

IDENTIFIKASI PENURUNAN MUKA TANAH MELALUI ANALISIS CITRA SENTINEL 1A DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DIFFERENTIAL INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR (DINSAR)* DI TAMBAK PT IROHA SIDAT INDONESIA, BOMO, BANYUWANGI

(Land Subsidence Identification Through Sentinel 1A Image Analysis using Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) Method at PT Iroha Sidat Indonesia, Bomo, Banyuwangi)

A Sediyo Adi Nugraha¹, Dandy Eko Prasetyo², Muhammad Azril², Mohamad Iqbal², Samuel Hendroyono³

¹Jurusan Geografi, Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial, Universitas Pendidikan Ganesha

²Aquaculture Specialis, World Wide Fund (WWF)

³PT Iroha Sidat Indonesia, Banyuwangi

Jalan Udayana No. 11 Singaraja, Bali, Indonesia

E-mail: adi.nugraha@undiksha.ac.id

Diterima: 3 Februari 2021; Direvisi: 15 Februari 2022; Disetujui untuk Dipublikasikan: 10 Maret 2022

ABSTRAK

PT Iroha Sidat Indonesia (PT ISI) melakukan proses budidaya ikan sidat di Banyuwangi dan sangat bergantung pada penggunaan air tawar. Proses tersebut diduga memberikan pengaruh terhadap kondisi permukaan tanah di sekitar lokasi tambak PT ISI. Sebagai bagian dari kegiatan *Aquaculture Improvement Program (AIP)* yang bekerjasama dengan WWF Indonesia, dilakukan kajian untuk mengetahui pengaruh aktivitas sumur bor (pompa) terhadap Penurunan Muka Tanah (PMT) di tambak PT ISI. Kajian ini dilakukan dengan metode DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*), yaitu metode dengan perpaduan dua citra radar dengan fase berbeda untuk memperoleh pergeseran tanah. DInSAR akan memberikan hasil analisis deformasi hingga pada ketelitian sub-sentimeter. Analisis DInSAR dilakukan menggunakan citra Sentinel 1A tahun 2014, 2016, 2017, 2018 dan 2019 dan proses pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan *software* SNAP v.7.0. Hasil pengolahan citra Sentinel 1A per-tahun menunjukkan adanya deformasi vertikal yang terjadi di sekitar area tambak PT ISI. Hasil tersebut menunjukkan adanya variasi deformasi vertikal setiap tahunnya, dimana terjadi *subsidence* (penurunan) dan juga *uplift* (kenaikan). Nilai PMT yang terjadi dari tahun 2014 hingga 2019 berkisar antara (-0,001) – (-0,031) meter/tahun, sedangkan nilai kenaikan yaitu 0,016 meter/tahun. Hal ini dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan oleh PT ISI untuk melakukan efisiensi dalam penggunaan air tanah. Dalam kajian juga ditemukan adanya proses penambangan pasir di sekitar tambak PT ISI, sehingga diperlukan kajian lebih dalam untuk mengetahui spesifikasi pengaruh terjadinya PMT yang diakibatkan oleh pompa dan penambangan pasir.

Kata kunci: DInSAR, Sentinel 1A, Sumur Bor, Tambak, Wilayah Pesisir

ABSTRACT

PT Iroha Sidat Indonesia (PT ISI) conducts the eel fish cultivation process in Banyuwangi and relies heavily on freshwater utilization. The process is suspected to affect the condition of the soil surface surrounding the PT ISI. As part of the Aquaculture Improvement Program (AIP) in collaboration with WWF Indonesia, a study was conducted to determine the effect of well pump activities on soil advance reduction (PMT) in the PT ISI. This study was conducted using DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) method with a combination of two radar imagery with different phases to obtain ground shifts. DInSAR will provide the results of deformation analysis up to sub-centimeter thoroughness. DInSAR analysis was performed using Sentinel 1A imagery in 2014, 2016, 2017, 2018, and 2019, and the image processing process was carried out using SNAP v.7.0 software. Sentinel 1A image processing results per year show the vertical deformation around the pond area of PT ISI. The results showed a variation in vertical deformation each year, where subsidence and uplift occurred. The land subsidence value between 2014 - 2019 is around (-0.001) - (-0.031) meters/year, while the uplift value is around 0.016 meters/year. This can be one of the considerations by PT ISI to make efficiencies in groundwater use. The study also found the process of sand mining around the pond PT ISI, so a more profound study is needed to find out the specifications of the influence of PMT caused by pumps and sand mining.

Keyword: DInSAR, Sentinel 1A, well pump, pond, coastal areas

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia yang dilakukan di wilayah pesisir memberikan banyak tekanan terhadap kondisi geomorfologi kawasan pesisir. Pesisir mendapatkan tekanan lebih besar dibandingkan dengan wilayah lainnya karena kawasan ini berfungsi sebagai penyedia sumberdaya dan jasa lainnya (Hamuna & Sari, 2018). Kegiatan pembangunan permukiman, area bisnis, perdagangan, industri perikanan (tambak) dan industri lainnya memberikan dampak terhadap perubahan kualitas lingkungan (Asyiwati & Akliyah, 2017). Kawasan ini sangat kompleks dengan fenomena alam seperti Penurunan Muka Tanah (PMT) atau biasa disebut dengan *land subsidence*, genangan, kenaikan muka air laut, sedimentasi, erosi, dan intrusi (Marfai & King, 2008). Penurunan Muka Tanah merupakan peristiwa perubahan permukaan tanah (deformasi) secara vertikal ke bawah dari suatu bidang referensi tinggi (Handoko et al., 2011), yang disebabkan oleh adanya perubahan volume batuan yang terkandung di dalam tanah. Hal ini biasanya terjadi secara perlahan dalam rentang waktu yang cukup lama sehingga tidak dirasakan langsung oleh masyarakat secara umum (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2019).

