

Studi Area Genangan Banjir Pasang dan Dampaknya Terhadap Penggunaan Lahan Pesisir Berdasarkan Pemodelan Geospasial di Kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah

Afifa Ulfani*, Muhammad Helmi, dan Kunarso

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: afifaulfani@students.undip.ac.id

Abstrak

Genangan akibat pasang surut air laut menjadi permasalahan yang sering terjadi di beberapa pesisir Indonesia, salah satunya Kecamatan Genuk. Kecamatan Genuk merupakan salah satu daerah pesisir di Kota Semarang yang sering terdampak banjir rob. Banjir rob adalah bencana yang terjadi akibat masuknya air laut ke daratan akibat pasang air laut. Penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut menjadi beberapa faktor yang meningkatkan intensitas banjir rob. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui area genangan banjir rob dan pengaruhnya terhadap penggunaan lahan di Kecamatan Genuk, Kota Semarang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut bulan Mei 2022, data Sea Level Anomaly (SLA) tahun 1993-2022, data Digital Elevation Model (DEM), Citra SAR Sentinel-1. Pengolahan data pasang surut menunjukkan bahwa tipe pasang di Kecamatan Genuk yaitu pasang surut campuran condong harian ganda (1,121). Selisih nilai muka air tertinggi (HHWL) dan muka air rata-rata (MSL) setinggi 62,22 cm. Laju kenaikan muka air laut sebesar 4,7 mm/tahun. Elevasi muka tanah dengan rentang 0 – 18,88 m. Laju penurunan muka tanah sebesar 1 cm/tahun hingga 14,4 cm/tahun. Pemodelan luas area genangan banjir di Kec. Genuk bulan Mei 2022 berkisar 174,2784 hektar yang menggenangi lahan industri, tambak, pemukiman dan daerah vegetasi.

Kata kunci: Rob, Kenaikan Muka Air Laut, Pasang Surut, Penurunan Muka Tanah, Semarang

Abstract

Study of Tidal Flood Inundation Areas and Their Impact on Coastal Land Use Based on Geospatial Modeling in Genuk District, Semarang City, Central Java

Inundation due to tides is a problem that often occurs on several Indonesian coasts, one of which is Genuk District. Genuk District is one of the coastal areas in Semarang City that is often affected by tidal floods. Tidal floods are disasters that occur due to the entry of sea water onto land due to high tides. Land subsidence and sea level rise are several factors that increase the intensity of tidal floods. The aim of the research is to determine the area of tidal flood inundation and its influence on land use in Genuk District, Semarang City. The data used in this research are tidal data for May 2022, sea level anomaly (SLA) data for 1993–2022, digital elevation model (DEM) data, and Sentinel-1 SAR imagery. Tidal data processing shows that the type of tide in Genuk District is a double daily mixed tide (1.121). The difference between the highest water level (HHWL) and the average water level (MSL) is 62.22 cm. The rate of sea level rise is 4.7 mm/year. Land surface elevation ranges from 0 – 18.88 m. The rate of land subsidence is 1 cm/year to 14.4 cm/year. Modeling of the area of flood inundation in Kec. Genuk in May 2022 is around 174.2784 hectares, which inundates industrial land, ponds, residential areas and vegetation areas.

Keywords: Rob, Sea Level Rise, Tides, Land Subsidence, Semarang

PENDAHULUAN

Genangan akibat pasang surut air laut menjadi permasalahan yang sering terjadi di beberapa pesisir Indonesia. Kota Semarang adalah salah satu kawasan pesisir yang terdampak potensi bencana banjir akibat penurunan muka tanah (Ismanto *et al.*, 2009). Kecamatan Genuk merupakan daerah pesisir yang sering mengalami bencana akibat pasang air laut. Secara geografis wilayah Genuk terletak di Pantai Utara Jawa yang memiliki kelerengan pantai yang relatif landai. Topografi yang landai membuat Kecamatan Genuk sering mengalami banjir/genangan dan rob yang merugikan bagi masyarakat (Adi & Wahyudi, 2021). Banjir rob adalah bencana yang terjadi akibat masuknya air laut ke daratan pada saat pasang (Ondara *et al.*, 2018).

Kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah dapat meningkatkan kejadian Rob (Husnayaen *et al.*, 2018). Kota Semarang mengalami penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut yang cukup tinggi

(Marfai *et al.*, 2008). Kenaikan muka air laut merupakan fenomena yang disebabkan oleh pemanasan global yang diakibatkan oleh efek rumah kaca (Seenath *et al.*, 2016). Pemanasan yang meningkat setiap tahunnya menyebabkan peningkatan kenaikan muka air laut secara konstan (Arief *et al.*, 2015). Penurunan muka tanah merupakan turunnya permukaan tanah relatif terhadap suatu bidang yang dianggap stabil. Penurunan muka tanah bisa terjadi secara perlahan ataupun mendadak (Makruf *et al.*, 2020). Laju penurunan muka tanah berbeda-beda disetiap wilayah. Penurunan muka tanah dapat disebabkan oleh pengambilan air tanah berlebihan, berat infrastruktur dan lain-lain (Zainuri *et al.*, 2022). Penurunan muka tanah dapat ditentukan dengan menggunakan satelite Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, InsAR, Sentinel-1A, *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS), *Phased Array type L-band SAR* (PALSAR), Landsat TM, IKONOS, and TOPEX/Poseidon) SAR (Yastika *et al.*, 2019); Husnayaen *et al.*, 2018). Banjir Rob yang selalu terulang dan tidak ada mitigasi yang baik dapat merugikan bagi masyarakat yang terdampak (Bott *et al.*, 2021; Zainuri *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Daerah rawan yang terkena bencana banjir rob ini adalah daerah dengan kelerengan pantai landai dan sangat merugikan. Sehingga, Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis area genangan banjir rob dan pengaruhnya terhadap penggunaan lahan di Kecamatan Genuk, Kota Semarang menggunakan model spasial.

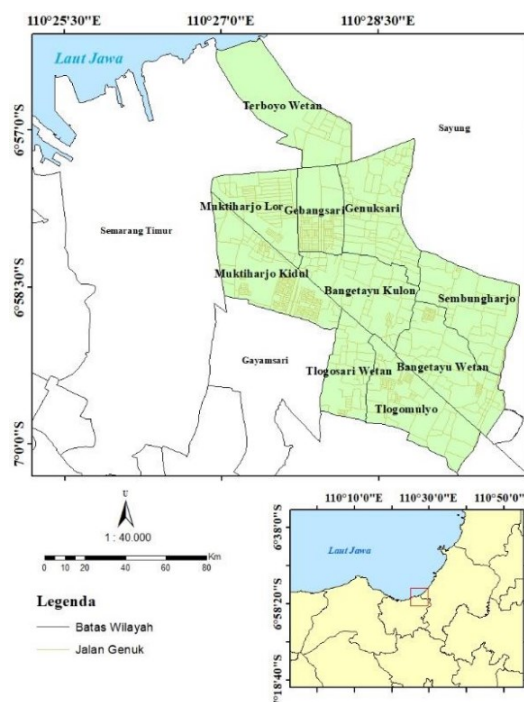
MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di Kecamatan Genuk secara geografis terletak di koordinat $06^{\circ} 56' 15'' - 07^{\circ} 00' 00''$ LS dan $100^{\circ} 26' 24'' - 100^{\circ} 30' 09''$ BT. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Materi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data pasang surut dari *IOC Sea Level Monitoring Facility* (UNESCO) yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dan komponen pasang surut. Data citra *synthetic aperture radar* (SAR) Sentinel-1 dari Copernicus yang digunakan untuk mengetahui laju penurunan muka tanah dan citra Sar Sentinel-2 yang digunakan sebagai peta dasar untuk pemetaan penggunaan lahan (Yastika *et al.*, 2019). Data *Sea Level Anomaly* (SLA) dari AVISO *Satellite Altimetry* Data yang digunakan untuk perhitungan tren kenaikan muka air laut. Data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang digunakan untuk pemetaan topografi. Peta RBI Kota Semarang dan survei lapangan mengenai batas genangan banjir sebagai data pendukung.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah metode yang menggunakan angka dan analisis data melalui prosedur statistik pada pengujian teori (Paramita *et al.*, 2021).

Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut diolah dengan metode Least Square menggunakan aplikasi ERGTIDE dengan output berupa komponen pasang surut yaitu M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, MS4 dan S0 sehingga didapatkan nilai Formzhal, HHWL, LLWL dan MSL.

