

Potensi Terjadinya Banjir Rob Akibat Penurunan Muka Tanah dan Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Badung, Bali

Frans Elvansha^a, I Gede Hendrawan^{a*}, Ida Bagus Mandhara Brasika^a

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: gede.hendrawan@unud.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 16 November 2021

Received in revised form: 18 Januari 2022

Accepted: 23 Februari 2022

Available online: 31 Agustus 2022

Keywords:

Badung; tidal flood; Sentinel-1; SBAS-DInSAR; land subsidence

ABSTRACT

Badung Regency is one of the tourist areas crowded with visitors, so that development continues to be developed as a support for tourist areas, one of which is a hotel. Hotel construction can cause building loads in a certain period; it can cause land subsidence. Land subsidence that co-occurs with sea-level rise can potentially be a tidal flood in the future. This study aimed to determine the rate of land subsidence in Badung Regency and the potential for tidal flooding due to land subsidence and sea-level rise in Badung Regency. The method used to calculate the rate of land subsidence is Small Baseline Subset Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (SBAS-DInSAR), which utilizes radar satellite imagery data Sentinel-1a IW level 1.1 images and Sentinel-1b IW level 1.1 images. The image data used in the SBAS-DInSAR method consists of 166 image data and Digital Elevation Model (DEM) data with a spatial resolution of 30 m which is used for the topographic phase removal phase. Meanwhile, land subsidence data is used to determine the potential for tidal flooding, and it is predicted using regression; then, an overlay is carried out with the highest tide data along with the value of sea-level rise every year. To facilitate the observation of land subsidence, the daily image data obtained are then averaged into monthly data in each village. The fastest land subsidence rate from 2014 to 2020 occurred in Tuban Village. The prediction of the most significant tidal flood in 2030 to 2040 will occur in Tuban Village due to the influence of rapid land subsidence in the village.

2022 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Kabupaten Badung memiliki wilayah seluas 418,52 km² dan 36 daya tarik wisata, yang ditopang dengan adanya sektor pariwisata sehingga mengakibatkan pertumbuhan pembangunan pada kawasan tersebut (Umilia *et al.*, 2017). Menurut BPS Kabupaten Badung (2020) data jumlah hotel di Kabupaten Badung mengalami penambahan setiap tahunnya seperti pada tahun 2016 dengan jumlah hotel sebanyak 1.431 buah, pada tahun 2017 sebanyak 1.533 buah, pada tahun 2018 sebanyak 1.606 buah, pada tahun 2019 sebanyak 1.654 buah, dan tahun 2020 sebanyak 1.703 buah. Menurut Sukearsana *et al.* (2015) hotel – hotel di Kabupaten Badung memenuhi sebagian kebutuhan air bersih dengan menggunakan air tanah sebesar 4.846 m³/bulan. Pemompaan air tanah dapat mengurangi jumlah air pada lapisan akuifer sehingga terjadi kekosongan pada pori – pori tanah yang mengakibatkan *buoyancy effect* di bawah permukaan tanah akan berkurang sehingga terjadi penurunan muka tanah (Whittaker dan Reddish, 1989).

Penurunan muka tanah (*land subsidence*) merupakan kondisi permukaan bumi tenggelam ke tingkat yang lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain penurunan tanah secara alami yang timbul karena adanya siklus geologi dan sedimentasi daerah cekungan, penurunan tanah karena pengambilan air tanah, dan penurunan karena beban bangunan (Whittaker dan Reddish, 1989). Penurunan muka tanah yang terus

terjadi dapat menjadi penyebab banjir rob untuk tahun mendatang (Kahar *et al.*, 2011).

Banjir rob adalah suatu keadaan dimana genangan air pada bagian daratan pantai yang terjadi pada saat air laut pasang. Banjir rob dapat menggenangi bagian daratan pantai atau wilayah yang posisinya lebih rendah dari muka air laut (Yualelawati *et al.*, 2008). Nicholls *et al.* (2000) menyebutkan bahwa banjir rob di wilayah pesisir dapat menimbulkan berbagai gangguan berupa terganggunya fungsi wilayah pesisir dan perkotaan, terganggunya fungsi sarana dan prasarana seperti jaringan jalan, pelabuhan dan bandara, terganggunya kawasan pemukiman, penurunan produktivitas lahan pertanian, dan peningkatan risiko wabah penyakit. Banjir rob terjadi terutama disebabkan oleh pengaruh penurunan muka tanah, perubahan iklim, dan tinggi – rendahnya pasang surut air laut akibat gaya gravitasi (Yualelawati *et al.*, 2008). Perubahan iklim yang dimaksud disini adalah pemanasan global (*global warming*). Pemanasan global mempengaruhi badai, perubahan suhu, dan tentu saja kenaikan muka air laut (Klein *et al.*, 1999). Kenaikan muka air laut yang terjadi di stasiun pasang surut Benoa, Badung terjadi hingga 4,7 mm/tahun (Lumban-Gaol *et al.*, 2016).

Jika dilihat dari jumlah pertumbuhan bangunan, penggunaan air tanah dan kenaikan muka air laut yang terjadi maka Kabupaten Badung berpotensi terjadi penurunan muka tanah bahkan banjir rob. Pada penelitian ini tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui laju dari *land subsidence* dan bagaimana potensi

terjadinya banjir rob akibat penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut di Kabupaten Badung. Karena laju penurunan muka tanah dan potensi banjir rob tersebut masih belum diketahui sehingga perlu dilakukan penelitian terkait hal tersebut di Kabupaten Badung. Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah metode *Small Baseline Subset Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar* (SBAS-DInSAR) karena pada metode tersebut menggunakan dua atau lebih perbedaan fasa pada citra SAR dengan akuisisi yang berbeda untuk mendapatkan nilai deformasi (Akbar *et al.*, 2015). Metode Regresi Linear digunakan untuk memprediksi penurunan muka tanah yang akan terjadi dan kemudian dilakukan layout dengan data pasang tertinggi.

