

**ANALISIS PENURUNAN MUKA TANAH (PMT) MENGGUNAKAN METODE
DIFFERENTIAL INTERFEROMETRY SYNTHETIC APERTURE RADAR (DINSAR)
(Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Demak)**

Atina Qothrunnada Salsabila^{*)}, Yudo Prasetyo, Firman Hadi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: atinaqothrunnadas@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan air tanah yang disebabkan oleh banyaknya kawasan pabrik serta pembangunan yang berlangsung merupakan beberapa faktor yang menyebabkan topografi Kabupaten Demak semakin turun. Kondisi ini membuat banjir pasang di bagian barat Kabupaten Demak. Akibat terjadi banjir yang terus menerus, maka diperlukannya pemantauan khusus sebagai salah satu upaya mitigasi bencana. Pemanfaatan metode penginderaan jauh saat ini sudah memiliki banyak inovasi salah satunya yaitu untuk pemantauan Penurunan Muka Tanah (PMT). Penelitian ini menggunakan Citra Sentinel 1-A yang diakuisisi bulan Oktober 2018 dan Januari 2020. Data SLC digunakan untuk mengetahui nilai PMT dengan metode *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (DInSAR). Hasil dari penelitian ini adalah Peta PMT wilayah pesisir Kabupaten Demak. Nilai PMT terbesar berada di desa Morodemak, Jatigoro, Serangan, dan Wedung Kecamatan Bonang yang masing-masing sebesar ± 10 cm/tahun. Kecamatan Sayung memiliki nilai Kenaikan Muka Tanah (KMT) yang paling besar yaitu ± 10 cm/tahun karena adanya peninggian jalan untuk pembangunan jalan tol Demak-Semarang pada tahun 2020.

Kata Kunci: Banjir, DInSAR, Penginderaan Jauh, Penurunan Muka Tanah

ABSTRACT

The increasing use of groundwater caused by the large number of factory areas and ongoing development are some of the factors that have led to the decline in the topography of Demak Regency. This condition make tidal floods in the western of Demak Regency. As a result of continuous flooding, special monitoring is needed as one of the disaster mitigation efforts. Currently, remote sensing methods have many innovations such as for monitoring Land subsidence. This research uses SLC and GRD Sentinel 1-A imagery in Oktober 2018 and Januari 2020. SLC data used to determine land subsidence value with the Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) method. The research results are the Map of land subsidence on the coastal area of Demak Regency. The highest land subsidence is in Morodemak, Jatigoro, Serangan, and Wedung in Bonang District, each of which was ± 10 cm/year. Sayung District has the highest uplift value, which is ± 10 cm/year, due to elevated road for constructing the Demak-Semarang toll road in 2020.

Keywords: DInSAR, Flood, Land Subsidence, Remote Sensing

**) Penulis Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Daerah pesisir (*coastal area*) merupakan wilayah yang memiliki aktivitas dan fenomena alam yang rumit atau kompleks. Daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut merupakan definisi wilayah pesisir menurut Undang-Undang (UU) Nomor 27 tahun 2007 yang menjelaskan tentang Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.

Penurunan muka tanah, banjir pasang, kenaikan muka air laut, sedimentasi, dan erosi merupakan fenomena yang sering terjadi di daerah pesisir yang berdampak dalam lingkungan. Selain fenomena alam perubahan lingkungan juga dipengaruhi oleh kegiatan aktivitas manusia yang terjadi di lingkungan itu (Marfai dan King, 2008). Genangan pasang air laut dan banjir di wilayah pesisir Kabupaten Demak sudah terjadi sejak lama. Salah satu penyebab terjadinya banjir pada daerah tersebut adalah penurunan muka tanah. Penggunaan air tanah yang terus meningkat juga mempengaruhi terjadinya PMT. Kabupaten Demak berada di sebelah utara pulau Jawa dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Letak geografis tersebut juga berpengaruh terhadap terjadinya banjir pasang maupun banjir di wilayah tersebut serta jenis tanah di daerah pesisir Kabupaten Demak merupakan tanah Aluvial dimana jenis tanah tersebut merupakan tanah muda yang dihasilkan dari endapan batuan sehingga jenis tanah ini lebih mudah mengalami penurunan tanah. Seperti yang terjadi pada bulan Oktober 2016 Desa Sriwulan dan Bendono di Kecamatan Sayung terjadi banjir pasang yang nyaris tidak ada hentinya. Kasus lainnya terjadi pada tahun 2019 banjir pasang melanda empat kecamatan di Kabupaten Demak di antaranya Kecamatan Sayung, Karangtengah, Wedung dan Bonang. Menurut Kepala BPBD Demak, Agus Nugroho, mengatakan banjir rob menerjang permukiman di Kecamatan Sayung dengan kedalaman 20-80 cm.

Pemantauan PMT dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya menggunakan implementasi dari penginderaan jauh. Pengaplikasian Penginderaan jauh sudah banyak digunakan. Banyaknya inovasi dari Penginderaan jauh membuat pekerjaan lebih mudah untuk diselesaikan lebih efisien dalam waktu dan biaya. Terutama mengamati fenomena banjir pasang di pesisir Kabupaten Demak. Penelitian ini penulis menggunakan data citra Sentinel 1-A SLC pada tahun 2018 dan 2020 serta menggunakan metode *Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (DInSAR). Pengolahan DInSAR menghasilkan nilai beda tinggi muka tanah tahun 2018 dan 2020.

Berdasarkan kondisi tersebut, hasil dari penelitian penurunan muka tanah (PMT) menggunakan metode DInSAR dapat menunjukkan model atau pola PMT dengan keefektifan waktu serta biaya. Harapan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan menjadi dasar untuk mitigasi bencana alam.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah, yakni:

1. Bagaimana analisis hasil nilai penurunan muka tanah di wilayah pesisir Kabupaten Demak pada tahun 2018 dan 2020 dengan menggunakan metode DInSAR?
2. Bagaimana korelasi antara PMT terhadap susunan struktur geologi?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penurunan muka tanah di wilayah pesisir Kabupaten Demak menggunakan metode DInSAR.
2. Mengetahui analisis korelasi terhadap perubahan ketinggian muka tanah dengan banjir, dan struktur geologi di wilayah pesisir Kabupaten Demak.

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat, yakni:

- a. Aspek Keilmuan
Penelitian ini berfokus pada ilmu penginderaan jauh dan sistem informasi geografis, lebih tepatnya berfokus pada DInSAR sehingga dapat dimanfaatkan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.
- b. Aspek Rekayasa
Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan penelitian selanjutnya dan dapat sebagai acuan tata guna lahan di Kabupaten Demak.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Peneliti menggunakan batas minimal koherensi 0,2 pada pengolahan DInSAR karena sebageaian besar wilayah penelitian berupa vegetasi dan sawah sehingga cepat terjadi perubahan lapangan dan mempengaruhi pada hasil perekaman citra.
2. Metode DInSAR untuk analisis PMT.
3. Parameter tambahan yang diperlukan adalah jenis tanah dan data kejadian banjir untuk memperkuat verifikasi penelitian.
4. Keluaran yang dihasilkan peta skala 1:90.000.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Lokasi penelitian berada di wilayah Kabupaten Demak lebih tepatnya penelitian ini berada di Kecamatan Sayung, Kecamatan Bonang, dan Kecamatan Karangtengah. Batas bagian barat adalah Laut Jawa, bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Jepara, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Kudus, bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Grobogan, dan bagian barat berbatasan dengan Kota Semarang dan Kabupaten Semarang. Kabupaten Demak terletak pada $6^{\circ}43'26''$ – $7^{\circ}09'43''$ LS dan $110^{\circ}48'47''$ BT dan memiliki luas $\pm 1.149,07$ km² serta jumlah penduduk $\pm 1.055.579$ jiwa.



Gambar 1 Ruang Lingkup Penelitian (Google Earth, 2020)

I.6 Data dan Alat Penelitian

1. Alat Penelitian
 - a. LAPTOP-J8RS22B8 Intel (R) Core(TM) i5-8286A CPU @ 1.60GHz 1.80GHz
 - b. Software SNAP 7.0
 - c. Software SNAPHU 1.4.2
 - d. Software ArcGIS 10.6.1
 - e. Microsoft Word 2013
 - f. Microsoft Excel 2013
2. Data Penelitian

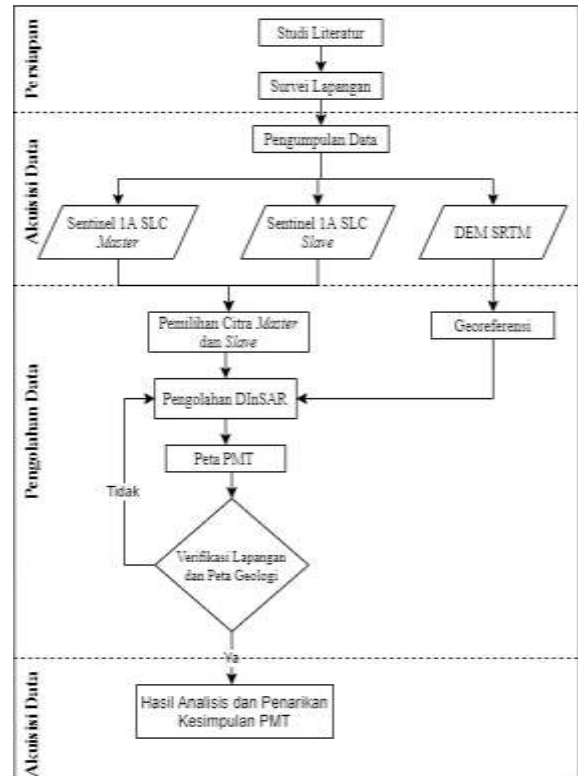
Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**

Tabel 1 Data Penelitian

No	Nama Data	Waktu	Sumber
1.	Citra Satelit Sentinel 1-A SLC, Resolusi Spasial 5 x 20 meter	November 2018 dan Januari 2020	Earth Data NASA
2.	DEM SRTM, Resolusi Spasial 30 x 30 meter	2018	USGS Earth Explorer
3.	Data Kejadian Banjir	2018 dan 2020	BPBD Kabupaten Demak
4.	Shapefile (shp) administrasi, dan jenis tanah Kabupaten Demak	2018	BAPPEDA Kabupaten Demak

I.7 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap pengolahan data. Tahapan-tahapan dalam penelitian kali ini dijelaskan melalui diagram alir pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Deformasi

Deformasi merupakan perubahan permukaan bumi baik dalam wujud, posisi, serta luasannya. Dapat disimpulkan deformasi adalah berubahnya suatu posisi atau berubahnya struktur permukaan bumi baik secara absolut maupun relatif. Benda yang dianggap diam dapat menjadi acuan gerakan absolut suatu benda sedangkan jika ada benda bergerak terhadap benda lain disebut gerakan relatif. Sistem kerangka referensi dijadikan sebagai acuan pada perubahan suatu posisi dan pergerakan di suatu titik (Kuang, 1996 dalam Prawira, 2018).

II.2 Penurunan Muka Tanah (PMT)

Proses Bergeraknya muka tanah yang semakin turun yang berdasarkan pada sebuah datum tertentu (kerangka referensi geodesi) dan disebabkan oleh beberapa faktor sehingga menyebabkan terjadinya penurunan disebut penurunan muka tanah (PMT) (Marfai, 2006). Aspek-aspek yang mempengaruhi PMT dapat terjadi secara lokal maupun regional diantaranya, yaitu (Whittaker dan Reddish, 1989 dalam Ramadhani, 2017):

1. Penurunan muka tanah alami (*natural subsidence*) biasanya terjadi karena aktivitas vulkanik dan tektonik, daur geologi, adanya lubang di bawah permukaan tanah.
2. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh pengambilan bahan cair yang berasal

dari dalam tanah seperti air tanah atau minyak bumi.

3. Penurunan muka tanah yang disebabkan permukaan tanah sehingga terjadi konsolidasi atau biasa disebut settlement.
4. Penurunan muka tanah akibat bahan padat yang berada di dalam tanah terus diambil (penambangan).

II.3 Synthetic Aperture Radar (SAR)

SAR menghasilkan produk citra yang beresolusi tinggi dengan memanfaatkan sistem *Radio Detection and Ranging* (radar) koheren. Salah satu kelebihan SAR yaitu dapat digunakan pada siang maupun malam hari dan tidak terpengaruh oleh kondisi cuaca, kelebihan ini disebabkan karena untuk pengamatan permukaan bumi SAR menggunakan gelombang radio (*microwave*) (Hansenn, 2001).

II.4 Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR)

DInSAR adalah metode untuk mendapatkan nilai deformasi suatu wilayah dengan menggunakan nilai selisih fase dua atau lebih citra SAR dengan waktu perekaman yang berbeda. Metode DInSAR juga memiliki tujuan untuk menghapus serta meminimalkan hal-hal yang mempengaruhi hasil dengan mengekstrak total fase yang hanya dipengaruhi oleh deformasi. Unsur topografi, pergeseran orbit, deformasi permukaan, dan efek atmosfer didapatkan dari informasi fase yang dimiliki oleh interferogram hasil dari pemantauan dua SAR diwaktu yang berbeda. (Castaneda, dkk, 2011). **Persamaan II.1** dapat digunakan untuk mendapatkan nilai beda fase dalam interferogram. Ketelitian metode DinSAR bisa mencapai centimeter sehingga perlu dilakukan verifikasi dan validasi.

$$\phi_{\Delta t} = \phi_{def} + \phi_h + \phi_{atm} + \phi_{\beta} + \phi_{\eta} \dots \dots \dots (II.1)$$

Keterangan:

- ϕ_{def} : Perubahan Fase
- ϕ_h : Fase Kesalahan Topografi
- ϕ_{atm} : Fase Atmosfer
- ϕ_{β} : Fase Residu
- ϕ_{η} : Fase *Noise*
- $\phi_{\Delta t}$: Beda Fase

II.5 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk menganalisis suatu data yang didapatkan dengan alat tanpa kontak langsung dengan objek, wilayah, dan fenomena yang akan dikaji sehingga menghasilkan informasi tentang suatu objek, fenomena, dan wilayah (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Data penginderaan jauh dapat dikumpulkan dengan alat sensor yang dipasang di pesawat terbang atau satelit dan menghasilkan citra yang nantinya digunakan untuk analisis untuk memperoleh

informasi tentang objek, daerah atau fenomena yang diteliti. Analisis serta penafsiran data penginderaan jauh menjadi sebuah informasi dinamakan interpretasi data dan jika dilakukan secara digital maka disebut interpretasi citra digital (*digital image interpretation*) (Putra, 2011).

II.6 Sentinel-1

Sentinel-1 European Radar Observatory merupakan inovasi dari *Eropean Space Agency (ESA)* yang mempunyai sistem orbit pada kutub untuk aplikasi SAR. Citra pagi/malam disediakan oleh dua satelit radar *C-band* secara terus menerus untuk didanai oleh *European Union (EU) Framework Programmes* dalam layanan GMES ESA. **Tabel 2** merupakan spesifikasi satelit sentinel 1.

Tabel 2 Spesifikasi satelit Sentinel-1

Lifetime	7 years (consumable for 12 years)
Orbit	Near-polar Sun -Synchronous orbit at 693 kmaltitude; 12-day repeat cycle; 175 orbits per cycle
Mean Local Solar Time	Mean Local Solar Time
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, 3σ) using GPS
Operative Autonomy	96 h
Launch Mass	2300 kg (Including 130 kg mono-propellant fuel)
Dimensions (Stowed)	3900 x 2600 x 2500 mm
Solar Array Average Power	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	2 x 260 Mbit/s
Launcher	Soyuz from Kourou

II.7 DEM SRTM (Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission)

DEM merupakan nilai data ketinggian dari permukaan laut yang didapatkan dari data *raster/grid*.

DEM dapat dihasilkan dari citra RADAR (SAR, LIDAR, SRTM), data stereo *photogrammetry* atau data kontur permukaan bumi (Putra, 2011).

National Imagery and Mapping Agency (NIMA) dari Amerika Serikat, Jerman *Aerospace Center* (DLR) dan *Italian Space Agency* (ASI) memiliki proyek internasional yaitu *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) yang bertujuan memperoleh data topografi digital dari bumi dengan resolusi tinggi dan paling lengkap. Interferometri dimanfaatkan oleh SRTM yang digunakan untuk mendapatkan informasi geografi (Terra, 2014).

II.8 Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah istilah yang berhubungan dengan jenis kenampakan atau topografi yang ada di permukaan bumi. Selain itu, tutupan lahan juga menggambarkan permukaan bumi yang telah ditutup oleh konstruksi vegetasi dan buatan. Citra penginderaan jauh dapat menangkap atau merekam tutupan lahan tersebut (Lillesand dan Kiefer, 1990). Pengertian menurut FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) adalah tutupan fisik/biofisik yang diamati pada permukaan bumi. Biofisik alami dalam tutupan lahan dapat berupa vegetasi, air, batuan, hingga lahan kosong, sedangkan fisik dapat berupa bangunan, permukiman, dan lahan pertanian. Tutupan lahan di setiap daerah pasti mengalami perubahan dengan seiring berjalannya waktu.

II.9 Pemilihan Sampel

Penelitian ini melakukan tahapan verifikasi untuk memastikan benar atau tidaknya hasil pengolahan terhadap keadaan sesungguhnya di lapangan. Pengambilan sampel di lapangan menggunakan *cluster sampling* dimana penentuan sampel yang dilakukan pada populasi wilayah yang besar. Metode ini membagi sampel menjadi kelompok berdasarkan letak geografis atau ciri-ciri tertentu yang diinginkan oleh peneliti dan kemudian kelompok dipilih secara acak sederhana atau sistematis acak. Kelompok tersebut nantinya menjadi sampel. Jika *cluster sampling* tidak memiliki informasi tentang nilai variansi dari populasi maka dalam penentuan sampelnya dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Persentase yang kecil mampu mewakili populasi besar.
2. Banyak sampel minimal 30.
3. Pengumpulan sampel dilakukan sebanyak mungkin selama dana tenaga, dan waktu masih terjangkau (Atmosukarto, 1994).

II.10 Matrik Konfusi

Matrik konfusi adalah jumlah *sample* yang didapatkan dari uji verifikasi maupun validasi di lapangan serta dinyatakan dalam suatu matrik yang berisi kolom dan baris. Kolom umumnya menggambarkan data referensi lapangan sedangkan

baris berisi hasil klasifikasi dari pengolahan. Keakuratan setiap kelas bisa didapatkan dari perhitungan matriks konfusi dengan memperhatikan kesalahan inklusi dan eksklusi yang dihasilkan dari klasifikasi (Congalton, 1991).

III. Metodologi Penelitian

III.1 Pengolahan Metode DInSAR

Pengolahan DInSAR menggunakan Citra Sentinel 1-A SLC dengan mode akuisisi IW dan DEM SRTM serta menggunakan *software* SNAP. Hasil dari pengolahan DInSAR berupa interferogram yang akan menunjukkan penurunan muka tanah terhadap wilayah yang diteliti. Diagram alir pengolahan DInSAR dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Diagram Alir Pengolahan DInSAR

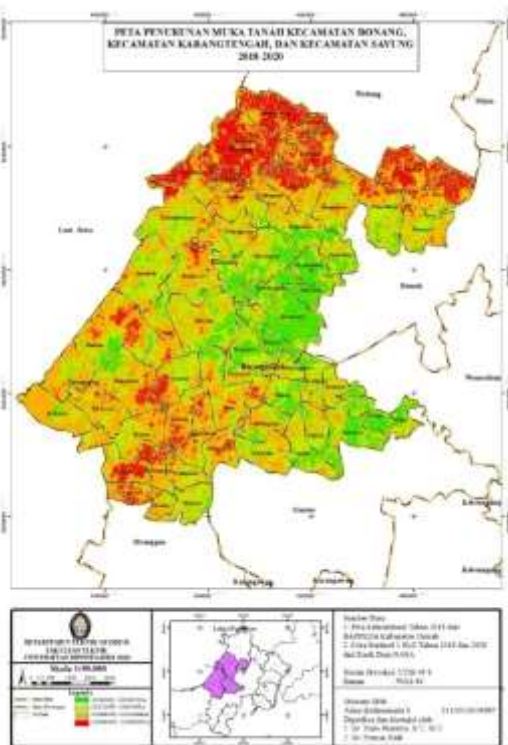
IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan Analisis Pengolahan DInSAR

Penelitian DInSAR menggunakan sepasang Citra Sentinel 1 SLC. Pemilihan citra *master*

berdasarkan tahun akuisisi citra yang diambil pada tanggal 1 Oktober 2018 dan citra *slave* pada tanggal 17 Februari 2020. Nilai resolusi *range* dan *azimuth* yang didapat dalam produk $\pm 14,76 \text{ m} \times 14,76 \text{ m}$.

Hasil pengolahan DInSAR dapat dilihat pada **Gambar 6**, warna merah menunjukkan nilai PMT yang tinggi yaitu antara -10,9 s/d -1,9 cm/tahun, warna oranye memiliki nilai PMT antara -1,9 s/d +1,1 cm/tahun, warna hijau muda memiliki nilai Kenaikan Muka Tanah (KMT) antara +1,1 s/d +4,1 cm/tahun, dan warna hijau tua menunjukkan nilai KMT +4,1 s/d 13 cm/tahun. Nilai PMT tertinggi terjadi di Kecamatan Bonang bagian utara sedangkan Kenaikan Muka Tanah (KMT) terjadi pada Kecamatan Bonang bagian selatan hingga Kecamatan Karangtengah bagian utara.



Gambar 4 Peta PMT

Tabel statistik menunjukkan seberapa besar wilayah Kecamatan Bonang memiliki nilai PMT yang tinggi. Kecamatan Bonang bagian utara memiliki nilai PMT $\pm 10 \text{ cm/tahun}$ salah satu faktor yang menyebabkan nilai PMT tinggi di wilayah ini karena terletak di daerah pesisir dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa sehingga pada saat pasang, banjir rob memasuki kawasan tersebut. Permukiman padat yang sebagian wilayahnya berupa rawa dan tambak di Morodemak juga menjadi salah satu penyebab turunnya muka tanah dan banyak masyarakat yang membangun rumah di bibir sungai maupun laut.

Nilai KMT yang paling tinggi terjadi pada Kecamatan Sayung dengan kenaikan $\pm 10 \text{ cm/tahun}$. Kenaikan ini terjadi karena akan dibangunnya jalan tol Demak-Semarang dengan melalui Kecamatan Sayung, sehingga hampir semua wilayah Sayung

mengalami perbaikan dan peninggian jalan. **Tabel 3** dan **Gambar 7** merupakan hasil statistik DInSAR dari 3 kecamatan yang diteliti.

Tabel 3 Hasil Statistik DInSAR

No	Kecamatan	Minimal (m)	Maksimal (m)	Rata-rata (m)
1	Bonang	-0,109	13,388	0,612
2	Karang Tengah	-0,091	13,129	2,827
3	Sayung	-0,097	10,578	0,881
Rata-Rata		-0,099	12,366	1,440



Gambar 5 Diagram PMT studi wilayah penelitian

IV.2 Hasil Verifikasi DInSAR terhadap Hasil Verifikasi Lapangan

Verifikasi lapangan yang dilakukan secara visual bertujuan untuk mencocokkan hasil dari pengolahan DInSAR terhadap keadaan lapangan yang sebenarnya sehingga dapat memastikan keluaran DInSAR benar. Daerah yang mengalami penurunan maupun kenaikan muka tanah akan menunjukkan perubahan alam seperti pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Contoh Verifikasi Perubahan Tanah

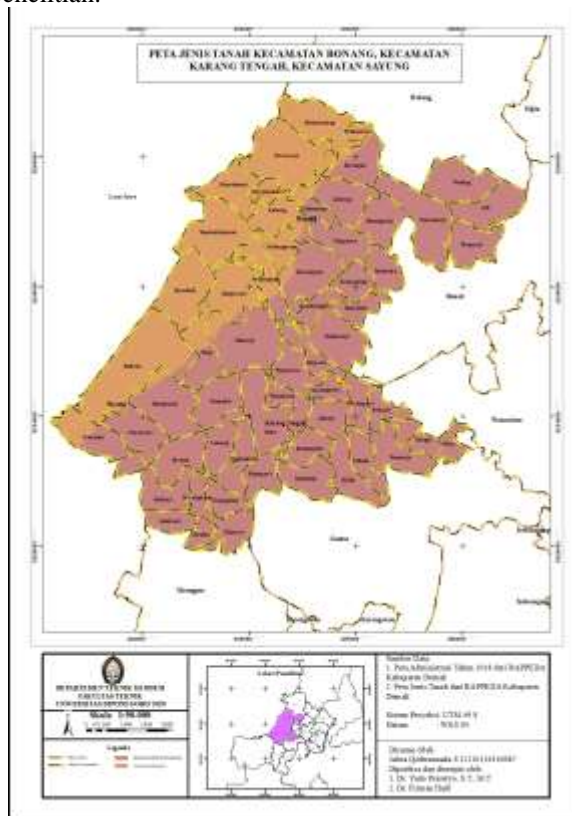
No.	Koordinat (Lat:Long)	Kecamatan	Keterangan	Perubahan Tanah Hasil DInSAR (cm/tahun)	Dokumentasi
1.	-6,829983; 110,559488	Bonang	Rob	-10 s/d -1	
2.	-6,833662; 110,560137	Bonang	Rob	-10 s/d -1	
3.	-6,835165; 110,56262	Bonang	Rob dari pasang air laut	-10 s/d -1	
4.	-6,927022; 110,5806097	Sayung	Banjir Januari-juni, sekarang kering karena ada peninggian jalan	+1,1 s/d +4	
5.	-6,965027; 110,5172437	Sayung	Jarang banjir karena peninggian jalan	+1,1 s/d +4	

Titik 1, 2, dan 3 memiliki nilai penurunan tanah -10 s/d -1 cm/tahun banyak faktor yang menyebabkan peristiwa ini baik faktor alam maupun manusia

seperti sungai yang dangkal, permukiman di bibir sungai meningkat, dan saluran irigasi yang buruk. Titik 4 dan 5 menunjukkan kenaikan muka tanah terjadi di Kecamatan Sayung, hal ini disebabkan karena adanya perbaikan serta peninggian jalan dan wilayah untuk pengembangan pembangunan jalan tol Demak-Semarang yang mulai dilaksanakan pada tahun 2020.

IV.3 Verifikasi DInSAR dengan Peta Geologi

Penulis juga melakukan verifikasi menggunakan peta geologi. Kecamatan Bonang, Karangtengah, dan Sayung memiliki dua macam jenis tanah yaitu Aluvial Coklat Kemerahan (coklat merah) dan Aluvial Hidromorf (coklat muda). Tanah Aluvial dibentuk oleh endapan lumpur dan pasir yang terbawa oleh arus sungai serta merupakan hasil erosi, biasanya tanah ini berada di dataran rendah. Tanah Aluvial merupakan tanah muda yang terbuat dari endapan halus sehingga tanah tersebut belum terpadatkan yang menyebabkan rentan longsor dan penurunan muka tanah. **Gambar 8** merupakan sebaran jenis tanah yang berada di studi wilayah penelitian.



Gambar 6 Peta Geologi Kabupaten Demak

IV.4 Analisis Matrik Konfusi

Setelah melakukan verifikasi lapangan, perlu dilakukan uji akurasi menggunakan matrik konfusi. **Tabel 5** merupakan tampilan matrik konfusi hasil verifikasi lapangan.

Tabel 5 Matrik Konfusi Verifikasi Lapangan

V/P		PENGOLAHAN		
		PMT	Tidak PMT	Total
VERIFIKASI	PMT	40	3	42
	Tidak PMT	4	19	23
	Total	44	21	65

Tabel 6 User's Accuracy dan Producer's Accuracy

Klasifikasi	User's Accuracy (%)	Producer's Accuracy (%)
PMT	95,238	90,476
Tidak PMT	82,609	88,889

Tabel 7 Overall Accuracy dan Kappa Accuracy

Overall accuracy (%)	90,770
Koefisien kappa	0,794

User's accuracy pada **Tabel 6** didapatkan dari jumlah *sample* benar dibagi dengan jumlah total *sample*. *User's accuracy* dimanfaatkan untuk mengetahui tingkat akurasi berdasarkan hasil interpretasi citra. Hasil *user's accuracy* kelas PMT mencapai 95,238% dan pada kelas Tidak PMT 90,476%. Tingkat analisis satelit jika > 70% menurut Gallego (1995) dapat dikatakan bagus. Hal tersebut menunjukkan jika tingkat akurasi hasil DInSAR dan pendekatan *change detection* sudah baik. *Producer's accuracy* pada setiap kelas juga > 88% sehingga dapat dikatakan sudah baik. **Tabel 7** menunjukkan hasil *overall accuracy* mencapai 90,770% dan nilai *kappa* dapat dikatakan kuat karena nilai *kappa* > 0,794%

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

- Kesimpulan dari penelitian ini, yakni:
1. Hasil analisis nilai perubahan ketinggian di wilayah pesisir Kabupaten Demak pada tahun 2018 dan 2020 menunjukkan Kecamatan Bonang memiliki PMT yang paling besar yaitu 10 cm/tahun s.d 1 cm/tahun dan Kecamatan Sayung memiliki nilai KMT yang paling besar yaitu 4 cm/tahun s.d 13 cm/tahun karena adanya peninggian jalan untuk pembangunan jalan tol Demak-Semarang pada tahun 2020.
 2. Hubungan antara PMT terhadap banjir dan susunan struktur geologi di Kabupaten Demak saling berkorelasi karena pada saat tahun 2018 dan 2019 luasan banjir semakin lebar sedangkan pada tahun 2020 luasan banjir mengecil karena sebagian wilayah studi mulai diperbaiki serta adanya peninggian jalan. Jenis tanah yang merupakan bagian dari struktur geologi juga mempengaruhi PMT karena pada wilayah studi kasus ada dua majam jenis tanah yaitu Aluvial

Coklat Kemerahan dan Aluvial Hidromorf dimana tanah luvial merupakan tanah yang belum terpadatkan sehingga mudah untuk mengalami penurunan muka tanah maupun rentan terhadap longsor.

Banjir Di Jakarta Utara. Juenal Geodesi Undip. Semarang.

Zaragoza, NE Spain. International Journal of remote sensing 32(7):1861-1884(2011).

V.2 Saran

Penelitian ini memiliki beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Agar hasil DInSAR lebih baik dan sesuai Sebaiknya pengolahan DInSAR menggunakan pasangan citra yang memiliki jarak temporal tidak terlalu jauh agar menghasilkan koherensi yang tinggi dan mengolah berdasarkan temporal yang bervariasi agar dapat membandingkan dengan mudah hasil satu dengan lainnya.
2. Mencoba metode DInSAR dengan perangkat lunak lainnya, sehingga dapat membandingkan dan mendapat hasil terbaik.
3. Menggunakan Citra SAR dan DEM yang memiliki resolusi spasial yang tinggi sehingga hasilnya memiliki ketelitian yang baik.
4. Disarankan melakukan validasi menggunakan data pembanding yang memiliki ketelitian lebih tinggi seperti data GPS Geodetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. (2007). Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Baja, S. (2012). Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pembangunan Wilayah - Pendekatan Spasial & Aplikasinya. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Atmosukarto, Kusnindar. 1994. Cara Pengambilan dan Penentuan Besar Sampel untuk Penelitian Sosial. Media Litbangkes Vol. IV No. 01.
- Castaneda, C., Pourthie, N., Souyris, J. C. (2011). Dedicated SAR interferometric analysis to detect subtle deformation in evaporite areas around Zaragoza, NE Spain.
- Congalton R. G., Green. K. (2008). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data. Principles and practices.
- Hanssen, R.F. (2001) Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 328 pp.
- Kuang, S. (1996). Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concept and Application. Ann Harbour Press, Inc, Chelsea, Michigan.
- Lillesand, dan Kiefer. (1990). Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Marfai, M.A., dan King, L. (2008). Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang Central Java Indonesia. SpringerJournal of Natural Hazards. 44: 93-109
- Putra, H. E. (2011). Penginderaan Jauh dengan ERMapper. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ramadhanis, Z. (2017). Analisis Korelasi Spasial Dampak Penurunan Muka Tanah Terhadap