Pengolahan Kenaikan Muka Air Laut

Data SLA yang digunakan adalah data yang didownload dari AVISO Satellite Altimetry Data dalam format txt dari tahun 1993-2020 menggunakan Delayed time Altimetry. Nilai SLA bulanan tiap tahunnya di buat kedalam grafik sehingga diperoleh laju kenaikan muka air laut setiap tahunnya. Kemudian dianalisis dengan metode regresi linear. Menurut Khasanah & Yenni (2017), persamaan regresi linear ditunjukkan pada persamaan:

$$y = a + bx$$

Keterangan: y = tinggi muka air laut; x = waktu; a = nilai offset; b = tingkat kenaikan (*slope, trend*)

Pengolahan Penurunan Muka Tanah

Data yang digunakan adalah citra pada bulan 10 Januari 2021 dan 17 Januari 2022. Data Citra Sentinel 1 yang diperoleh kemudian diolah dengan Perangkat Lunak SNAP dengan metode *Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar* (DInSAR). Metode DInSAR adalah teknik akuisisi dua citra SAR berpasangan kombinasi data citra kompleks pada posisi spasial yang sama (differential SAR) atau posisinya sedikit berbeda (*terrain height InSAR*) pada area sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda. Pada pengolahan DInSAR terdiri dari estimasi baseline citra SAR, koregistrasi citra (pemilihan area), pembentukan interferogram, proses DInSAR, filtering, multilooking, proses unwrapping, phase to displacement dan geocoding (Panggabean *et al.*, 2021). Dari hasil yang diperoleh, selanjutnya menghitung laju penurunan muka tanah menggunakan *raster calculator* di perangkat lunak ArcGIS 10.3. Rumus perhitungan penurunan muka tanah tiap tahunnya sebagai berikut:

$$Velocity\ PMT = \frac{Nilai\ PMT \times 365}{Selang\ waktu\ akuisisi\ pasangan\ citra\ (dalam\ hari)}$$

Pengolahan DEM (Digital Elevation Model)

Data elevasi yang digunakan adalah data yang bersumber dari Badan Informasi geospasial (BIG). DEM ini disebut dengan DEMNAS (DEM Nasional). DEMNAS merupakan integrasi data ketinggian yang meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (11.25m). Data DEMNAS yang diunduh memiliki format GeoTIFF (TIF) dan dilanjutkan dengan mengunduh grid-grid yang diperlukan. Menurut Hidayat *et al.*, 2020. Data DEMNAS diolah menggunakan metode Topo to Raster yang terdapat pada software ArcGIS Kemudian data tersebut diolah menjadi peta topografi untuk mendapatkan elevasi muka tanah.

Batas Genangan Terjauh

Untuk menentukan batas genangan banjir pasang terjauh digunakan metode wawancara mendalam (*In-depth Interviewed*). Wawancara akan dilakukan langsung dilokasi penelitian. Wawancara dilakukan di beberapa titik untuk memperoleh wilayah mana yang terkena dampak banjir pasang (Wulan *et al.*, 2016). Narasumber wawancara merupakan warga asli Kecamatan Genuk yang terdampak banjir dan pegawai BMKG yang lebih mengetahui data pasti mengenai banjir yang terjadi.

Pemetaan Area Genangan Banjir Pasang

Pemetaan area genangan banjir pasang diperoleh dari pengolahan data yang sudah diolah. Dari peta topografi, peta penurunan permukaan tanah, HHWL dan kenaikan muka air laut kemudian diperoleh hasil

akhir berupa peta area banjir pasang. Tinggi genangan banjir diperoleh dari selisih HHWL dan MSL yang dimasukkan ke *modul Raster Calculator*. Menurut Marfai (2011), persamaan yang digunakan pada *Raster Calculator* sebagai berikut:

$$WD = Con(Con([DEM] = Elevasi, Elevasi), Con([DEM] = Elevasi, Elevasi) - [DEM], 0)$$

Keterangan: *WD* = Kedalaman air genangan banjir rob; *DEM* = Data ketinggian tanah; *Elevasi* = HHWL - MSL

HASIL DAN PEMBAHASAN

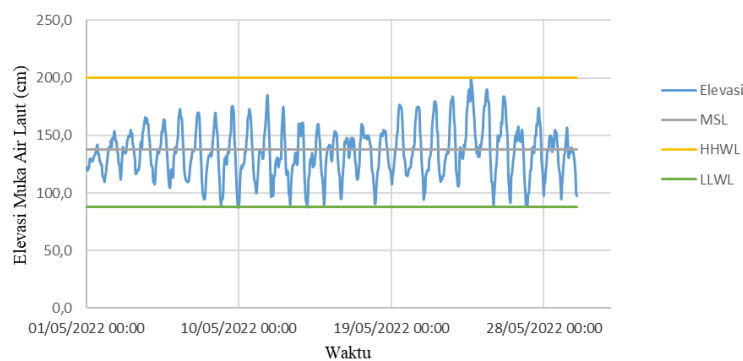
Hasil Pengolahan pasang surut didapatkan 10 komponen pasang surut utama di Kecamatan Genuk, Kota Semarang (Tabel 1). Berdasarkan komponen pasang surut, nilai Formzhal (F) didapatkan yaitu 1,197 sehingga disimpulkan bahwa tipe pasang surut campuran condong harian ganda. Tipe pasang surut campuran condong harian ganda yang dimaksud adalah dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Hasil ini sama dengan penelitian yang sudah dilakukan Rachman *et al.*, 2015 yang menyatakan tipe pasang surut Perairan Semarang adalah tipe campuran condong harian ganda dengan nilai Formzhal yang didapat dari pengolahan Admiralty yaitu 1,121.

Berdasarkan pengolahan menggunakan metode Least Square didapatkan nilai nilai rerata muka air tertinggi (HHWL) adalah 200 cm dan rerata muka air terendah (LLWL) adalah 88 cm. Nilai rata-rata muka air laut (MSL) yang digunakan dari tahun 2018 – 2022 sebesar 137,78 cm. Ketinggian banjir pasang diperoleh dari selisih HHWL dan Msl yaitu sebesar 62,22 cm (Gambar 2). Ketinggian banjir pasang ini digunakan sebagai acuan awal pembuatan peta genangan banjir pasang di Kecamatan Genuk, Kota Semarang. Berikut merupakan grafik pasang surut di Kota Semarang bulan Mei 2022.

Laju kenaikan muka air laut atau SLA pertahun di Kota Semarang dari tahun 1993 – 2020 diolah menggunakan Metode Regresi Linear dan menghasilkan grafik dengan persamaan kenaikan muka air laut. Berdasarkan persamaan yang dihasilkan yaitu $y = 0,004731x - 9,35974$., maka dapat diketahui nilai kenaikan muka air laut di Kota Semarang adalah 4,731 mm pertahun (Gambar 3).

Tabel 1. Hasil Pengolahan Pasang Surut di Kota Semarang bulan Mei 2022

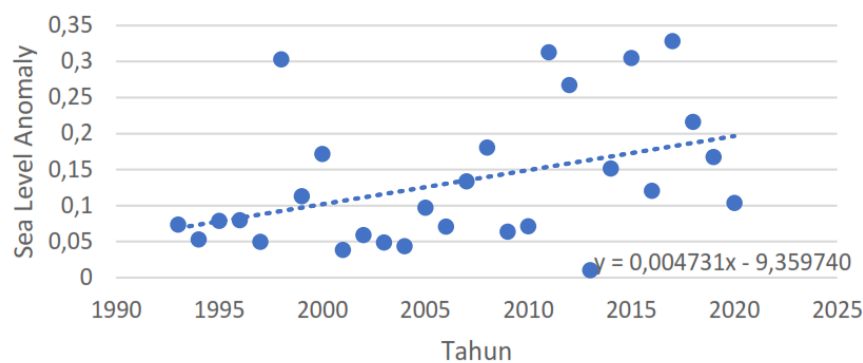
Konstituen	Amplitudo (cm)	Beda Fasa
M2	6,66	59,5
S2	11,61	-32,45
N2	2,18	72,79
K2	4,98	88,51
K1	19,66	16,69
O1	7,48	65,11
P1	9,39	20,65
M4	0,2	-64,63
MS4	0,88	-83,32
S0	135,76	



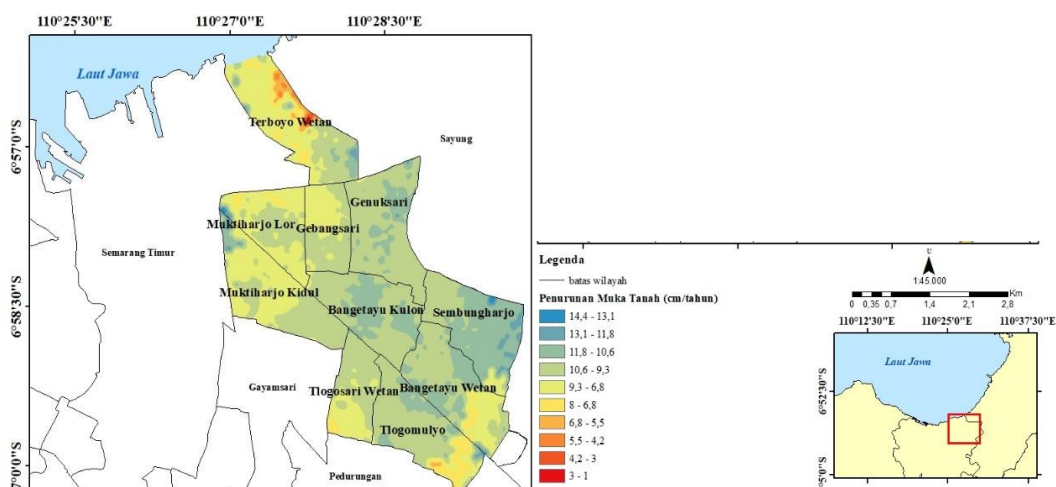
Gambar 2. Grafik Pasang Surut di Kota Semarang bulan Mei 2022

Penurunan muka tanah diolah menggunakan metode DinSAR sehingga menghasilkan peta penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah daerah Genuk bervariasi mulai dari 1 cm/tahun hingga 14,4 cm/tahun. Penurunan muka tanah tertinggi terjadi di kawasan Sembungharjo sebesar 14,4 cm pertahun. Sebagian besar wilayah Kecamatan Genuk meliputi area industri, vegetasi, tambak dan pemukiman. Hasil ini memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yuwono *et al.*, 2013 bahwa penurunan muka tanah di Kecamatan Genuk berada di kisaran 9 – 13 cm/tahun, penelitian ini terfokus pada penyebab penurunan muka tanah terhadap muka air tanah dan konsolidasi yang terjadi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Islam *et al.*, (2017), Kecamatan Genuk mengalami penurunan rata-rata tertinggi sebesar 10,35 cm/tahun pada periode 2015 – 2016. Pada penelitian yang dilakukan Andnur *et al.*, 2022 menyebutkan bahwa penurunan muka tanah di Kecamatan Genuk sebesar 8,3 cm/tahun. Hasil penelitian ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan Egaputra *et al.* (2022), penurunan muka tanah yang terjadi kurang lebih 30 tahun di Kecamatan Genuk sebesar 8,1 – 15 cm/tahun. Faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan muka tanah antara lain faktor alami (geologi), faktor pengambilan air tanah dan faktor massa bangunan (Cyntia, 2018). Penurunan muka tanah sangat berdampak pada penurunan kualitas hidup, penurunan muka tanah menimbulkan dampak diantaranya ambiasi tanah dan genangan air, rusaknya infrastruktur, intrusi air laut dan menyebabkan banjir rob (Kasfari *et al.*, 2018). Penurunan muka tanah ditunjukkan pada Gambar 4 berdasarkan nilai rata-rata, maksimal, dan minimal.

Hasil dari pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM) berupa peta kontur yang menunjukkan ketinggian tanah di daerah Kecamatan Genuk. Kecamatan Genuk memiliki topografi yang bervariasi dengan ketinggian 0 m – 19,8 m (Tabel 2). Terlihat dalam peta pada Gambar 5 daerah yang lebih dekat dengan pantai cenderung lebih rendah. dibanding dengan daerah yang lebih jauh dari pantai. Berdasarkan peta topografi, terdapat beberapa desa yang memiliki topografi rendah sehingga rawan tergenang banjir, yaitu Terboyo



Gambar 3. Grafik Laju Kenaikan Muka Air Laut



Gambar 4. Peta Penurunan Muka Tanah

Wetan, Mukhtiharjo Lor, Mukhtiharjo Kidul, Genuksari dan Gebangsari. Sedangkan desa yang memiliki topografi lebih tinggi yaitu, Bangetayu Kulon, Sembungharjo, Bangetayu Wetan, Tlogosari Wetan dan Tlogomulyo.

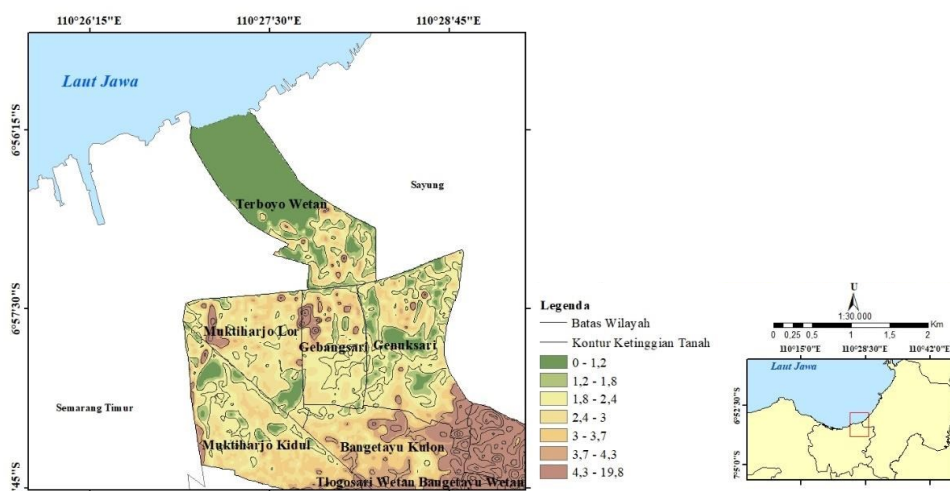
Berdasarkan pengolahan geospasial genangan banjir rob di Kecamatan Genuk bulan Mei tahun 2022 setinggi 62,22 cm. Genangan banjir ini terjadi terjadi seluas 174,2784 hektar dimana daerah dengan genangan terluas terjadi di Terboyo Wetan seluas 160,3145 hektar, sedangkan kawasan dengan genangan paling sedikit yaitu di Mukhtiharjo Lor seluas 0,8802 hektar (Tabel 3).

Tabel 2. Penurunan muka tanah Kecamatan Genuk

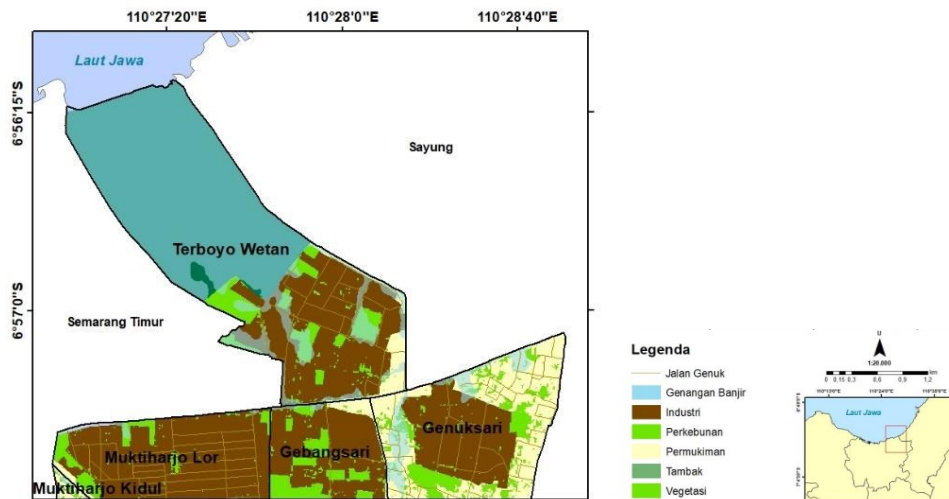
No	Desa	Rata-rata (cm)	Max (cm)	Min (cm)	Std dev
1	Terboyo Wetan	8,7	13,03	1	1,4
2	Mukhtiharjo Lor	9,22	14,04	7,3	0,75
3	Gebangsari	9,36	10,68	7,64	0,51
4	Genuksari	10,35	12,28	9,09	0,37
5	Mukhtiharjo Kidul	9,45	13,36	7,15	0,68
6	Bangetayu Kulon	10,43	11,15	9,01	0,36
7	Sembungharjo	10,91	14,4	8,09	0,78
8	Bangetayu Wetan	10,04	12,55	7,18	0,93
9	Tlogomulyo	9,72	12,55	6,06	1,03
10	Tlogosari Wetan	9,31	10,95	7,23	0,55

Tabel 3. Luasan genangan banjir rob di Kecamatan Genuk bulan Mei 2022

No	Desa	Jenis Lahan	Luas (Ha)	Total (Ha)
1	Terboyo Wetan	Industri	11,5037	160,3145
		Pemukiman	2,2917	
		Vegetasi	8,5579	
		Tambak	137,9612	
2	Genuksari	Industri	0,8352	11,2752
		Pemukiman	8,5191	
		Vegetasi	1,9209	
3	Gebangsari	Industri	1,5403	1,8085
		Vegetasi	0,2682	
4	Mukhtiharjo Lor	Industri	0,3387	0,8802
		Vegetasi	0,5415	
Total Luas Lahan Terdampak Genangan Banjir Rob				174,2784



Gambar 5. Peta Topografi



Gambar 6. Peta Genangan Banjir Kecamatan Genuk bulan Mei 2022

Banjir di Kecamatan Genuk menggenangi lahan industri, pemukiman, vegetasi dan tambak. Banjir ini terjadi karena topografi yang lebih rendah dibanding nilai HHWL yang terjadi pada bulan Mei 2022 (Gambar 6). Banjir rob yang terjadi di bulan Mei 2022 ini terjadi karena tanggul yang jebol dikawasan pesisir utara Semarang. Genangan rob sering kali terjadi di ruas jalan, halaman rumah dan juga fasilitas umum seperti fasilitas pendidikan. Masyarakat di Kecamatan Genuk pada umumnya bekerja di kawasan industri dan pedagang sehingga sangat mempengaruhi jika banjir rob terjadi. Hal itu berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan masyarakat setempat mengenai banjir rob. Banjir rob terjadi karena beberapa faktor diantaranya penurunan muka tanah, kenaikan muka air laut dan air laut pasang di Kota Semarang (Hakam & Harsasto, 2019). Kota Semarang secara topografi cenderung landai dengan kemiringan 0 sampai 2% dan sebagian besar wilayahnya memiliki ketinggian yang hampir sama dengan permukaan laut bahkan lebih rendah. Dari segi penurunan muka tanah, Kecamatan Genuk merupakan salah satu kawasan di Kota Semarang dengan nilai penurunan muka tanah yang cukup tinggi (Pujiastuti, 2015). Banjir rob yang terjadi menimbulkan dampak yang cukup besar seperti kerusakan infrastruktur pada area pemukiman, industri serta lahan pertanian (Salim *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data pasang surut pada bulan Mei 2022 didapatkan tipe pasang surut di Kota Semarang adalah campuran condong ke harian ganda dengan nilai Formzhal sebesar 1,197. Berdasarkan pengolahan data kenaikan muka air laut dari tahun 1993 – 2022 didapatkan laju kenaikan muka air laut sebesar 4,7 mm/tahun. Berdasarkan pengolahan data citra SAR menggunakan metode DinSAR didapatkan laju penurunan muka tanah sebesar 1 cm/tahun hingga 14,4 cm/tahun. Berdasarkan pengolahan data DEM didapatkan ketinggian muka tanah yaitu 0 -18,88 meter. Berdasarkan hasil pemodelan geospasial genangan banjir yang terjadi pada bulan Mei 2022 seluas 174,2784 hektar menggenangi lahan industry, tambak, pemukiman dan daerah vegetasi

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, H. P., & Wahyudi, I. 2021. Kajian Operasional Sistem Polder Untuk Penanganan Banjir Dan Rob Di Kawasan Genuk Semarang. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 26(1): 66-75. <http://doi.org/10.32497/wahanats.v26i1.2648>.
- Andnur, M. O., Widada, S., & Suryo, A. A. D. 2022. Analisis Kenaikan Muka Air Laut Dan Penurunan Muka Tanah Untuk Perencanaan Tinggi Lantai Bangunan Di Pesisir Utara Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(2): 56-60. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i2.13525>.
- Arief, M., Prayogo, T., Winarso, G., & Hartuti, M. 2015. *Aplikasi Data Penginderaan Jauh Untuk Menentukan Indeks Kerentanan Pantai Terhadap Kenaikan Air Laut Studi Kasus: Kota Semarang*. IPB Press, Bogor.

- Bott, L. M., Schöne, T., Illigner, J., Haghighi, M. H., Gisevius, K., & Braun, B. 2021. Land Subsidence in Jakarta and Semarang Bay–The Relationship Between Physical Processes, Risk Perception, And Household Adaptation. *Ocean dan Coastal Management*, 211: p.105775. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105775>.
- Cyntia, I. P. P. 2018. Analisis Penurunan Muka Tanah Dki Jakarta Dengan Metode Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (Dinsar). *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 2(2): 88-99. <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i2.19712>.
- Egaputra, A. A., Ismunarti, D. H., & Pranowo, W. S. 2022. Inventarisasi Kejadian Banjir Rob Kota Semarang Periode 2012-2020. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(2): 29-40. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i2.13240>.
- Hakam, A. M., & Harsasto, P. 2019. Evaluasi Proses Kebijakan Penanganan Banjir Rob Di Kota Semarang Oleh Pemerintah Kota Semarang. *Journal of Politics and Government Studies*, 8(1): 281-290.
- Husnayaen, Rimba A. B., Osawa T., Parwata I. N. S., As-syakur A. R., Kasim F., & Astarini I. A. 2018. Physical assessment of coastal vulnerability under enhanced land subsidence in Semarang, Indonesia, using multi-sensor satellite data. *Advances in Space Research*, 61(8), 2159–2179. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.01.026>.
- Hidayat, T. A., Helmi, M., Widada, S., Satriadi, A., Setiyono, H., Ismanto, A., & Yusuf, M. 2020. Pengolahan Data Satelit Sentinel-1 Dan Pasut Untuk Mengkaji Area Genangan Akibat Banjir Pasang Di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4): 306-312. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i4.8405>.
- 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. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.16253>.
- Ismanto, A., Wirasatriya, A., Helmi, M., Hartoko, A., & Prayogi. 2009. Model Sebaran Penurunan Tanah di Wilayah Pesisir Semarang. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 14 (4): 189-196. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.14.4.189-196>.
- Kasfari, R., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. 2018. Pengamatan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2017. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1): 120-130. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19315>.
- Khasanah, I. U., & Yenni, J. N. 2017. Kenaikan Muka Air Laut Perairan Sumatera Barat Berdasarkan Data Satelit Altimetri Jason-2. *Jurnal Geomatika*, 23(1): 1-8. <http://dx.doi.org/10.24895/JIG.2017.23-1.623>.
- Makruf, M. A., Subiyanto, S., & Awwaluddin, M. 2020. Analisis Geospasial Korelasi Penurunan Muka Tanah Terhadap Harga Tanah di Wilayah Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2): 63-70. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.27167>.
- Marfai, M. A., Almohammad, M., Dey, S., Susanto, B., & King, L. 2008. Coastal dynamic and shoreline mapping: multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142: 297–308. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9929-2>.
- Marfai, M. A. 2011. Impact of coastal inundation on ecology and agricultural land use case study in central Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae*, 30(3): 19-32. <https://doi.org/10.2478/v10117-011-0024-y>.
- Ondara, K., Rahmawan, G. A., & Pitri, Y. A. 2018. Kerentanan Pesisir Kota Pariaman, Sumatera Barat Menggunakan Pemodelan Numerik Hidro-Oseanografi. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV 2018*, Surabaya, 05 September 2018.
- Panggabean, M. I., Amarrohman, F. J., & Prasetyo, Y. 2021. Kajian Penurunan Muka Tanah Menggunakan Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DinSAR) Dan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) (Studi Kasus: Wilayah Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Sta 17-22). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(2): 108-117. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2021.30639>.
- Paramita, D. R. W., Rizal, N., & Sulistyan, R. B. 2021. *Metode Penelitian Kuantitatif Edisi 3*. Widya Gama Press, Lumajang. p.170.
- Rachman, R. K., Ismunarti, D. H., & Handoyo, G. 2015. Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sebaran Genangan Banjir Rob Di Kecamatan Semarang Utara. *Journal Of Oceanography*, 4(1): 1-9.
- Salim, M. A. 2018. Penanganan Banjir Dan Rob Di Wilayah Pekalongan. *Jurnal Teknik Sipil*, 11: 15-23.
- Seenath, A., Wilson, M., & Miller, K. 2016. Hydrodynamic versus GIS modelling for coastal flood vulnerability assessment: Which is better for guiding coastal management? *Ocean & Coastal Management*, 120: 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.019>.

- Wulan, T. R., Maulana, E., Maulia, N., Ambarwulan, W., Raharjo, T., Ibrahim, F., & Setyaningsih, Z. 2016. Strategi Penghidupan Masyarakat Pada Periode Krisis Bencana Banjir Pada Lahan Pertanian di Pesisir Kabupaten Bantul. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan 2016*, Madura, 27 Juli 2016.
- Yastika P. E., Shimizu N., & Abidin H. Z. 2019. Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. *Advances in Space Research*, 63(5): 1719–1736. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.11.008>.
- Yuwono, B. D., Abidin, H. Z., & Hilmi, M. 2013. Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah di Kota Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 4 2013*, Kota Semarang, 2013. <http://doi.org/10.36499/psnst.v1i1.700>.
- Zainuri, M., Helmi, M., Novita, M. G. A., Kusumaningru, H. P., & Koch, M. 2022. An Improve Performance of Geospatial Model to Access the Tidal Flood Impact on Land Use by Evaluating Sea Level Rise and Land Subsidence Parameters. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2): 1–11. <https://doi.org/10.12911/22998993/144785>.