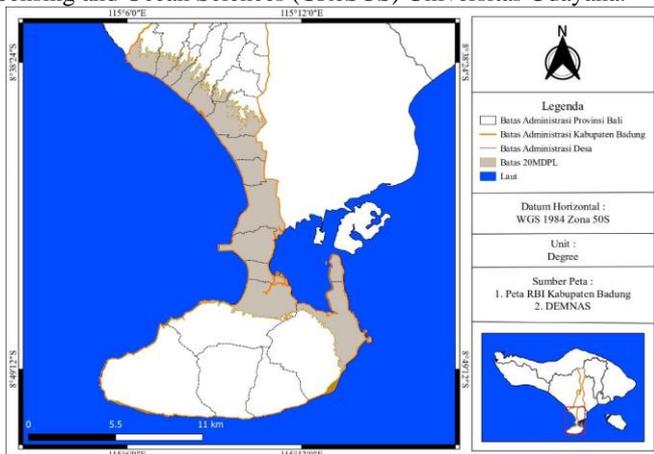
2. Metode Penelitian

2.1. Kondisi Geologi Kabupaten Badung

Kabupaten Badung merupakan salah satu kabupaten yang berada di Pulau Bali dengan luas wilayah 418,52 km² dengan 6 kecamatan (BPS Kabupaten Badung, 2020). Berdasarkan kondisi geografis, sumber daya alam, lingkungan hidup, dan sosial budaya maka Kabupaten Badung dibagi menjadi 3 wilayah pembangunan yaitu Badung Utara, Badung Tengah, dan Badung Selatan. Secara geologi Badung Tengah dan Badung Selatan sebagian besar struktur tanahnya berupa endapan alluvial yang berasal dari endapan sungai dan lapukan tanah vulkanik muda dan beberapa wilayah terdapat jenis tanah *Red Mediteran* yang kurang peka terhadap erosi (Pemerintah Kabupaten Badung, 2007).

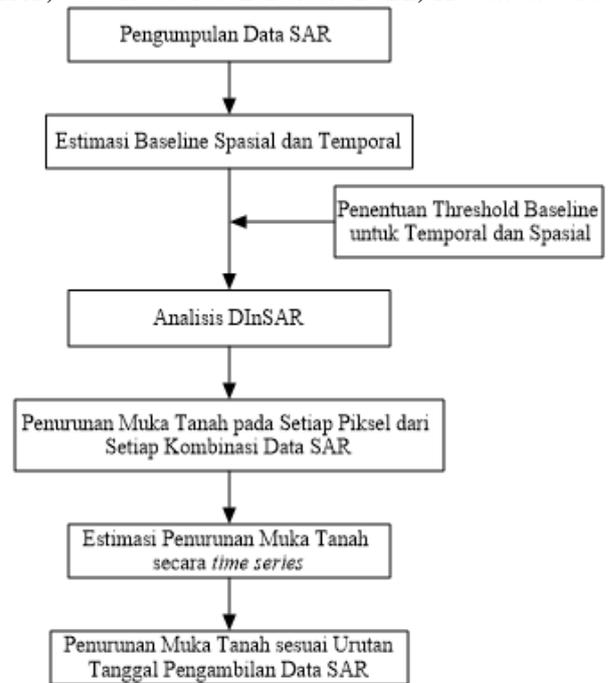
2.2. Waktu dan Tempat

Adapun waktu dan tempat dilaksanakannya analisis data pada bulan November 2020 hingga Februari 2021 yang berlokasi di pesisir Kabupaten Badung, Bali dengan fokus lokasi wilayah ≤ 20 MDPL yang didapatkan dari peta Digital Elevation Model (DEM). Hal tersebut didukung oleh pernyataan Kulp *and* Strauss (2019) bahwa wilayah pesisir berada pada wilayah ≤ 20 MDPL. Pengolahan dan analisis data dilaksanakan di Center for Remote Sensing and Ocean Sciences (CRoSOS) Universitas Udayana.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian yang Berada Pada Wilayah Pesisir

2.3. Small Baseline Subset Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (SBAS-DInSAR)



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data SAR dengan Metode SBAS-DInSAR

Data citra yang digunakan merupakan data Citra Sentinel-1a dan Sentinel-1b *Interferometric Wide Swath* (IW) level 1.1 *Single Look Complex* (SLC) dengan format wilayah Badung tahun 2014-2020. Pada mode IW yang dimiliki Sentinel-1a dan Sentinel-1b dapat melakukan pengamatan dengan resolusi spasial sekitar 5 m x 20 m. Pada Sentinel-1a dan Sentinel-1b menggunakan sensor C-band dengan panjang gelombang 3,75-7,5 cm (Parwata *et al.*, 2020). Menurut Islam *et al.* (2017) masing-masing satelit bisa melakukan *repeat cycle* setiap 12 hari dan menggunakan konstelasi kedua satelit menciptakan Sentinel-1 mempunyai *repeat cycle* setiap 6 hari. Pada penelitian ini memakai 166 citra satelit Sentinel-1 level 1.1 yang dimulai dari tanggal 16 Oktober 2016 hingga 31 Desember 2020 dan data DEM dengan resolusi spasial 30 m yang nantinya digunakan untuk tahap penghapusan fase topografi. Banyaknya data citra yang digunakan karena metode ini diharapkan dapat mengatasi fenomena dekorelasi temporal dengan cara memilih *distributed scatterers* (DS) berdasarkan tingkat koherensinya dan metode ini juga untuk menghilangkan *atmospheric artifacts* dan kesalahan topografi dari kumpulan interferogram, dan mendapatkan informasi *displacement time-series* (Berardino *et al.*, 2002).

