linear Algebra 10 th Edition"
- [20] Iesyah Rodiyah, "Aplikasi Interpolasi Lagrange dan Ekstrapolasi dalam Peramalan Jumlah Penduduk", *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika UNY*, 2015
- [21] Emelia Lette , at al, "Prediksi Penjualan Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda", *Jurnal Sistem Informasi TGD*, Volume 1, Nomor 3, Mei 2022, Hal 128-138 P-ISSN : 2828-1004 ; E-ISSN : 2828-2566  
<https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsi>