

**Analisis Penurunan Muka Tanah Sebagian Kota Semarang Tahun 2017-2019
Menggunakan Citra Sentinel-1A dan Teknik *Differential Interferometry
Synthetic Aperture Radar* (DInSAR)**

Yunus Isnaeni
isnaenyunus11@gmail.com

Nur Mohammad Farda
farda@ugm.ac.id

Abstrak

Penurunan muka tanah di Kota Semarang terjadi dalam kurun waktu yang lama dan terjadi sangat lambat sehingga sulit untuk melakukan pengukuran untuk mendeteksinya. Pemanfaatan citra Sentinel-1A dengan metode DInSAR dapat membantu mempercepat analisis dan estimasi laju penurunan muka tanah. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah DInSAR *Two Pass Interferometri* dengan memanfaatkan dua citra yang memiliki waktu perekaman berbeda. Hasil pemrosesan menunjukkan bahwa terjadi penurunan muka tanah sebesar 9,5 cm dalam kurun waktu dua tahun dengan laju penurunan muka tanah sebesar 4,75 cm/tahun. Tingkat kesalahan hasil estimasi penurunan muka tanah sangat kecil yaitu sebesar $2,7285 \times 10^{-4}$.

Kata kunci : Sentinel-1A, DInSAR, Penurunan Muka Tanah

Abstract

Land subsidence in Semarang City occurred over a long time and was very slow. Therefore, it is difficult to be detected and measured. This research used Sentinel-1A imagery and DInSAR method was applied to expedite the estimation of the rate of soil decline. DInSAR Two Pass Interferometry was applied for two multitemporal imageries. The results of image processing indicate a decrease in land surface of 9.5 cm in two years was occurred with a rate of land subsidence of 4.75 cm / year. The land subsidence estimation error is $2,7285 \times 10^{-4}$.

Keywords: Sentinel-1A, DInSAR, Interferometry, Land Subsidence

PENDAHULUAN

Penurunan muka tanah (*land subsidence*) merupakan salah satu bencana yang dialami oleh kota-kota besar di Indonesia. Penurunan muka tanah merupakan kondisi yang cukup serius dan perlu diperhatikan. Banyak faktor yang mengakibatkan turunnya suatu permukaan tanah, misalnya disebabkan karena faktor alam yang berhubungan dengan kondisi

tanah, struktur geologi, dan kesesuaian lahan pembangunan. Selain itu, pemanfaatan air tanah, konsolidasi dan pembebanan yang terjadi di Kota Semarang mempengaruhi penurunan muka tanah secara bersama-sama dan simultan (Yuwono, dkk., 2013).

Proses penurunan muka tanah sangat lambat sehingga sulit untuk melakukan pengukuran untuk mendeteksinya. Salah

satu metode yang memanfaatkan teknologi radar dalam melakukan deteksi penurunan muka tanah adalah DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*). Citra radar Sentinel-1A dengan metode DInSAR dapat memungkinkan pengukuran penurunan muka tanah hingga akurasi sentimeter (cm). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai besar dan laju penurunan muka tanah (PMT) di sebagian Kota Semarang tahun 2017 – 2019 menggunakan metode DInSAR *two-pass interferometry*.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

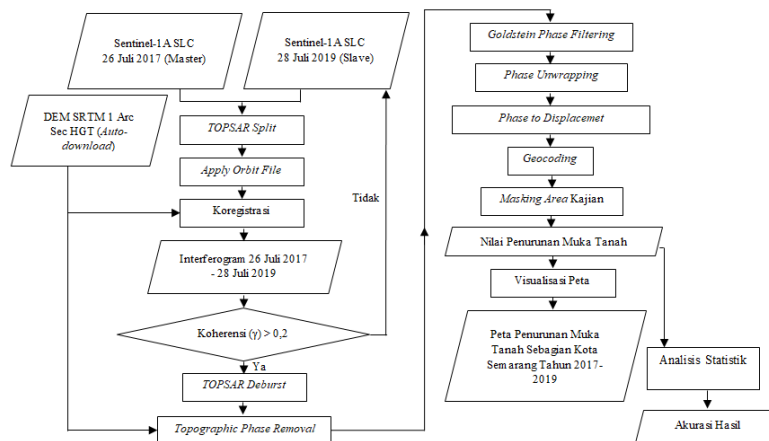
Penelitian ini dilaksanakan di sebagian Kota Semarang yaitu bagian utara yang dekat dengan Laut Jawa. Area penelitian terletak pada 6°55'52.49" LS - 7°4'50.44" LS dan 110°17'11.52" BT - 110°30'34.44" BT. Wilayah pesisir Kota Semarang tersebut paling banyak mengalami kejadian penurunan muka tanah yang disebabkan karena konsolidasi, pembebanan, dan pemanfaatan air tanah. Sedangkan wilayah dibagian selatan cenderung mengalami kejadian longsor (gerakan tanah). Wilayah Kota Semarang bagian utara juga memiliki tutupan vegetasi minimum dengan topografi yang datar sehingga pemanfaatan data

Sentinel-1A dapat dioptimalkan dengan baik. Area kajian dibatasi oleh batas struktur geologi endapan permukaan aluvium berdasarkan peta struktur geologi dari Bappeda Pemerintah Kota Semarang. Kondisi material aluvium yang masih muda (quarter awal) tersebut menyebabkan fenomena penurunan muka tanah akan berlangsung hingga saat ini.

Alat dan Bahan

1. Laptop yang dilengkapi dengan:
 - a. Perangkat lunak SNAP 6.0 untuk melakukan pengolahan DInSAR citra Sentinel-1A yang dilengkapi dengan *plugin Snaphu*
 - b. Perangkat lunak ArcMap 10.4.1 untuk melakukan ekstraksi nilai dan visualisasi data
2. Citra Sentinel-1A SLC tanggal perekaman 26 Juli 2017 dan 28 Juli 2019 dengan mode perekaman IW, polarisasi VV dan VH serta sudut pandang yang sama yaitu *descending*.
3. Peta Administrasi Kota Semarang (<https://openstreetmap.id/>)
4. DEM SRTM 1 Arc Sec HGT (*Auto-download*)

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Penurunan Muka Tanah Hasil DInSAR

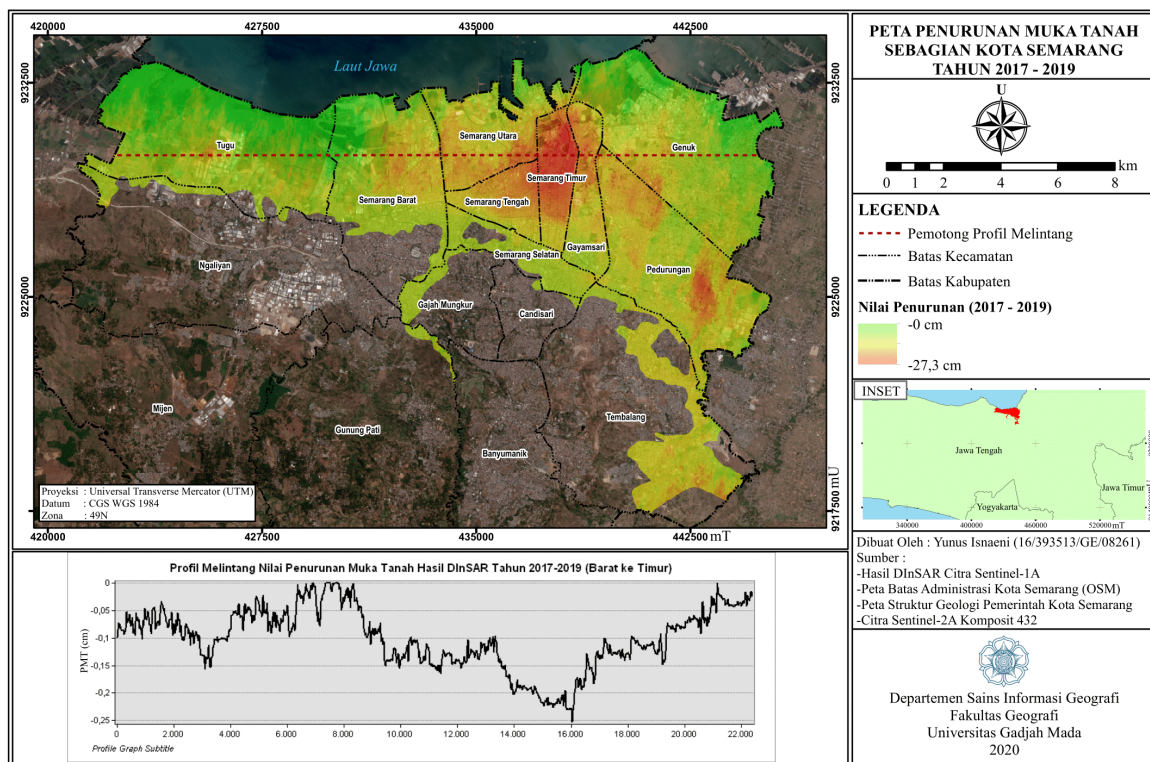
Hasil pemrosesan citra Sentinel-1A tanggal perekaman 26 Juli 2017 dan 28 Juli 2019 menggunakan metode DInSAR *Two Pass Interferometry* menunjukkan bahwa hampir di seluruh bagian area kajian penelitian mengalami penurunan muka tanah dalam kurun waktu dua tahun (2017-2019). Secara umum, hasil DInSAR menunjukkan bahwa wilayah Kota Semarang bagian utara memiliki kecenderungan penurunan muka tanah yang semakin besar dari barat menuju ke timur. Nilai penurunan muka tanah yang terjadi dari tahun 2017 hingga 2019 pada area kajian memiliki nilai yang bervariasi. Terdapat wilayah yang tidak mengalami penurunan tanah akibat telah mengalami penenggelaman air laut hingga wilayah dengan nilai penurunan tanah mencapai 27,3 cm dalam kurun waktu dua tahun. Analisis statistik pemrosesan DInSAR menunjukkan bahwa nilai rata-rata penurunan muka tanah

wilayah kajian pada tahun 2017 hingga tahun 2019 adalah sebesar 9,5 cm dengan nilai rata-rata laju penurunan muka tanah sebesar 4,75 cm/tahun. Nilai estimasi penurunan muka tanah di Kota Semarang tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, yang mana berdasarkan penelitian yang dilakukan Islam et al. (2017) menyebutkan bahwa nilai laju penurunan tanah Kota Semarang tahun 2015-2016 adalah sebesar 4,37 cm/tahun. Penelitian yang dilakukan Christy (2018) menyebutkan bahwa nilai laju penurunan muka tanah Kota Semarang tahun 2016-2017 adalah sebesar 3,24 cm/tahun.

Setiap bagian wilayah kajian memiliki potensi penurunan muka tanah yang berbeda-beda. Perbedaan pemanfaatan lahan, kepadatan bangunan yang berkaitan dengan beban bangunan di atasnya, adanya pemanfaatan air tanah yang berlebih hingga perbedaan kedalaman lapisan aluvium di

wilayah tersebut berpengaruh pada besarnya nilai penurunan muka tanah. Berdasarkan analisis peta penurunan muka tanah hasil pemrosesan DInSAR dilihat dari visualisasi peta dan profil melintang wilayah kajian dari barat ke timur pada Gambar 2, pusat episentrum kejadian penurunan muka tanah berada di sekitar Kecamatan Semarang Timur dan Semarang Tengah. Profil melintang yang dibuat dari arah barat menuju timur menunjukkan adanya variasi nilai penurunan muka tanah di wilayah kajian. Wilayah Kota Semarang bagian barat dan timur memiliki nilai penurunan muka

tanah yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan fenomena penurunan muka tanah di Kota Semarang bagian tengah wilayah kajian. Wilayah tersebut memiliki kecenderungan karakteristik wilayah berupa bangunan padat penduduk dan tidak memiliki wilayah berupa sawah/ladang. Sedangkan wilayah pada bagian barat dan timur cenderung memiliki tutupan bangunan yang minim serta banyak memiliki lahan berupa sawah dan ladang. Kondisi bangunan yang berdisi di atas permukaan sangat berpengaruh pada besarnya nilai penurunan muka tanah yang terjadi.



Gambar 2. Peta Penurunan Muka Tanah Sebagian Kota Semarang Tahun 2017-2019

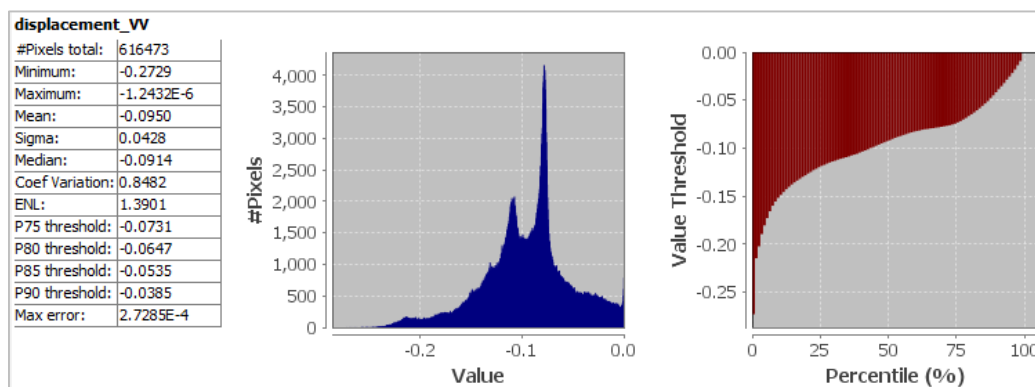
Kemampuan Sentinel-1A dalam Estimasi PMT

Kemampuan citra Sentinel-1A dalam

mengestimasi nilai penurunan muka tanah di

sebagian Kota Semarang tahun 2017 hingga 2019 dilihat dengan menganalisis statistik hasil pemrosesan DInSAR sebagai penilaian utama akurasi hasil, sesuai pada Gambar 3. Keterbatasan data sekunder menjadi kendala penelitian ini dalam melakukan uji akurasi hasil pemrosesan. Statistik hasil diperoleh secara langsung pada perangkat yang digunakan untuk melakukan pengolahan metode DInSAR *two pass interferometry* yaitu aplikasi SNAP. Akurasi diperoleh dari nilai statistik *maximum error* hasil pemrosesan. Metode dalam menilai akurasi hasil ini mengadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Maulidyah (2018) yang mana keterbatasan data sekunder juga menjadi kendala dalam menilai akurasi hasil estimasi penurunan muka tanah.

Akurasi hasil pemrosesan DInSAR



Gambar 3. Statistik Hasil Pemrosesan

Meskipun data sekunder yang sangat terbatas, penelitian ini memanfaatkan nilai pengukuran pada penelitian sebelumnya dengan tahun penelitian yang sama namun metode yang berbeda sebagai data bantu dalam penilaian akurasi hasil. Metode yang

pada wilayah kajian dalam mengestimasi penurunan muka tanah tahun 2017 hingga 2019 menunjukkan bahwa tingkat kesalahan nilai penurunan muka tanah sebesar $2,7285 \times 10^{-4}$. Nilai estimasi error hasil pemrosesan terbilang sangat kecil dengan rata-rata penurunan muka tanah dalam kurun waktu dua tahun sebesar 9,5 cm dan laju penurunan muka tanah sebesar 4,75 cm/tahun. Rendahnya nilai error yang dihasilkan menunjukkan bahwa akurasi hasil pemrosesan DInSAR *two pass interferometry* dalam mengestimasi penurunan muka tanah di sebagian Kota Semarang tahun 2017-2019 sangat baik. Citra Sentinel-1A sangat baik dalam mengestimasi penurunan muka tanah pada kondisi wilayah yang memiliki topografi datar dengan minimum tutupan vegetasi

digunakan dalam penelitian tersebut adalah metode GNSS (*Global Navigation Satellite System*) yang mana nilai penurunan muka tanah didapatkan dari perbandingan perubahan ketinggian titik pengamatan dalam kurun waktu tertentu. Survei GNSS

menggunakan perangkat GPS yang dapat memberikan beda tinggi elipsoid dengan ketelitian hingga milimeter (Istiqomah et al., 2020). Metode ini dapat dilakukan secara kontiyu tanpa tergantung oleh waktu dan cuaca, dikarenakan alat ukur (*receiver* GNSS) dapat digunakan baik siang dan malam (Wirawan et al., 2019).

Data Sekunder yang digunakan membantu dalam menilai akurasi hasil sesuai pada Tabel 1 menggunakan data pengukuran penurunan muka tanah tahun 2017-2018 oleh Wirawan et al. (2019) dan data penurunan muka tanah tahun 2018-2019 oleh Istiqomah et al. (2020). Meskipun jumlah data kurang representatif terhadap luasan wilayah kajian, namun data tersebut

sesuai dengan tahun penelitian yang dilakukan (2017-2019), sehingga dapat membantu menilai akurasi hasil. Berdasarkan hasil komparasi data GNSS dengan data hasil DInSAR, menunjukkan bahwa rata-rata selisih laju penurunan muka tanah sebesar 0,908 cm dengan standar deviasi sebesar 0,502 cm. Perbedaan hasil DInSAR dengan GPS yang cukup kecil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan citra Sentinel-1A dengan metode DInSAR *two pass interferometry* dalam mengamati fenomena penurunan tanah di Kota Semarang tahun 2017-2019 menunjukkan hasil yang baik dan dapat digunakan dalam mempercepat analisis & perhitungan laju penurunan muka tanah.

Tabel 1. Komparasi Data GNSS dengan Hasil DInSAR (2017-2019)

Titik	Lintang (x)	Bujur (y)	Laju PMT 2017-2018 (GNSS) (cm/tahun)	Laju PMT 2018-2019 (GNSS) (cm/tahun)	Rata-Rata Laju PMT 2017-2019 (GNSS) (cm/tahun)	PMT 2017-2019 (DInSAR) (cm)	Rata-Rata Laju PMT 2017-2019 (DInSAR) (cm/tahun)	Selisih Laju PMT 2017-2019 (GNSS - DInSAR) (cm/tahun)
SMK3	-6,9948437	110,4305127	2,953	5,346	4,149	8,691	4,346	0,197
N259	-6,9837613	110,4095295	4,590	3,623	4,107	9,422	4,711	0,604
K371	-6,9792449	110,3767764	0,410	4,075	2,242	7,409	3,704	1,462
KOP8	-6,9733111	110,4150332	6,171	5,265	5,718	15,900	7,950	2,232
Standar Deviasi (cm)								0,908
Rata-Rata Selisih (cm)								0,562

(Sumber : Wirawan et al. (2019), Istiqomah et al. (2020), dan Hasil Analisis)

KESIMPULAN

1. Hasil pemrosesan citra Sentinel-1A metode DInSAR *two pass interferometry* di

sebagian Kota Semarang tahun 2017-2019 menunjukkan bahwa terjadi penurunan muka tanah sebesar 9,5 cm dengan laju penurunan muka tanah sebesar 4,75 cm/tahun.

2. Akurasi hasil pemrosesan DInSAR pada wilayah kajian dalam mengestimasi penurunan muka tanah tahun 2017 hingga 2019 menunjukkan bahwa tingkat kesalahan nilai penurunan muka tanah sebesar $2,7285 \times 10^{-4}$. Komparasi data GNSS dengan data hasil DINSAR, menunjukkan bahwa rata-rata selisih laju penurunan muka tanah sebesar 0,908 cm dengan standar deviasi

sebesar 0,502 cm. Rendahnya nilai kesalahan dan nilai selisih hasil komparasi data yang diperoleh menunjukkan bahwa akurasi hasil pemrosesan DInSAR *two pass interferometry* sangat baik dalam mengestimasi penurunan muka tanah di sebagian Kota Semarang tahun 2017-2019. Citra Sentinel-1A sangat baik digunakan dalam mengestimasi penurunan muka tanah pada kondisi wilayah yang memiliki topografi datar dengan minimum tutupan vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

Christy, YA 2018, 'Kaitan Penurunan Muka Tanah Dari Citra Sentinel 1A dan Muka Air Tanah Di Kota Semarang Tahun 2016-2017', Skripsi S1, Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Islam, LJJ, 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*, vol. 6, no. 2, diakses tanggal 12 Januari 2020, <https://media.neliti.com/media/publications/83346-ID-none.pdf>

Istiqomah, LNN, Sabri, LM & Sudarsono, B 2020, ' Analisis Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Metode Survei GNSS Tahun 2019', *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 9, pp. 2018-216.

Maulidyah, F 2018, 'Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pemodelan Jalur Alternatif

Pembuangan Lumpur Sidoarjo', Skripsi S1, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wirawan, AR, Yuwono, BD & Sabri, LM 2019, 'Pengamatan penurunan Muka Tanah Kota Semarang Metode Survei GNSS Tahun 2018', *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 8, pp.418-427.

Yuwono, BD, Abidin, HZ, & Hilmi, M 2013, *Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah di Kota Semarang*, vol. 1, no. 1, https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/700/813