Persebaran titik orbit satelit dari pengamatan SAR dapat diketahui dengan memilih *baseline perpendicular* pendek (≤ 150 m) atau *baseline temporal* yang pendek (48 hari). Hal ini juga menjadi faktor dalam memperoleh nilai koherensi yang tinggi antara citra *master* dan *slave* (Ferreti *et al.*, 2007). Dalam analisis SBAS-DInSAR untuk mengetahui deformasi pada permukaan bumi juga dilakukan penghapusan fase pada interferogram meliputi fase topografi, fase deformasi, fase atmosferik, fase orbit, dan fase gangguan. Kemudian untuk dapat mengetahui perubahan dari *Line of Sight* (LOS) menjadi penurunan tanah pada setiap perbedaan data citra yang diamati dengan menggunakan rumus berikut (Parwata *et al.*, 2020):

$$D_{Sub} = \frac{D_{LOS}}{\cos\theta_i} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana D_{Sub} merupakan perpindahan arah vertikal atau *subsidence*, D_{LOS} merupakan perpindahan searah LOS (*LOS displacement*), dan θ_i merupakan sudut insiden.

2.4. Regresi Linear Sederhana

Pada metode ini diharapkan dapat memprediksi penurunan tanah yang akan terjadi di masa yang akan datang yang berdasarkan dari hasil dari metode SBAS-DInSAR. Regresi linear merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara 1 variabel tetap (respons atau kriteria) dengan 1 atau lebih variabel bebas (prediktor atau regresor). Jika hanya menggunakan 1 variabel bebas, teknik ini disebut sebagai regresi linear sederhana (Harlan, 2018). Persamaan untuk model regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(2)$$

Dimana Y merupakan variabel dependen yang akan diramalkan; a merupakan intersep (*intercept*); b merupakan kemiringan (*slope*) atau koefisien regresi; X merupakan variabel bebas.

2.5. Potensi Terjadinya Banjir Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Badung

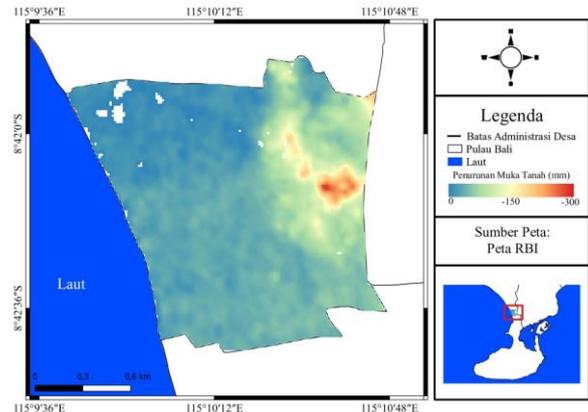
Untuk mengetahui potensi terjadinya banjir rob perlu dilakukan prediksi penurunan muka tanah dan pasang tertinggi yang akan terjadi. Pada penelitian ini digunakan metode regresi untuk mengetahui prediksi penurunan muka tanah pada setiap desa dalam jangka waktu 10 tahun dan 20 tahun kedepan dari tahun 2020. Prediksi dilakukan dengan jangka waktu maksimal 20 tahun dikarenakan data yang digunakan untuk memprediksi tergolong pendek yaitu 6 tahun 2 bulan sehingga kurang baik jika digunakan untuk prediksi dalam jangka yang lebih panjang. Agar mempermudah pengamatan penurunan muka tanah, data harian citra yang diperoleh kemudian dirata-ratakan menjadi data bulanan di setiap desa. Dari nilai rata-rata tersebut dibagi menjadi 3 kategori laju penurunan muka tanah yaitu 0 sampai -10 mm

JMRT, Volume 5 No 2 Tahun 2022, Halaman: 64-70 (lambat), -11 mm sampai -20 mm (sedang), dan > -21 mm (cepat). Kemudian dibuatkan grafik dan garis regresi linear. Dari regresi linear tersebut didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2), *slope* (kemiringan garis) dan *intercept*.

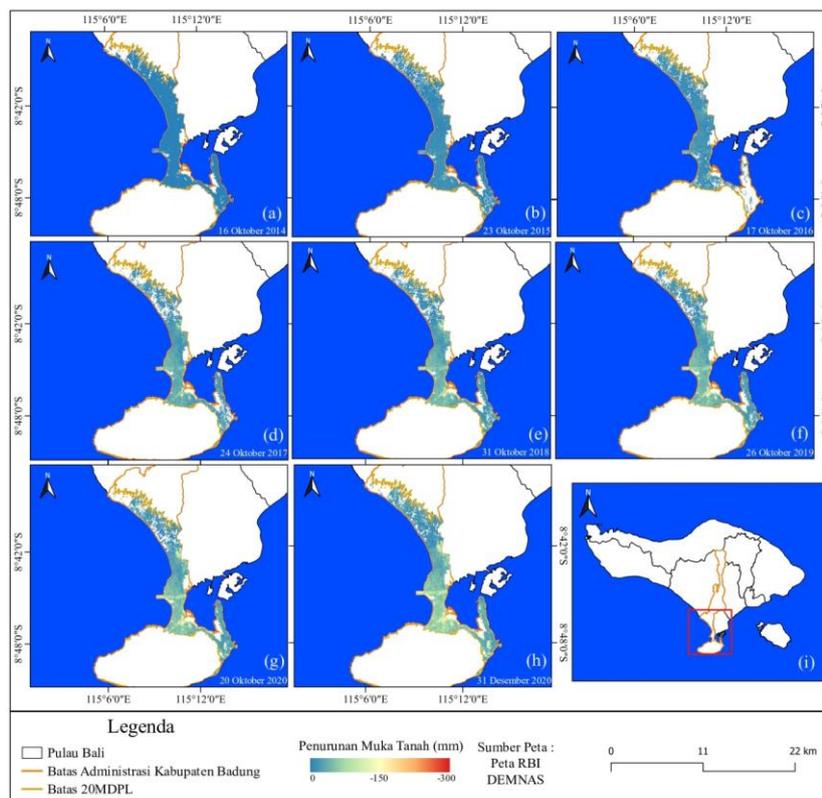
Untuk mengetahui pasang tertinggi menggunakan data prediksi pasang tertinggi (HWL) dari BIG dari tahun 2000 hingga 2020 sehingga didapatkan nilai pasang tertinggi sebesar 1,646 m, kemudian ditambahkan dengan nilai rata-rata kenaikan muka air laut di Tanjung Benoa yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan Lumban-Gaol *et al.* (2016) sebesar 4,7 mm/tahun. Maka dapat diprediksi pasang tertinggi pada tahun 2030 adalah 1,693 m dan tahun 2040 sebesar 1,74 m.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Laju Penurunan Muka Tanah