Peristiwa penurunan muka tanah banyak terjadi di beberapa kota besar di Indonesia seperti Surabaya (Handoko et al., 2011), Semarang (Islam et al., 2017), Jakarta (Yulianto & Marfai, 2011), Bandung (Gumilar et al., 2012) dan beberapa kota lainnya di Indonesia. Sebagian besar kawasan Pantai Utara Jawa dan Sumatera tercatat telah mengalami penurunan muka tanah berdasarkan hasil kajian yang tertuang dalam peta potensi penurunan muka tanah yang dikeluarkan oleh Andreas (2020). Kerentanan wilayah pesisir baik pada kawasan darat maupun perairan menjadi salah satu faktor tingginya kejadian penurunan muka tanah di lokasi tersebut (Pujiastuti et al., 2016; Yuwono et al., 2013). Dalam *Road-Map Mitigasi dan Adaptasi Amblasan (Subsidence) Tanah di Dataran Rendah Pesisir Indonesia* disebutkan bahwa laju rata-rata penurunan tanah di dataran rendah pesisir Indonesia bervariasi mulai dari 1-20 cm/tahun.

Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman Republik Indonesia (2019) menyebutkan setidaknya terdapat 21 provinsi dan 132 kabupaten/kota yang terindikasi mengalami *land subsidence* khususnya di kawasan pesisir, baik itu yang berada di pesisir tanah mineral ataupun pesisir tanah gambut. Fenomena ini disebabkan oleh dua faktor utama yaitu faktor *antropogenik* seperti adanya aktivitas pengambilan air tanah yang berlebihan, efek pembebanan (*loading effect*), eksploitasi minyak dan gas bumi, dampak kegiatan tambang bawah permukaan, serta pengeringan (*drainase*), dan oksidasi lahan gambut. Sedangkan yang kedua adalah faktor *non-antropogenik*, seperti adanya kondisi kompaksi alamiah dan efek *tectonic*

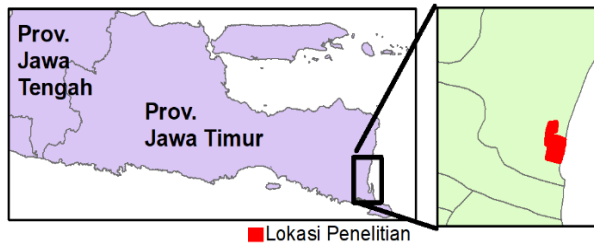
subsidence akibat dari penajaman dan pergerakan patahan bumi (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman Republik Indonesia et al., 2019).

Meluasnya kejadian penurunan muka tanah di wilayah Indonesia tersebut menyebabkan diperlukannya kajian yang efisien dan cepat pada skala yang luas. Perkembangan teknologi yang mampu melakukan identifikasi kejadian temporal ialah penginderaan jauh. Penginderaan jauh melalui data citra radar serta metode yang sesuai akan mampu melakukan identifikasi fenomena *land subsidence* yang ada di wilayah pesisir Indonesia ataupun wilayah lain yang memiliki potensi akan *land subsidence*. DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*) merupakan metode yang sering digunakan untuk memantau fenomena *land subsidence* dengan mengandalkan perbedaan perekaman pada citra radar khususnya akibat gempa bumi ataupun banjir rob dan penurunan air tanah (Bhattarai et al., 2017; Caló et al., 2017; Parwata et al., 2019). Penggunaan metode DInSAR pada kegiatan tambak merupakan sesuatu hal yang berbeda, karena ruang lingkup area yang kecil dan dampak penurunan yang belum diketahui khususnya di wilayah Perseroan Terbatas Iroha Sidat Indonesia (PT ISI).

Tingkat kerentanan kejadian penurunan muka tanah yang menjadi perhatian khusus antara lain berada di lokasi tambak yang dalam operasional budidayanya masih memanfaatkan air tawar. Sebagian besar proses pengambilan air tawar dilakukan dengan pemompaan (sumur bor). Pemanfaatan air tanah dengan menggunakan sumur bor diindikasikan menjadi salah satu penyebab adanya penurunan muka tanah (Chen et al., 2020) di sekitar lokasi tambak yang terjadi dalam rentang waktu tertentu. Salah satu tambak yang memanfaatkan air tanah yaitu tambak ikan sidat milik PT ISI yang berada di Desa Bomo, Banyuwangi. Aktivitas tersebut saat ini menjadi salah satu komponen utama dalam proses budidaya ikan sidat yang sedang dijalankan oleh PT ISI. Aktivitas tersebut memicu adanya dugaan terjadinya penurunan muka tanah di area tambak PT ISI. Oleh karena itu, kajian ini dirasa sangat penting dengan tujuan untuk mengetahui potensi adanya penurunan muka tanah di tambak PT ISI akibat aktivitas penggunaan sumur bor.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di area tambak PT ISI yang terletak di Desa Bomo, Kab. Banyuwangi (**Gambar 1**). Luas area petak tambak adalah 11,49 ha dengan area fasilitas pendukung seluas 32,30 ha, sehingga total area yang dimiliki PT ISI adalah seluas 43,79 ha. Aktivitas tambak ikan sidat sudah berlangsung selama 7 tahun sejak tahun 2012 dan masih operasional hingga saat ini. PT ISI memiliki fasilitas pompa air sebanyak 4 buah yang terletak di 4 lokasi berbeda, digunakan untuk pengambilan air tawar sebagai media budidaya ikan sidat.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.

Pemantauan Penurunan Muka Tanah dengan DInSAR

Tahap awal dalam kajian penurunan muka tanah (*land subsidence*) dilakukan dengan menggunakan metode DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*) dengan citra Sentinel 1A. Penggunaan metode ini didasarkan pada kondisi tinggi rendahnya penurunan muka tanah yang disebabkan oleh kompaksi tanah maupun terdapatnya rongga di dalam tanah. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan terjadinya penurunan muka tanah secara cepat, efisien, temporal dan tidak terpengaruh dari berbagai kondisi seperti awan dan penampakan objek lainnya (Aji et al., 2018; Islam et al., 2017; Ramadhanis et al., 2017).

Sentinel 1A memiliki kemampuan untuk menghasilkan informasi mengenai penurunan muka tanah. Berdasarkan hal itu, maka dipilih metode yang tepat untuk mengekstrak informasi dari citra Sentinel 1A yaitu melalui metode DInSAR karena mampu menghasilkan informasi dan pengamatan yang tinggi (Alimuddin et al., 2013; Bayuaji et al., 2010; Islam et al., 2017; Ramadhanis et al., 2017; Razi et al., 2019; Yulyta et al., 2015).