Gambar 4. Wilayah dengan Penurunan Muka Tanah tertinggi di Kabupaten Badung



Gambar 3. Penurunan Muka Tanah di Wilayah Kabupaten Badung: (a) 16 Oktober 2014, (b) 23 Oktober 2015, (c) 17 Oktober 2016, (d) 24 Oktober 2017, (e) 31 Oktober 2018, (f) 26 Oktober 2019, (g) 20 Oktober 2020, (h) 31 Desember 2020, (i) Peta Pulau Bali

Pada penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui penurunan muka tanah di wilayah pesisir Kabupaten Badung dengan menggunakan metode SBAS-DInSAR telah didapatkan hasil seperti pada gambar 3. Pada peta tersebut menampilkan hasil setiap 12 bulan dan tanggal akuisisi data yang berbeda dikarenakan data perekaman citra tidak akan selalu berada pada tanggal yang sama. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa hampir seluruh wilayah pesisir Kabupaten Badung mengalami penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah ditampilkan pada warna biru hingga merah, dimana warna tersebut menunjukkan seberapa besar penurunan muka tanah yang terjadi pada Gambar 3 dan Gambar 4. Penurunan muka tanah di Kabupaten Badung seperti pada Gambar 3 dan 4 diakibatkan oleh berbagai faktor yaitu adanya beban bangunan dan kondisi geologi. Berdasarkan hasil yang diperoleh penurunan muka tanah cenderung terjadi di bagian selatan dari Kabupaten Badung yang dikarenakan oleh bagian Badung Selatan merupakan wilayah dominasi pariwisata dan sebagian besar kondisi tanahnya berupa tanah alluvial (Pemerintah Kabupaten Badung, 2007). Hal ini sesuai dengan pernyataan Abidin *et al.* (2011) bahwa penurunan muka tanah yang terjadi dapat disebabkan oleh empat faktor, yaitu pengambilan air tanah secara berlebihan, beban bangunan, konsolidasi alami tanah aluvial, dan aktivitas tektonik.

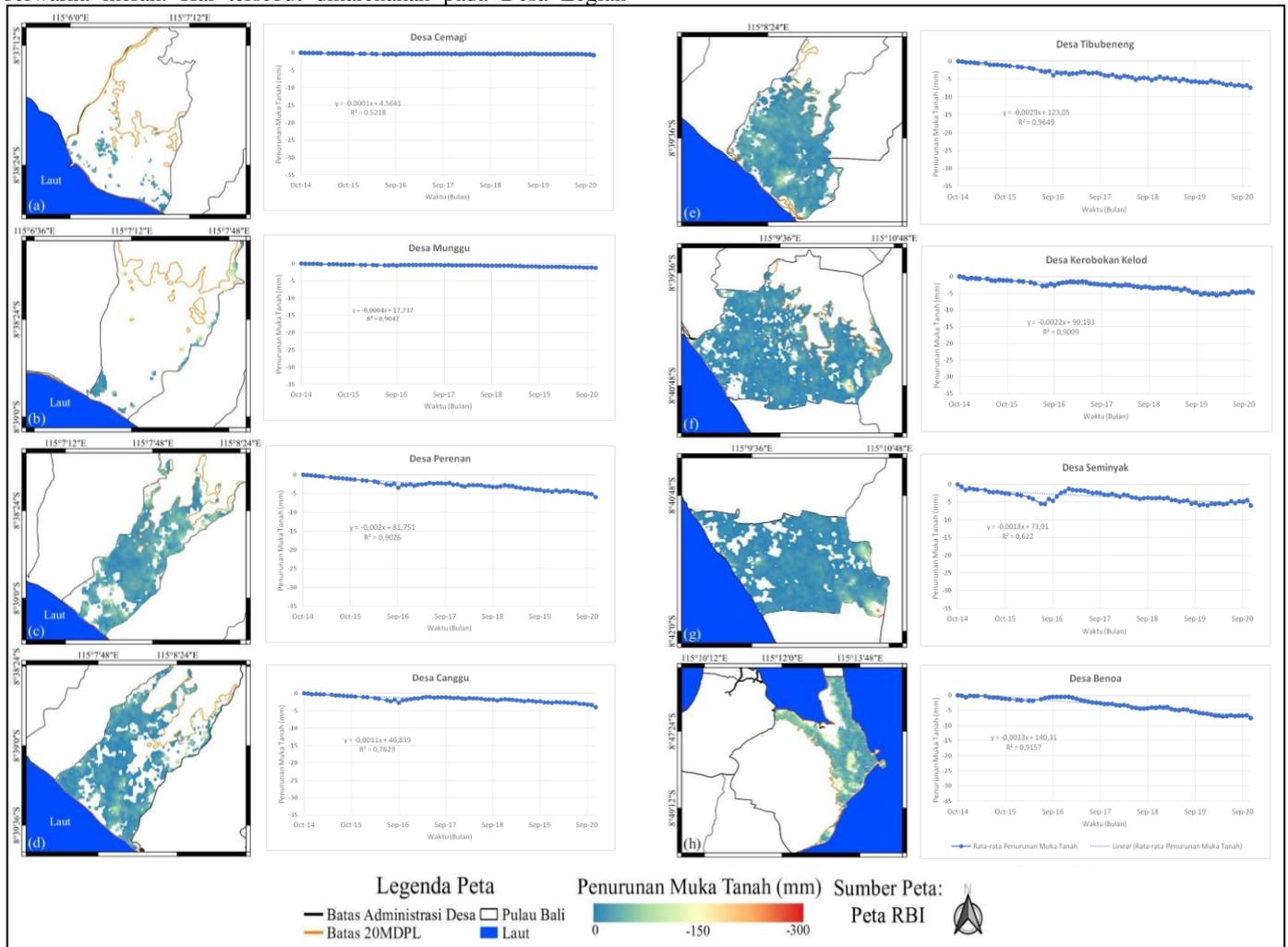
Pada Gambar 4 menunjukkan dengan lebih jelas bahwa terjadi penurunan muka tanah di wilayah Desa Legian mencapai -231 mm, penurunan muka tanah ditandai dengan adanya piksel berwarna merah. Hal tersebut dikarenakan pada Desa Legian

merupakan wilayah yang padat akan pertokoan, penginapan, dan pemukiman dengan jumlah bangunan keseluruhan pada tahun 2019 mencapai 4.731 bangunan dengan luas wilayah 3,05 km² (BPS Kecamatan Kuta, 2020). Pada umumnya wilayah perkotaan mengalami penurunan muka tanah yang disebabkan oleh beban bangunan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan dari Abidin *et al.* (2011) dan Yulyta (2018), bahwa salah satu penyebab penurunan muka tanah adalah beban bangunan.

Pada piksel yang berlubang dikarenakan wilayah tersebut mengalami uplift, menurut Yastika (2019) hilangnya piksel juga dapat terjadi karena SBAS-DInSAR tidak dapat mendeteksi area vegetasi dan air karena hilang atau rendahnya nilai koheren. Pada kasus ini hilang atau rendahnya nilai koheren dipengaruhi oleh tingkat kekasaran (*surface roughness*) permukaan obyek, sedangkan permukaan obyek yang halus akan menghamburkan sebagian besar sinyal, dan permukaan yang kasar akan memantulkan lebih banyak sinyal ke sensor (Lillesand *et al.*, 2004).

3.2. Penurunan muka tanah 0 sampai -10 mm (Lambat)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan 8 desa dengan laju penurunan muka tanah tergolong lambat yaitu Desa Cemagi dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -0,66 mm. Desa Munggu dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -1,29 mm. Desa Perenan dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -5,97 mm. Desa Cangu dengan nilai penurunan muka

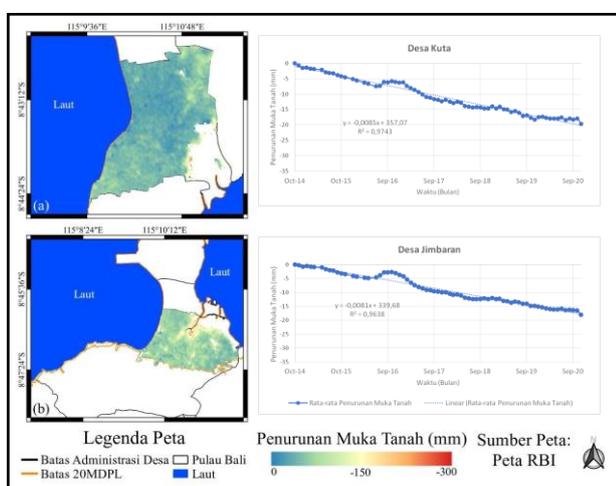


Gambar 5. Bagian Kiri Peta Penurunan Muka Tanah dan Bagian Kanan Grafik Time Series Penurunan Muka Tanah Kategori Lambat Pada: (a) Desa Cemagi, (b) Desa Munggu, (c) Desa Perenan, (d) Desa Cangu, (e) Desa Tububeneng, (f) Desa Kerobokan Kelod, (g) Desa Seminyak, (h) Desa Benoa

tanah mencapai -3,93 mm. Desa Kerobokan Kelod dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -4,80 mm. Desa Tibubeneng dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -7,41 mm. Desa Seminyak dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -5,89 mm. Desa Benoa dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -7,51 mm.

Pada wilayah-wilayah tersebut, lambatnya laju penurunan muka tanah yang terjadi seperti pada Desa Cemagi dan Desa Munggu diakibatkan karena sebagian besar wilayahnya masih berupa sawah atau area vegetasi, dapat dilihat pada gambar terdapat banyak area yang tidak terdapat nilai piksel. Karena pada wilayah tersebut masih didominasi oleh area vegetasi sehingga minimnya beban bangunan atau pengaruh terhadap penggunaan air tanah secara berlebih dan masih adanya daerah resapan air tanah. Sedangkan pada Desa Tibubeneng, Desa Seminyak, dan Desa Benoa sebagian besar wilayahnya sudah mulai terdapat bangunan seperti pemukiman dan sarana pendukung kegiatan wisata. Oleh karena itu wilayah tersebut mengalami laju penurunan muka tanah yang sedikit lebih cepat.

3.3. Penurunan muka tanah -11mm sampai -20mm (Sedang)

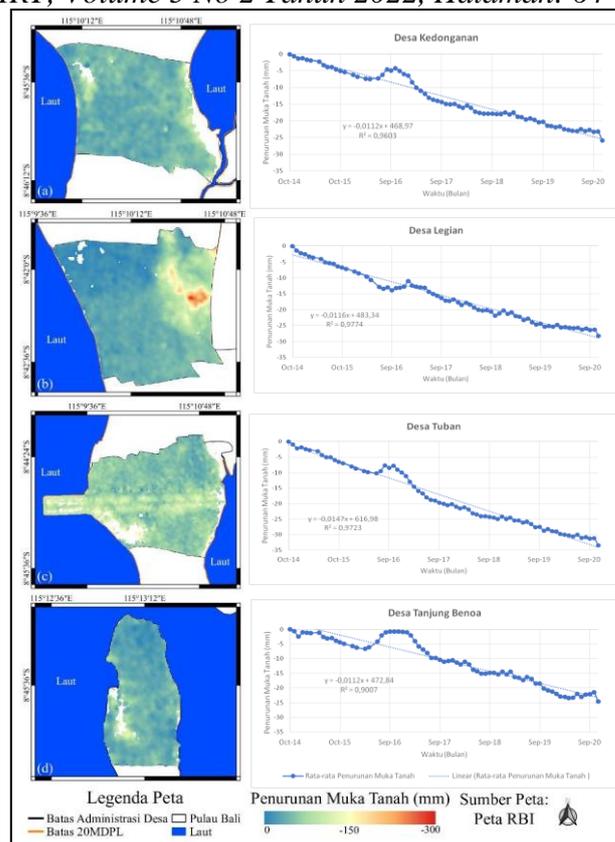


Gambar 6. Bagian Kiri Peta Penurunan Muka Tanah dan Bagian Kanan Grafik Time Series Penurunan Muka Tanah Kategori Sedang Pada: (a) Desa Kuta, (b) Desa Jimbaran

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan 2 desa dengan laju penurunan muka tanah tergolong sedang yaitu Desa Kuta dan Desa Jimbaran. Desa Kuta dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -19,68 mm. Desa Jimbaran dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -18,08 mm. Pada wilayah Desa Kuta dan Desa Jimbaran laju penurunan muka tanah pada wilayah tersebut tergolong sedang karena memang padatnnya wilayah tersebut. Menurut BPS Kecamatan Kuta (2020) di Desa Kuta pada tahun 2019 terdapat 12.424 buah bangunan pada Desa Kuta yang merupakan pusat pariwisata di Kabupaten Badung dan pada kedua wilayah tersebut karena banyaknya bangunan sehingga wilayah yang dapat digunakan sebagai wilayah resapan cukup sedikit.

3.4. Penurunan muka tanah > -21mm (Cepat)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan didapatkan empat desa dengan laju penurunan muka tanah tergolong cepat yaitu Desa Kedonganan, Desa Legian, Desa Tuban, dan Desa Tanjung Benoa. Desa Kedonganan dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -25,82 mm. Desa Legian dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -28,19 mm. Desa Tuban dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -33,38 mm. Desa Tanjung Benoa dengan nilai penurunan muka tanah mencapai -24,61 mm.



Gambar 7. Bagian Kiri Peta Penurunan Muka Tanah dan Bagian Kanan Grafik Time Series Penurunan Muka Tanah Kategori Cepat Pada: (a) Desa Kedonganan, (b) Desa Legian, (c) Desa Tuban, d) Desa Tanjung Benoa

Dari seluruh wilayah pengamatan penurunan muka tanah tercepat berada pada Desa Tuban, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 7 yang dimana penurunan muka tanah terjadi pada sebagian wilayah pada Desa Tuban yang digunakan sebagai bandara. Menurut Zhuo *et al.* (2020), wilayah yang pernah dilakukan pengukuran pada masa lalu seperti pada wilayah bandara merupakan salah satu penyebab penurunan muka tanah karena kandungan tanah dari reklamasi atau pengukuran yang belum padat yang kemudian terjadi kompresi dengan adanya kendaraan berat.

Berdasarkan grafik penurunan muka tanah yang didapatkan, dapat dilihat bahwa pada setiap desa dominan mengalami penurunan muka tanah baik secara cepat atau lambat. Perbedaan penurunan muka tanah tersebut dapat dipengaruhi dari beban bangunan yang ada dan berkurangnya air dalam tanah yang diakibatkan oleh penggunaan yang berlebih.

3.5. Potensi Terjadinya Banjir Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Badung

Tabel 1. Nilai Penurunan Muka Tanah dan Prediksi Penurunan Muka Tanah

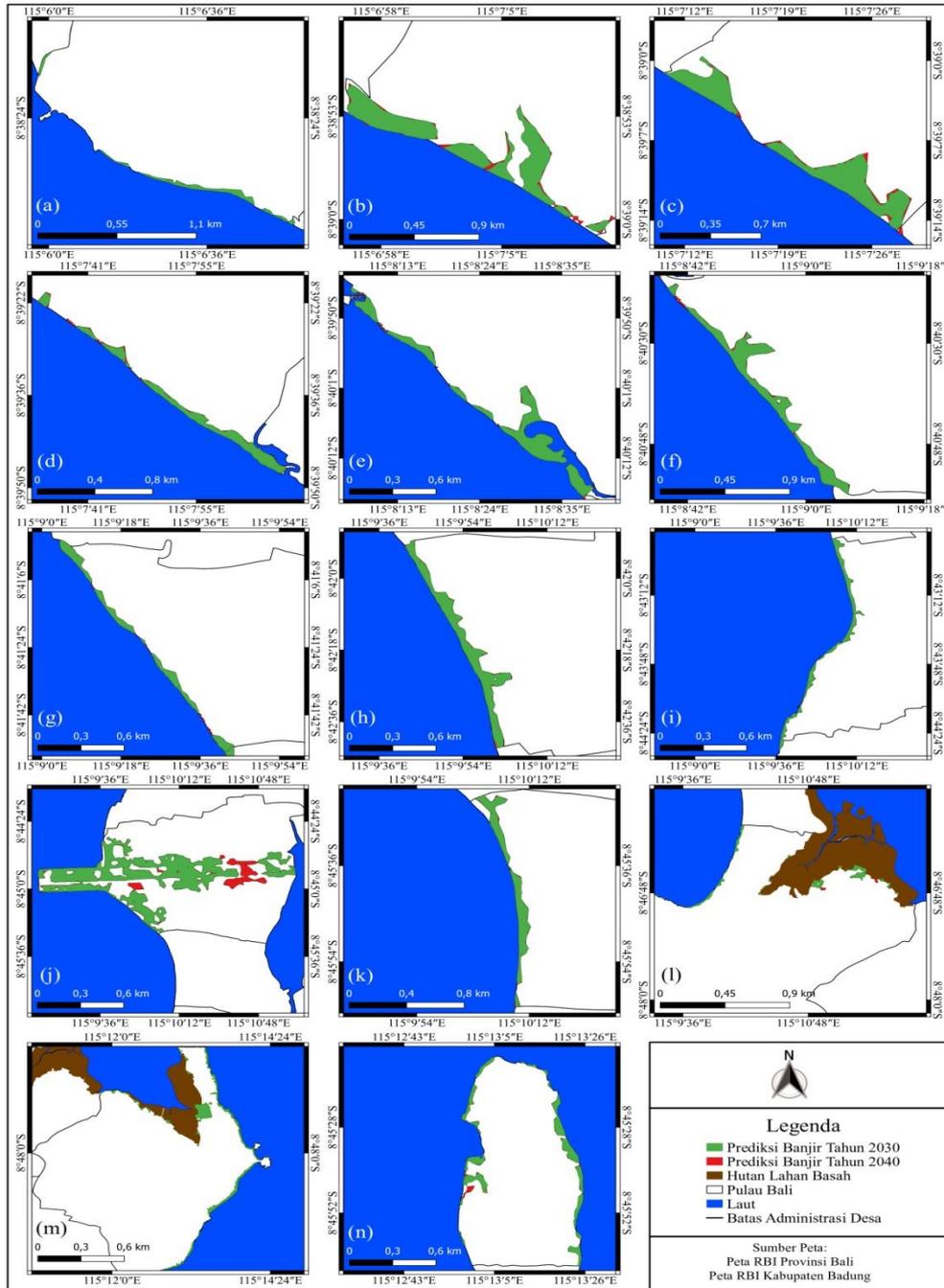
No.	Desa	Nilai Land Subsidence	Data Prediksi	
			Tahun	
			2020	2030
1	Cemagi	-0,66	-0,85	-1,27
2	Munggu	-1,29	-2,58	-4,14
3	Perenan	-5,97	-12,06	-19,23
4	Canggu	-3,93	-7,01	-11,13
5	Kerobokan Kelod	-4,8	-13,03	-20,92

6	Tibubeneng	-7,41	-17,74	-28,50
7	Kedonganan	-25,82	-66,31	-107,21
8	Kuta	-19,68	-51,4	-82,61
9	Legian	-28,19	-71,27	-113,65
10	Seminyak	-5,89	-11,87	-18,36
11	Tuban	-33,38	-88	-141,86
12	Benoa	-7,51	-18,92	-31,09
13	Jimbaran	-18,08	-47,43	-77,00
14	Tanjung Benoa	-24,61	-64,21	-105,24

Berdasarkan perhitungan prediksi penurunan muka tanah menggunakan metode regresi linear didapatkan nilai prediksi

JMRT, Volume 5 No 2 Tahun 2022, Halaman: 64-70 dengan -33,38 mm. Pada hasil prediksi dapat dilihat bahwa penurunan muka tanah hingga tahun 2040 pada Desa Tuban dapat mencapai -141,86 mm. Hal tersebut tentunya dapat lebih diperhatikan dalam upaya mitigasi, terlebih wilayah tersebut merupakan objek vital berupa bandara udara.

Luasan wilayah yang berpotensi tergenang oleh banjir rob dapat dipetakan berdasarkan data prediksi penurunan muka tanah, data pasang tertinggi, dan nilai prediksi kenaikan muka air laut setiap tahunnya. Dalam penelitian ini prediksi banjir rob diasumsikan pada kondisi seperti saat ini atau tidak ada kondisiantisipasi (pembuatan tanggul, pembangunan *Giant Wall*, dll) dan nilai kenaikan muka air laut tetap 4,7mm/tahun. Adapun peta



Gambar 8. Prediksi Genangan Banjir Pada: (a) Desa Cemagi, (b) Desa Munggu, (c) Desa Perenan, (d) Desa Cangu, (e) Desa Tububeneng, (f) Desa Kerobokan Kelod, (g) Desa Seminyak, (h) Desa Legian, (i) Desa Kuta, (j) Desa Tuban, (k) Desa Kedonganan, (l) Desa Jimbaran, (m) Desa Benoa, (n) Desa Tanjung Benoa

penurunan muka tanah dari data pengamatan citra satelit tahun 2014 hingga tahun 2020. Pada tahun 2020 Desa Tuban merupakan wilayah dengan penurunan muka tanah tertinggi

potensi genangan banjir rob yang akan terjadi pada tahun 2030 dan 2040 dapat disajikan pada Gambar 8.

Tabel 2. Nilai Prediksi Luas dan Jarak Genangan Banjir Rob

No	Desa	Luas Genangan (ha)		Jarak Genangan (m)	
		Tahun			
		2030	2040	2030	2040
1	Cemagi	2,99	2,98	47,52	53,05
2	Munggu	1,78	1,82	40,88	44,29
3	Perenan	2,69	2,81	104,95	121,04
4	Canggu	2,92	3,05	52,72	59,90
5	Kerobokan Kelod	5,74	5,91	192,60	198,40
6	Tibubeneng	4,67	4,78	160,82	171,14
7	Kedonganan	3,82	3,88	143,43	150,68
8	Kuta	14,90	15,27	148,00	156,62
9	Legian	10,45	10,70	202,44	208,53
10	Seminyak	5,83	6,01	80,37	87,27
11	Tuban	109,24	124,80	2768,97	2779,66
12	Benoa	54,70	55,53	202,42	210,53
13	Jimbaran	14,19	15,77	302,65	312,16
14	Tanjung Benoa	7,64	8,28	171,95	178,84

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa setiap tahun luas genangan dan jarak genangan banjir rob dari pantai semakin meluas dengan adanya pengaruh dari penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut. Lahan yang berpotensi terdampak pada umumnya merupakan wilayah pemukiman, bandara, dan wilayah wisata pesisir. Menurut Nicholls *et al.* (2000) bahwa banjir rob di wilayah pesisir dapat menyebabkan berbagai gangguan berupa gangguan terhadap fungsi kawasan pesisir dan kota yang dekat dengan pantai, terganggunya fungsi prasarana dan sarana seperti jaringan jalan, area pelabuhan dan area bandara, terganggunya kawasan permukiman, berkurangnya produktivitas lahan pertanian, dan dapat meningkatkan risiko wabah penyakit. Desa yang memiliki potensi genangan terluas yaitu Desa Tuban, hal tersebut dapat diakibatkan karena elevasi pada desa tersebut tergolong rendah. Pada Desa Tuban wilayah yang sangat terdampak yaitu pada bandara I Gusti Ngurah Rai. Hal tersebut akan menjadi kerugian bagi masyarakat dan pelaku wisata yang terdampak dengan terjadinya banjir rob.