Citra Sentinel 1A

Sentinel 1A merupakan seri pertama yang diluncurkan oleh *European Space Agency* (ESA) dan *European Commission* (EC). Sentinel 1 membawa sensor *C-band* dengan dua satelit yang berbeda yaitu Sentinel 1A dan Sentinel 1B. Sentinel 1 memiliki 4 mode pengamatan di daratan yaitu *Interferometric Wide Swath* (IW) dengan resolusi spasial 5 m x 20 m. Penelitian ini akan menggunakan citra Sentinel 1A dengan level 1 untuk dilakukan pengambilan informasi penurunan muka tanah karena telah ter-*georeference* (*European Space Agency*, n.d.).

Citra Sentinel 1A yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada rentang waktu 5 tahun (Tahun 2014, 2015, 2016 2017, 2018 dan 2019) ditunjukkan pada **Tabel 1**. Penggunaan citra Sentinel 1A sebagai dasar untuk mengetahui kondisi penurunan muka tanah mempergunakan perbedaan pengukuran tiap tahun. Kedua rentang waktu itu diharapkan mampu memberikan gambaran adanya fenomena penurunan muka tanah yang telah terjadi di area tambak. Jika mengacu pada tahun awal operasional budidaya ikan sidat di PT ISI, seharusnya diambil citra

Sentinel 1A pada tahun 2012. Namun, karena citra Sentinel 1A baru diluncurkan pada tahun 2014, maka tahun awal dalam kajian ini diambil di tahun 2014. Sedangkan tahun terbaru yang digunakan yaitu citra Sentinel 1A tahun 2019. Akses citra Sentinel diperoleh secara gratis pada *official website* <https://search.asf.alaska.edu/#/?flightDirs>.

Tabel 1. Data citra sentinel 1A.

ID Scene	Tanggal
S1A_IW_SLC_1SDV_20191103	03 November 2019
S1A_IW_SLC_1SDV_20180112	12 Januari 2018
S1A_IW_SLC_1SDV_20170210	10 Februari 2017
S1A_IW_SLC_1SDV_20160323	23 Maret 2016
S1A_IW_SLC_1SDV_20151124	25 November 2015
S1A_IW_SLC_1SSV_20141223	23 Desember 2014

Pengolahan DInSAR

Metode ini merupakan pencitraan radar yang memperhatikan perbedaan (fase) ketinggian yang dihasilkan oleh perbedaan dua citra SAR (Rosen et al., 2000). **Persamaan 1** di bawah menunjukkan formula yang digunakan dalam perhitungan metode DInSAR dengan pengamatan dari dua citra dan mempertimbangkan gangguan (*noise*), pergeseran orbit, deformasi pergeseran topografi, atmosfer, dan pantulan (Castañeda et al., 2011).

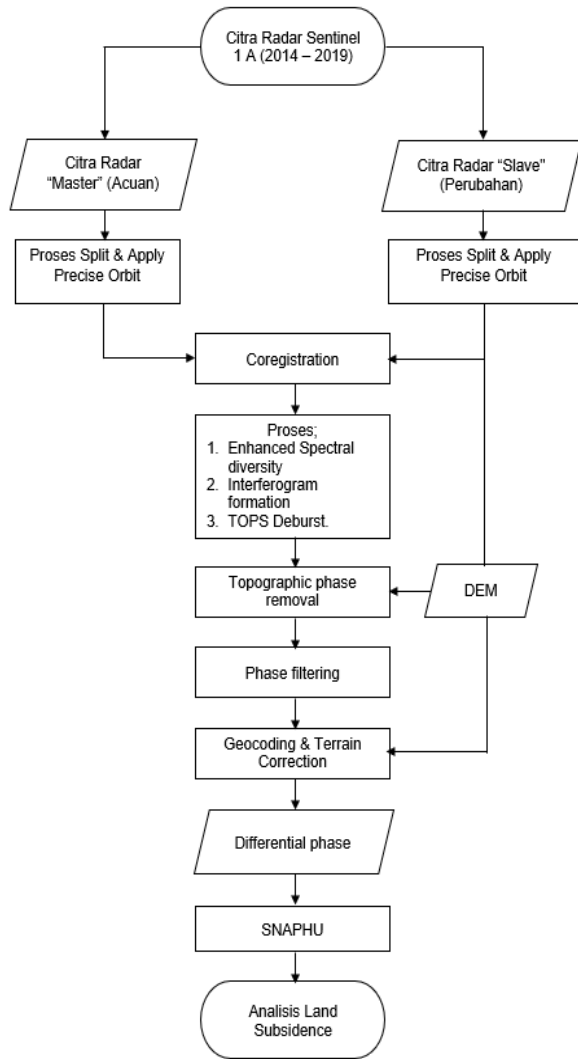
$$\Delta\Phi = \Delta\phi_{disp} + \Delta\phi_{topo} + \Delta\phi_{orb} + \Delta\phi_{atm} + \Delta\phi_{scatt} + \Delta\phi_{noise} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- $\Delta\Phi$ = beda fase
- $\Delta\phi_{disp}$ = fase pergeseran permukaan
- $\Delta\phi_{topo}$ = fase topografi
- $\Delta\phi_{atm}$ = fase atmosfer
- $\Delta\phi_{scatt}$ = fase pantulan
- $\Delta\phi_{noise}$ = fase gangguan

Perhitungan ini tidak dilakukan secara individu melainkan dari proses pengolahan citra radar dengan menggunakan aplikasi pengolah citra radar SNAP v.7.0 dan juga SNAPHU versi *windows* untuk mengekstrak informasi perbedaan ketinggian. Kedua *software* tersebut dapat diperoleh secara gratis dengan *download* pada alamat web *European Space Agency* (n.d.).

Tahapan dalam pengolahan DInSAR memiliki tingkatan seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**. Analisis dilakukan dengan memperhatikan lokasi hasil penurunan muka tanah dan membandingkan dengan area penelitian. Proses ini dilakukan untuk melihat kondisi apakah telah sesuai dan terjadi penurunan muka tanah atau tidak.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pompa (Sumur Bor)

Berdasarkan hasil kajian lapangan, diperoleh data dan informasi mengenai lokasi pompa (sumur bor) yang digunakan oleh PT ISI untuk memenuhi kebutuhan air tawar dalam operasional budidaya ikan sidat. Lokasi pompa tersebar di beberapa titik tambak seperti pada Gambar 3 dan Tabel 2. PT ISI telah memiliki Surat Izin Pengambilan Air (SIPA) tawar dari Badan Penanaman Modal UPT Pelayanan Izin Terpadu Kab. Banyuwangi. PT ISI memiliki 4 pompa sehingga memiliki 4 SIPA dengan total volume pengambilan air yang diperbolehkan untuk masing-masing SIPA yaitu: SIPA 1 (576 m³/hari), SIPA 2 (700 m³/hari), SIPA 3 (700 m³/hari) dan SIPA 4 (560 m³/hari) atau dengan rata-rata 634 m³/hari. Setiap pompa memiliki kedalaman ± 125 m.

Operasional budidaya ikan sidat yang dilakukan PT ISI membutuhkan waktu ± 720 hari (2 tahun) untuk satu siklus budidaya dan membutuhkan air tawar sebanyak ± 1.249.631m³/siklus. Angka tersebut masih dalam batas yang diizinkan oleh pemerintah berdasarkan SIPA yang dimiliki. Jika mengacu pada SIPA, maka

volume air yang diizinkan untuk diambil dalam satu siklus budidaya yaitu sebanyak 1.825.920 m³/siklus.

Tabel 2. Lokasi persebaran sumur bor.

Nama	Deskripsi
Pompa 1 (08° 21' 18,36"LS dan 114° 21' 07,21"BT)	Terletak di arah selatan dan memiliki jarak ± 10 m terhadap lahan pertanian warga ke arah barat.
Pompa 2 (08° 21' 30,5"LS dan 114° 20' 57,4"BT)	Terletak di arah timur dan memiliki jarak ± 41 m dengan selat bali
Pompa 3 (08° 21' 23,5"LS dan 114° 20' 95,7"BT)	Terletak di arah barat dan memiliki jarak ± 15 m terhadap lahan pertanian warga
Pompa 4 (08° 21' 12,9"LS dan 114° 20' 58,3"BT)	Terletak di arah utara dekat dengan pintu masuk perusahaan dan memiliki jarak ± 10 m terhadap jalan lokal.

Sumber: Survei lapangan tahun 2019



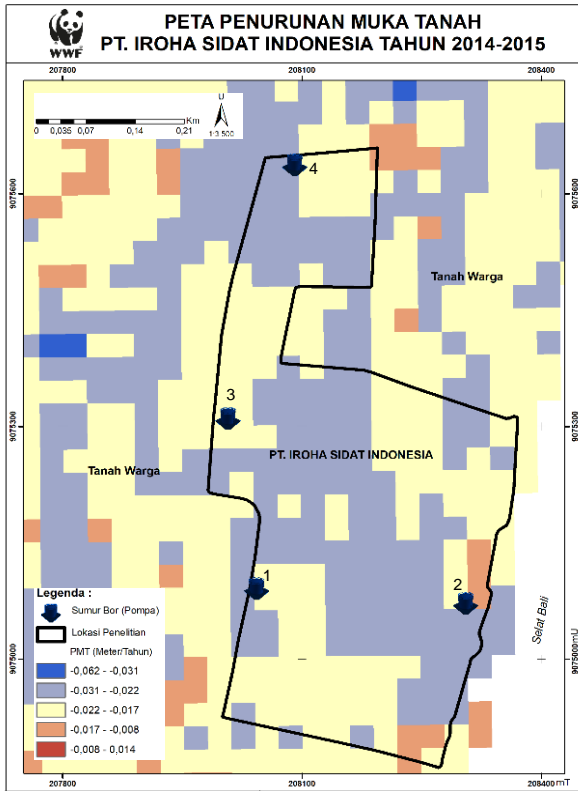
Sumber: PT. ISI & Citra Google Earth

Gambar 3. Lokasi persebaran pompa di PT. Iroha Sidat Indonesia.

Pengolahan dan Analisis DInSAR

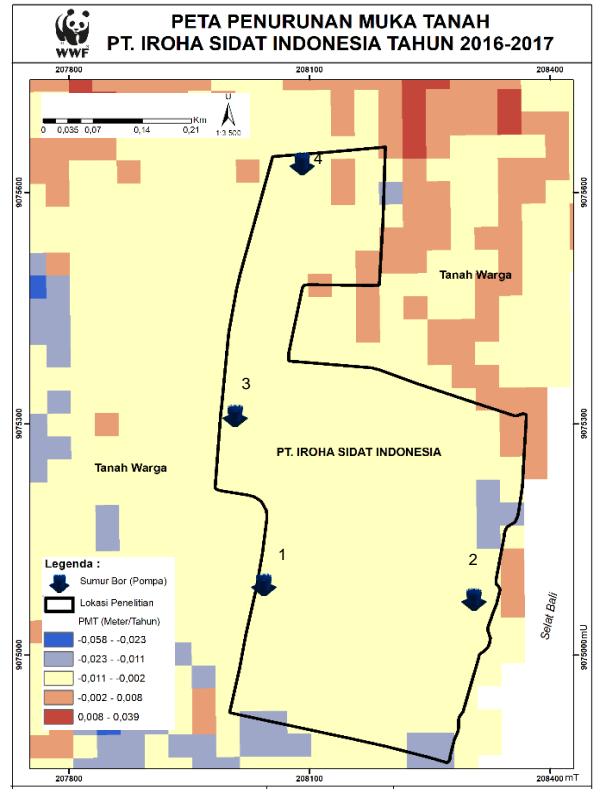
Hasil pengolahan dan analisis DInSAR terhadap citra Sentinel 1A tahun 2014 sampai dengan tahun 2019 menunjukkan adanya indikasi penurunan muka tanah di sekitar tambak PT ISI. Pengolahan citra dilakukan setiap tahun sehingga diperoleh data penurunan muka tanah pada lokasi kajian untuk setiap tahunnya. Hasil kajian memperlihatkan adanya kejadian penurunan muka tanah yang tersebar pada beberapa titik di lokasi tambak PT ISI dan ditunjukkan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 8.

Pair 1 (2014-2015)



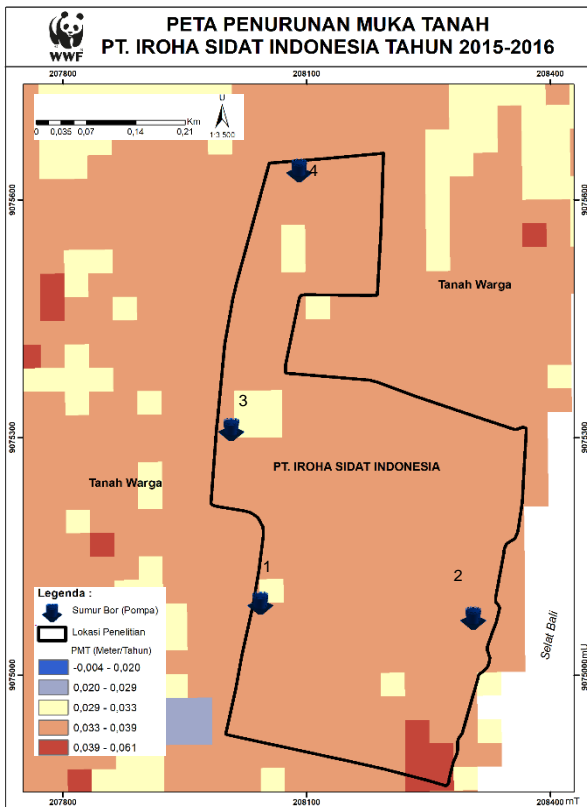
Gambar 4. Peta penurunan muka tanah (PMT) di kawasan PT Iroha Sidat Indonesia Tahun 2014 – 2015.

Pair 3 (2016-2017)



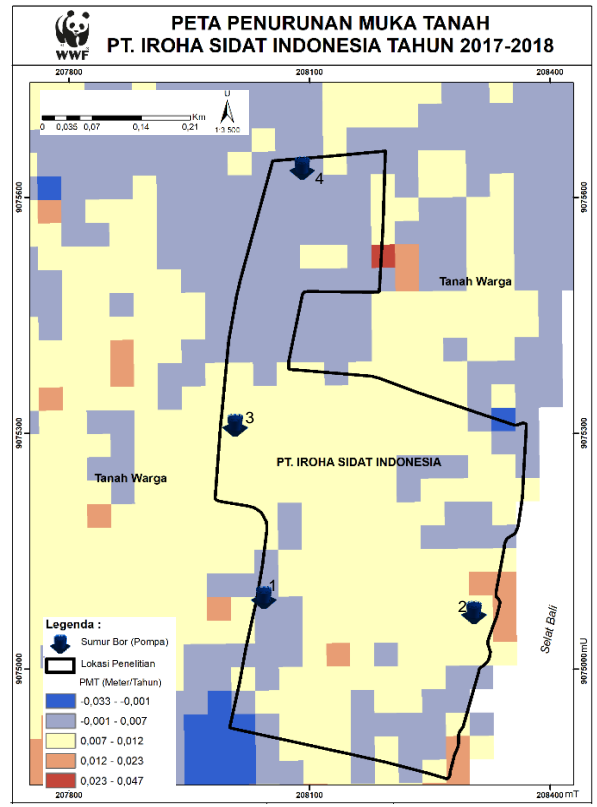
Gambar 6. Peta penurunan muka tanah (PMT) di kawasan PT Iroha Sidat Indonesia Tahun 2016 – 2017.

Pair 1 (2015-2016)



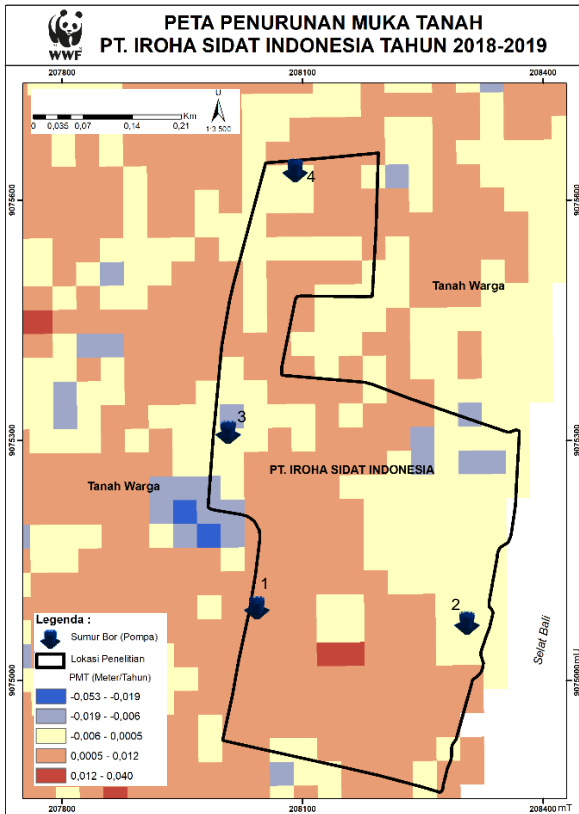
Gambar 5. Peta penurunan muka tanah (PMT) di kawasan PT Iroha Sidat Indonesia Tahun 2015 – 2016.

Pair 4 (2017-2018)



Gambar 7. Peta penurunan muka tanah (PMT) di kawasan PT Iroha Sidat Indonesia Tahun 2017 – 2018.

Pair 5 (2018-2019)



Gambar 8. Peta penurunan muka tanah (PMT) di kawasan PT Iroha Sidat Indonesia Tahun 2018 – 2019.

Analisis pengolahan citra Sentinel 1A tahun 2014 hingga tahun 2015 menunjukkan adanya PMT di sebagian besar lokasi tambak PT ISI dengan nilai PMT berkisar antara (-0,031) - (-0,017) meter/tahun dan berada di SIPA 1, 2, dan 4 (**Gambar 4**). Sedangkan hasil analisis untuk tahun 2015 sampai dengan 2016 tidak terjadi adanya PMT, tetapi mengalami kondisi sebaliknya yaitu terjadi kenaikan (*uplift*) berkisar antara 0,033 – 0,039 meter/tahun (**Gambar 5**). Kejadian kenaikan pada tahun 2015 – 2016 bisa diakibatkan karena perbedaan perekaman yang memberikan informasi beda tinggi antara citra di tahun pertama dan tahun kedua sehingga mengindikasikan adanya perbedaan tinggi yang menyebabkan kenaikan permukaan di lokasi PT ISI.

Hasil selanjutnya yaitu pada analisis peta tahun 2016 sampai dengan 2017 (**Gambar 6**) menunjukkan hasil PMT berkisar antara (-0,011)-(-0,006) meter/tahun dan menunjukkan ke-4 pompa SIPA mengalami penurunan yang sama di hampir semua wilayah. Untuk hasil PMT pada tahun 2017 sampai dengan 2018 (**Gambar 7**) pada SIPA 1 dan SIPA 4 mengalami penurunan sebesar (-0,001) – 0,007 meter/tahun dan pada SIPA 2 dan SIPA 3 mengalami kenaikan permukaan tanah sekitar 0,007 – 0,012 meter/tahun.

Hasil pada analisis di tahun terakhir yaitu tahun 2018 sampai dengan 2019 (**Gambar 8**) memiliki nilai PMT berkisar antara (-0,019) – (-0,006) meter/tahun. Penurunan tertinggi berada di SIPA 3

sebesar (-0,019)-(-0,006) meter/tahun, sedangkan pada lokasi SIPA 2 dan SIPA 4 penurunan yang terjadi sangat rendah yaitu (-0,006) meter/tahun. Secara keseluruhan PMT dalam rentang waktu tahun 2014 sampai dengan 2019 mengalami penurunan (**Tabel 3**) walaupun pada tahun 2015 tidak terdapat penurunan muka tanah. Penurunan terendah selama periode tahun 2014-2019 rata-rata berkisar (-0,001) meter/tahun, sedangkan penurunan tertinggi pada periode 2014-2019 rata-rata berkisar (-0,031) meter/tahun. Selain itu, pada periode 2014-2019 terdapat kenaikan muka tanah rata-rata sebesar 0,016 meter/tahun.

Rentang nilai PMT tertinggi berada di luar lokasi tambak PT ISI, yaitu di tanah pertanian milik masyarakat. Lokasi tersebut bersinggungan dengan kawasan bekas penambangan pasir (**Gambar 8**), yang ditandai dengan radian warna biru pada hasil analisis tahun 2018-2019. Perbedaan hasil PMT yang terjadi pada setiap tahun dimungkinkan karena proses penampakan yang terekam oleh citra Sentinel 1A di wilayah PT ISI memiliki perbedaan baik itu penurunan (*subsidence*) maupun kenaikan (*uplift*). Nilai PMT dalam kajian ini masih tergolong kecil jika dibandingkan dengan kejadian PMT di beberapa daerah lain seperti Bandung dengan nilai PMT 10-12 cm/tahun (Gumilar et al., 2012) dan Sawahlunto dengan nilai PMT 15,7 cm/tahun (Archenita et al., 2015).

Tabel 3. Hasil PMT Tahun 2014 – 2019.

No	Tahun	PMT (Meter/Tahun)	
		< -0,5 - 0	≥ 0 - 0,5
1	2014-2015	penurunan	-
2	2015-2016	-	kenaikan
3	2016-2017	penurunan	kenaikan
4	2017-2018	penurunan	kenaikan
5	2018-2019	penurunan	kenaikan




Pengambilan air tanah yang berlebihan akan menyebabkan kompaksi pada akuifer (lapisan bawah tanah yang mengandung air dan dapat mengalirkan air), sehingga terjadi respon di bagian permukaan berupa kejadian PMT (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman Republik Indonesia et al., 2019). Jika jumlah total pengambilan air tanah dari suatu sistem akuifer melampaui jumlah rata-rata imbuhan, maka akan terjadi penurunan muka air tanah secara menerus serta pengurangan cadangan air tanah dalam akuifer (Islam et al., 2017; Nurnawaty & Inarmiwati, 2015). Jika ini hal ini terjadi, maka kondisi demikian disebut pengambilan berlebih (*over exploitation*), dan penambangan air tanah terjadi Amblesan (Nurnawaty & Inarmiwati, 2015).

Verifikasi Visual Lapangan

Verifikasi visual dilakukan untuk memvalidasi hasil proses penurunan muka tanah hasil pengolahan citra Sentinel 1-A dengan lokasi terjadinya deformasi berdasarkan hasil analisis DInSAR. Proses verifikasi dan validasi dilakukan

dengan pendekatan wawancara kepada warga karena pembuktian nilai penurunan yang sangat kecil di lapangan sulit untuk dilakukan. Selain itu, data sekunder terkait pemantauan perbedaan tinggi dari dinas terkait tidak ada sehingga proses validasi secara kuantitatif semakin sulit dilakukan, dan hanya dapat dilaksanakan secara kualitatif dengan wawancara. **Tabel 4** memperlihatkan hasil verifikasi lapangan yang dilakukan.

Tabel 4. Verifikasi Lapangan hasil DInSAR

Koordinat	Nilai PMT (meter/tahun)	Foto	Keterangan
08°21'29,93" LS 114°21'03,91" BT	(-0,001) – (0,007)		Landasan Helicopter
08°21'36,86" L S 114°20'58,97" BT	(-0,023) – (-0,011)		Penambangan Pasir (Sebelah Barat Tambak)
8°21'36.52" LS 114°20'55.94" BT	(-0,031) – (-0,017)		Tanah pertanian masyarakat

Sumber: Survei Lapangan Tahun 2019.

Berdasarkan **Tabel 4**, kejadian PMT pada koordinat 08°21'29,93"LS dan 114°21'03,91"BT dengan nilai PMT berkisar antara (-0,001) – 0,007 meter/tahun di periode tahun 2017 – 2018 yang berada di lokasi landasan helikopter di dalam area tambak PT ISI. Lokasi tersebut dekat dengan lokasi sumur pompa SIPA 2. Jarak lokasi PMT dengan lokasi pompa SIPA 2 yaitu ± 40 meter. Selain itu, pada lokasi pompa SIPA 2 terdapat titik pengeboran yang lain (lokasi pengeboran yang tidak aktif sekarang) yang berjarak ±19 meter terhadap pompa SIPA 2. Keberadaan dua pompa pada lokasi yang sama dengan jarak yang tidak terlalu jauh memiliki potensi besar terhadap kejadian PMT. Selain itu, diduga akan terjadinya intrusi air laut karena jarak pompa SIPA 2 dengan laut hanya berkisar ± 41 meter, tetapi perlu kajian yang lebih mendalam.

Pada koordinat 08°21'36,86"LS dan 114°20'58,97"BT, terdapat indikasi PMT di sekitar lokasi bekas penambangan pasir dengan nilai (-0,023) – (-0,011) meter/tahun di periode tahun 2016 -2017. Lokasi ini berjarak ±30 meter dari pompa SIPA 3. Hasil verifikasi visual selanjutnya yaitu pada koordinat 08°21'69,5"LS dan 114°21'00,39"BT. Pada lokasi tersebut terdapat indikasi PMT dengan nilai (-0,031) – (-0,017) meter/tahun di periode tahun 2014-2015. Lokasi ini berada di tanah pertanian milik masyarakat berjarak ±200 meter dari lokasi pompa SIPA 2 dan berjarak ±20 meter atau bahkan bersinggungan dengan area bekas tambang di bagian selatan tambak.

Hasil analisis dari penggunaan metode DInSAR yang dilakukan di area tambak PT ISI menunjukkan bahwa metode tersebut memiliki ketelitian dan akurasi tinggi serta hasil terhadap *land subsidence* kecil. Hasil tersebut didukung oleh penelitian Parwata (2019) yang menunjukkan bahwa metode DInSAR lebih baik dibandingkan dengan metode GPS jika untuk melakukan identifikasi penurunan muka tanah. Selain itu analisis DInSAR masih memerlukan kajian lanjutan terkait adanya area penambangan pasir. Area tersebut merupakan wilayah yang ada di luar PT ISI.

Secara umum hasil PMT menunjukkan adanya kejadian PMT di lokasi tambak PT ISI, tetapi kondisi PMT yang memiliki nilai tinggi berada di luar kawasan tambak dan tepatnya berada di sekitar lokasi bekas penambangan pasir. Ini perlu dicermati karena PMT dapat diakibatkan oleh aktivitas penambangan. Pengecekan setiap *pixel* diperlukan karena terdapat indikasi kejadian PMT akibat proses pengambilan air tanah yang masih sangat bias diakibatkan adanya pengaruh besar dari aktivitas penambangan pasir di sekitar tambak. Islam et al., (2017) menyatakan bahwa pengambilan bahan padat dari tanah memberikan pengaruh terhadap adanya PMT di lokasi penambangan. Berdasarkan hal itu, maka diperlukan adanya kajian lebih mendalam terhadap dampak spesifik dari pompa (sumur bor) terhadap indikasi terjadinya PMT jika berada pada area yang sama dengan lokasi penambangan.

Nilai penurunan muka tanah yang ada di PT ISI sangat sulit untuk dibuktikan secara langsung di lapangan. Oleh karena itu, dilakukan pendekatan dengan melakukan verifikasi dan validasi di wilayah sekitar PT ISI yang diakibatkan oleh sumur bor yang telah beroperasi. Salah satu temuan berupa penambangan pasir di sekitar lokasi tambak PT ISI yang telah dilakukan sejak tahun 2016 dan masih beroperasi sampai saat ini. Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat sekitar, keberadaan tambang pasir sangat berpengaruh terhadap kondisi tanah dan air di lokasi tersebut. Salah satu warga menyatakan bahwa pada saat terjadinya proses penambangan, kondisi air sumur biasanya akan berbau tidak enak di musim kemarau. Sedangkan pada musim hujan, terjadi pengikisan tanah di dekat lokasi tambang pasir yang berbatasan langsung dengan rumah warga. Kondisi sumur warga juga mengalami perubahan. Hasil interview menjelaskan bahwa pada saat awal pembuatan sumur (sumur warga) hanya memerlukan kedalaman ±7 meter maka akan muncul air, tetapi sekarang telah menurun hingga ± 10 meter pada musim kering.

Berdasarkan hasil wawancara, dapat disampaikan bahwa adanya proses penambangan pasir menjadikan masyarakat tidak merasakan langsung adanya dampak dari sumur bor yang dimiliki oleh PT ISI karena dampak yang ditimbulkan oleh penambangan pasir lebih mereka rasakan.