4. Kesimpulan

Pada seluruh wilayah penelitian cenderung terjadi penurunan muka tanah secara linear. Laju penurunan muka tanah pada penelitian ini terjadi hingga -33,38 mm pada tahun 2020 di Desa Tuban, sedangkan pada Desa Cemagi -0,66 mm, Desa Munggu -1,29 mm, Desa Perenan -5,97 mm, Desa Canggu -3,93 mm, Desa Kerobokan Kelod -4,8 mm, Desa Tibubeneng -7,41 mm, Desa Kedonganan -25,82 mm, Desa Kuta -19,68 mm, Desa Legian -28,19 mm, Desa Seminyak -5,89 mm, Desa Benoa -7,51 mm, Desa Jimbaran -18,08 mm, dan Desa Tanjung Benoa -24,61 mm. Sedangkan wilayah yang berpotensi terjadinya banjir rob dengan genangan yang akan terus meluas dikarenakan oleh adanya penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut yang terjadi. Potensi genangan pada tahun 2030 seluas 241,56 ha, dan tahun 2040 seluas 261,58 ha. Desa yang rentan terjadi banjir rob karena cepatnya penurunan muka tanah dan elevasi tanah yang tergolong rendah adalah desa Tuban.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, orang tua, dosen pembimbing maupun penguji, dan teman-teman atas segala bentuk dukungannya yang diberikan selama penelitian berlangsung.

- [BPS] Badan Pusat Statistika Kabupaten Badung. 2020. Kabupaten Badung dalam Angka 2020. Badung: Badan Pusat Statistik Kabupaten Badung.
- [BPS Kecamatan Kuta] Badan Pusat Statistika Kabupaten Badung. 2019. Kecamatan Kuta Dalam Angka 2019. Badung: Badan Pusat Statistik Kabupaten Badung.
- Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I., et al. 2011. Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Nat Hazards* 59, 1753.
- Akbar Tengku Oki Al, Yudo Prasetyo, Arwan Putra Wijaya. 2015. Analisis Dampak Penurunan Muka Tanah Terhadap Tingkat Ekonomi Menggunakan Kombinasi Metode DInSAR dan SIG (Studi Kasus: Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip* Vol. 4 No. 4.
- Berardino Paolo, G. Fornaro, R. Lanari and E. Sansosti. 2002. A New Algorithm for Surface Deformation Monitoring Based on Small Baseline Differential SAR Interferograms. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 40, No. 11.
- Ferretti, A., Andrea Monti-Guarnieri, Claudio Prati, dan Fabio Rocca. 2007. *InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing And Interpretation*. The Netherlands: ESA Publications.
- Harlan Johan. 2018. *Analisis Regresi Linear*. Depok: Gunadarma.
- Islam L.J.F., Y. Prasetyo, B. Sudarsono. 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, pp. 29-36.
- S. Kahar, P. Purwanto, W. K. Hidayat. (2011). Dampak Penurunan Tanah dan Kenaikan Muka Laut Terhadap Luasan Genangan Rob di Semarang. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 7(2), 83-91.
- Klein R.J.T., R.J. Nicholls, 1999. Assesment of Coastal Vulnerability to Climate Change. *Ambio*, 28 (2), 182-187.
- Kulp, S.A., Strauss, B.H. New Elevation Data Triple Estimates of Global Vulnerability to Sea-Level Rise and Coastal Flooding. *Nat Commun* 10, 4844.
- Lillesand, Thomas M, Kiefer, RW Chipman and Jonathan W. 2004. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Terjemahan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lumban-Gaol Jonson, Amellus Andi Mansawan, James P. Panjaitan. 2016. Variation and Trend of Sea Level Derived from Altimetry Satellite and Tide Gauge in Cilacap and Benoa Coastal Areas. *International Journal of Remote Sensing and Ocean Sciences* Vol.13 No.1 June 2016:59-66.
- Nicholls, R.J.; de la Vega-Leinert dan Anne. 2000. Overview of The SURVAS Projct. *Proceeding of APN / SURVAS / LOICZ Joint Conference on Coastal Impacts of Climate Change and Adaptation in The Asia-Pacipic Region, Kobe Japan 14-16 Nopember 2000*.
- Parwata, I. N. S. et al. 2020. Monitoring the Subsidence Induced by Salt Mining in Tuzla, Bosnia and Herzegovina by SBAS-DInSAR Method. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 53: 5155 - 5175.
- Pemerintah Kabupaten Badung. 2007. *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Badung Tahun 2007*. Badung: Pemerintah Kabupaten Badung Provinsi Bali
- Sukearsana I., Sila Dharma I., Nuarsa I. 2015. Kajian Daerah Terintrusi Air Laut Di Wilayah Pesisir Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung. *ECOTROPIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 9(2), 72-78
- Umilia Ema, dkk. 2017. *Pengembangan Air Terjun Coban Pelangi Desa Wisata Gubugklakah Kabupaten Malang Berdasarkan Potensi Ekonomi dan Sosial Masyarakat*. ITS. Surabaya.
- Whittaker D.N, and Reddish D.J. 1989. *Subsidence Occurence, Prediction and Control*. DME Univ of Notthingham, Elsvier, New York.
- Yastika Putu Edi. 2019. *Application of Multi-temporal Differential Interferometry SAR to Long-term Monitoring Subsidence in Semarang, Indonesia and Volcanic Deformation in Sakurajima, Japan*. Doctoral Dissertation. Japan: Yamaguchi University.
- Yualelawati E dan Syihab U. 2008. *Mencerdasi Bencana*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Yulyta Sedy Ayu. 2018. *Aplikasi Metode SBAS-DInSAR Menggunakan Data Sentinel-1A Untuk Pengamatan Penurunan Muka Tanah Di Kota Surabaya*. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Zhuo Guanchen., et al. 2020. Evaluating Potential Ground Subsidence Geo-Hazard of Xiamen Xiang'an New Airport on Reclaimed Land by SAR Interferometry. *Journal Sustainability* 2020, 12, 6991.