KESIMPULAN

Nilai PMT dalam rentang waktu tahun 2014 sampai dengan 2019 memiliki nilai yang berbeda-beda dengan yaitu berkisar (-0,001) – (-0,031) meter/tahun dan nilai pengangkatan tanah yaitu berkisar 0,016 meter/tahun. Nilai PMT tertinggi berada di luar lokasi tambak PT ISI yaitu di tanah pertanian milik masyarakat dengan nilai PMT sebesar -0,053 meter/tahun. Lokasi tersebut bersinggungan dengan kawasan bekas penambangan pasir Kejadian PMT tidak hanya dipengaruhi oleh adanya sumur bor (pompa) tetapi juga dipengaruhi adanya aktivitas penambangan pasir di sekitar lokasi tambak. Berdasarkan kajian itu dapat disampaikan bahwa pengolahan citra Sentinel 1A pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2019 dan analisis yang dihasilkan untuk tiap tahun membuktikan bahwa pemanfaatan citra Sentinel 1A telah mampu memberikan informasi penurunan muka tanah secara jelas (dalam kisaran meter/tahun). Selain itu, metode DInSAR yang dipergunakan memiliki kelebihan dalam proses pengolahan yang mampu memvisualisasikan persebaran penurunan muka tanah mendekati informasi sebenarnya di lapangan. Hasil verifikasi dan validasi menunjukkan bahwa terdapat penurunan muka tanah tetapi masih belum dapat dipastikan apakah dari sumur bor PT ISI atau dari penambangan. Oleh karena itu, kajian ini masih sangat dasar dan diperlukan adanya kajian lanjutan dengan alat dan metode yang lebih mendalam. Sebagai contoh diperlukan adanya kajian *hidrogeologi* untuk mengetahui pengaruh terbesar antara aktivitas pompa air atau penambangan pasir yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kejadian PMT.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada WWF Indonesia yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan kajian ini, serta dukungan dari staff PT Iroha Sidat Indonesia yang telah bersedia bekerja sama dalam kegiatan survei.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, R.P., Prasetyo, Y. & Awaluddin, M. (2018). Studi Sesar Lembang Menggunakan Citra Sentinel-1a untuk Pemantauan Potensi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Geodesi Undip Oktober*, 7(4), 304-313. Diakses dari: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/22435>.
- Alimuddin, I., Bayuaji, L., Langkoke, R., Sumantyo, J.T.S. & Kuze, H. (2013). Evaluating Land Surface Changes of Makassar City Using DInSAR and Landsat Thematic Mapper Images. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 7(10), 1287-1294. DOI: <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2013.10.012>.
- Andreas, H. (2020). *Land subsidence dan Banjir Rob di Indonesia: Fakta Saat Ini*.
- Archenita, D., Silvianengsih, Hamid, D., Natalia, M. & Misrian, M. (2015). Kajian *Land subsidence* Untuk Perkuatan Tanah (Studi Kasus Sawahlunto). *Rekayasa Sipil*, 12(2), 10-18.
- Asyiwati, Y. & Akliyah, L.S. (2017). Identifikasi Dampak Perubahan Fungsi Ekosistem Pesisir Terhadap Lingkungan Di Wilayah Pesisir Kecamatan Muaragembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 14(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.29313/jpwk.v14i1.2551>.
- Bayuaji, L., Sumantyo, J.T.S. & Kuze, H. (2010). ALOS PALSAR D-InSAR for *land subsidence* mapping in Jakarta, Indonesia. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 36(1), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.5589/m10-023>.
- Bhattarai, R., Alifu, H., Maitiniyazi, A. & Kondoh, A. (2017). Detection of *Land subsidence* in Kathmandu Valley, Nepal, Using DInSAR Technique. *Land*, 6(2), 39. DOI: <https://doi.org/10.3390/land6020039>.
- Caló, F., Notti, D., Galve, J. P., Abdikan, S., Görüm, T., Pepe, A. & Şanlı, F. B. (2017). DInSAR-based detection of *land subsidence* and correlation with groundwater depletion in konya plain, Turkey. *Remote Sensing*, 9(1), 1-25. <https://doi.org/10.3390/rs9010083>.
- Castañeda, C., Pourthié, N. & Souyris, J.C. (2011). Dedicated SAR interferometric analysis to detect subtle deformation in evaporite areas around Zaragoza, NE Spain. *International Journal of Remote Sensing*, 32(7), 1861-1884. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161003631584>.
- Chen, B., Gong, H., Chen, Y., Li, X., Zhou, C., Lei, K., Zhu, L., Duan, L. & Zhao, X. (2020). *Land subsidence* and its relation with groundwater aquifers in Beijing Plain of China. *Science of the Total Environment*, 735, 139111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139111>
- European Space Agency. (n.d.). *Sentinel 1 Data Product*. ESA Sentinel Online. Diakses dari: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-products> dan <http://step.esa.int/main/download/snap-download/previous-versions/>.
- Gumilar, I., Abidin, H.Z., Hutasoit, L.M., Hakim, D.M., Sarsito, D.A., Andreas, H. & Sidiq, T. (2012). Studi Pemantauan Penurunan Muka Tanah di Cekungan Bandung dengan Metode Survei GPS dan InSAR Penurunan muka tanah merupakan fenomena yang sering terjadi di kota-kota. *Indonesian Journal of Geospatial*, 1(4), 44-53.
- Hamuna, B. & Sari, A.N. (2018). *Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Ditinjau dari Geomorfologi dan Elevasi Pesisir Kota dan Kabupaten Jayapura*, *Provinsi Papua*. 6(April), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.14710/jwl.6.1.1-14>.
- Handoko, E.Y., Akbar, K. & Mahendra, A.S. (2011). Apakah Surabaya Terjadi *Land subsidence*? Kajian Awal-Land subsidence Surabaya. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah* 2011, 17-20.
- Islam, L.J.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.
- Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman Republik Indonesia, Yayasan Lahan Basah (Wetlands International, Indonesia), & Institut Teknologi Bandung (ITB). (2019). *Peta Jalan (Road Map) Mitigasi dan Adaptasi Amblesan (Subsiden) Tanah*

- di Dataran Rendah Pesisir. Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2019). *Badan Geologi Luncurkan Atlas Sebaran Tanah Lunak dan Atlas Sebaran Batulempung Bermasalah di Indonesia*. Siaran Pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 669.Pers/04/SJI/2019 Diakses dari: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/badan-geologi-luncurkan-atlas-sebaran-tanah-lunak-dan-atlas-sebaran-batulempung-bermasalah-di-indonesia>.
- Marfai, M.A. & King, L. (2008). Tidal inundation mapping under enhanced *land subsidence* in Semarang, Central Java Indonesia. *Natural Hazards*, 44(1), 93–109. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9144-z>.
- Nurnawaty & Inarmiwati. (2015). Model Penurunan Muka Air Tanah Akibat Pemompaan Air Tanah. *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) III 2015*, 1-6.
- Parwata, I.N.S., Ogawara, K., Tanaka, T. & Osawa, T. (2019). Land subsidence Monitoring from ALOS V PALSAR Data By using D-InSAR Technique in Semarang City , Indonesia. *International Journal of Environment and Geosciences*, 3(1), 1-9.
- Pujiastuti, R., Suripin, S. & Syafrudin, S. (2016). Pengaruh *Land subsidence* terhadap Genangan Banjir dan Rob di Semarang Timur. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 21(1), 1. DOI: <https://doi.org/10.14710/mkts.v21i1.11225>.
- Ramadhanis, Z., Prasetyo, Y. & Yuwono, B.D. (2017). Analisis Korelasi Spasial Dampak Penurunan Muka Tanah Terhadap Banjir di Jakarta Utara. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 6(3), 77-86. Diakses dari: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/17193>.
- Razi, P., Sumantyo, J.T.S, Perissin, D., Putra, A., Hamdi, Widodo, J., Purbantoro, B. & Dewata, I. (2019). Ground deformation measurement of Sinabung volcano eruption using DInSAR technique. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012008>
- Rosen, P.A., Hensley, S., Joughin, I.R., Li, F.K., Madsen, S.N., Rodriguez, E. & Goldstein, R.M. (2000). Synthetic aperture radar interferometry. *Proceedings of the IEEE*, 88(3), 333–380. DOI: <https://doi.org/10.1109/5.838084>.
- Yulianto, F. & Marfai, M.A. (2011). Model Spasial Dampak Penurunan Muka Tanah dan Genangan Pasang Air Laut (Rob) di Wilayah Pesisir Jakarta. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 17(1).
- Yulyta, S.A., Taufik, M. & Hayati, N. (2015). Studi Pengamatan Penurunan dan Kenaikan Muka Tanah Menggunakan Metode Differential Interferometri Synthetic Aperture Radar (DInSAR) (Studi Kasus : Lumpur Lapindo, Sidoarjo). *Geoid Journal of Geodesy and Geomatics*, 11(1), 62. DOI: <https://doi.org/10.12962/j24423998.v11i1.1100>
- Yuwono, B.D., Abidin, H.Z. & Hilmi, M. (2013). Analisa geospasial penyebab penurunan muka tanah di Kota Semarang. *Prosiding SNST Ke-4 Tahun 2013, January*, 1-12.

Halaman ini sengaja kami kosongkan