



Model Prediktif Genangan Kenaikan Muka Air Laut Di Kecamatan Telukbetung Barat dan Telukbetung Selatan

Taufiq Ejaz Ahmad*, Della Ayu Lestari, Ishak Ariawan

Sistem Informasi Kelautan, Universitas Pendidikan Indonesia,
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

E-mail: taufiqejazahmad@upi.edu

Diterima 11 November 2019, Direvisi 6 Desember 2019, Disetujui Publikasi 30 Desember 2019

Abstract

Sea level rise is an exponential change in nature that can put pressure on human life, where submerged areas will make it difficult to carry out activities in the affected area. The purpose of this study is to model the area affected by sea level rise predictively using a specific GIS in the administrative area of Telukbetung Timur District and Telukbetung Selatan District, Bandar Lampung City, where the resulting information can be used in determining future decisions to be well designed. . By using digital elevation data with high resolution and predictive sea level values obtained from previous research, then applying it to the equilibrium method which will compare digital elevation data with sea level rise on the ArcGIS Pro Platform, so that information on the results is obtained, wherein the scenario Sea level rise as high as 0.4 m, Telukbetung Timur District has the possibility of 17.42 ha to be submerged. In Telukbetung Selatan District it is 6.74 ha. In the scenario of an altitude of 0.6 m, Telukbetung Timur District has a potential of 30.66 ha to be submerged and in Telukbetung Selatan District an area of 11.87 ha, in the worst scenario where the sea level reaches 1.2 m, Telukbetung Timur District can be submerged in an area of 44.60 ha and the Subdistrict of Telukbetung Timur is 44.60 ha. Telukbetung Selatan covers an area of 17.27 ha.

Keywords: Sea level rise; Disaster; Bandar Lampung

Abstrak

Kenaikan muka air laut merupakan suatu perubahan di alam yang terjadi secara eksponensial yang dapat memberikan tekanan pada kehidupan manusia, dimana area yang terendam akan memberikan kesulitan untuk melaksanakan aktivitas pada wilayah terdampak. Tujuan penelitian ini adalah melakukan permodelan area terdampak kenaikan muka air laut secara prediktif menggunakan GIS yang spesifik pada wilayah administratif Kecamatan Telukbetung Timur dan Kecamatan Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung, dimana informasi yang dihasilkan dapat diperuntukan dalam menentukan keputusan di masa mendatang untuk dapat dirancang dengan baik. Dengan menggunakan data elevasi digital dengan resolusi tinggi dan nilai ketinggian muka air laut prediktif yang diperoleh dari penelitian sebelumnya, kemudian menerapkannya pada metode equilibrium yang akan membandingkan data elevasi digital dengan kenaikan muka air laut di Platform ArcGIS Pro, sehingga informasi hasil didapatkan, dimana pada skenario kenaikan muka air laut setinggi 0.4 m, Kecamatan Telukbetung Timur memiliki kemungkinan sebesar 17.42 ha untuk terendam dan pada Kecamatan Telukbetung Selatan seluas 6.74 ha. Pada skenario ketinggian 0.6 m, Kecamatan Telukbetung Timur memiliki kemungkinan seluas 30.66 ha untuk terendam dan pada Kecamatan Telukbetung Selatan seluas 11.87 ha, pada skenario terburuk dimana ketinggian muka air laut mencapai 1.2 m, Kecamatan Telukbetung Timur memiliki kemungkinan untuk terendam seluas 44.60 ha dan Kecamatan Telukbetung Selatan seluas 17.27 ha.

Kata Kunci: Kenaikan muka air laut; Bencana; Bandar Lampung

A. Pendahuluan

Bencana genangan air didefinisikan sebagai aliran atau ketinggian sungai, danau, kolam, waduk, dan badan air lainnya yang sangat tinggi, di mana air menggenangi area yang semula bukan bagian dari permukaan air (Qi et al. 2021). Bencana ini meliputi banjir, tsunami dan kenaikan muka air laut, aktivitas kebencanaan ini juga terjadi pada wilayah pesisir ketika permukaan air laut naik sangat tinggi atau di atas daratan pantai akibat pasang surut air laut dan gelombang laut (Qi et al. 2021). Di banyak daerah dan negara, kenaikan muka air laut merupakan fenomena yang paling merusak yang berdampak pada sosial dan ekonomi penduduk (Al-Faisal et al. n.d.) Secara spesifik bencana genangan air yang dapat terjadi pada lingkungan pesisir adalah banjir rob pada musim pasang, tsunami, dan kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut merupakan aktivitas kebencanaan yang terjadi secara eksponensial, dimana kondisinya memiliki fluktuasi tersendiri namun secara akumulatif dalam satuan waktu tertentu nilainya selalu bertambah, hal ini merupakan kondisi alam yang memerlukan tindakan lanjutan untuk dapat dihadapi dan meminimalisir kerugian yang dapat terjadi (Haer et al. 2013; Lestari et al. 2021; Srivastava et al. 2016; Tognin et al. 2021).

Saat ini teknik pemodelan prediktif untuk menentukan estimasi dari wilayah tergenang di masa mendatang sangat mengandalkan unit komputasi digital yang memiliki kapabilitas untuk membantu melakukan ekstraksi informasi dengan menentukan banjir serta penilaian banjir. Pemodelan wilayah tergenang dengan komputer untuk penentuan efek banjir umumnya memerlukan empat bagian (Mohanty, Mudgil, and Karmakar 2020), yaitu:

1. model hidrologi yang berbentuk data volume air, atau kenaikan permukaan air, atau intensitas hujan,

2. data yang menentukan sifat sebaran air pada permukaan yang sebelumnya bukan permukaan air berupa: data kondisi geologis wilayah yang diamati, dan pola tekanan dan pergerakan air, hal ini diperlukan untuk menentukan sifat permukaan air di lokasi pemantauan,
3. alat untuk pemetaan dan visualisasi dataran banjir, dan
4. ekstraksi data geospasial untuk digunakan dalam pemodelan.

Kunci untuk visualisasi grafis pada pemodelan genangan adalah dimasukkannya data kedalam antarmuka spasial, seperti Sistem Informasi Geografis (SIG). Saat ini, teknologi mutakhir di bidang Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan analisis spasial serta menghasilkan pemodelan untuk fenomena bahaya banjir (Al-Faisal et al. n.d.). Fungsi dasar SIG yang umum dikenal adalah input, analisis dan penyajian data spasial (Ahmad et al. 2020). Berkenaan dengan studi bahaya banjir, GIS merupakan alat yang penting untuk melakukan pengambilan data, input, manipulasi, transformasi, visualisasi, kombinasi, query, analisis, pemodelan dan output. Penelitian ini bermaksud untuk membangun pemodelan area terdampak kenaikan muka air laut menggunakan GIS untuk menghasilkan informasi yang dapat diperuntukan dalam menentukan keputusan di masa mendatang.

Kota bandar lampung merupakan ibukota provinsi lampung, kota ini memegang peranan penting dalam bidang transportasi yang menghubungkan pulau jawa dan sumatera, dengan posisinya yang berada pada pesisir, serta memiliki rekam jejak terhadap banjir rob dari musim pasang permukaan laut pada beberapa wilayah spesifik, terutama pada kecamatan Telukbetung Timur dan Telukbetung Selatan, maka kedua kecamatan administratif memiliki potensi tinggi untuk terdampak oleh hadirnya kenaikan muka air laut, dengan peluang

kebencanaan yang bersifat lambat dan eksponensial ini, perubahan yang terjadi merupakan hal yang dapat dipastikan terjadi di masa mendatang, dengan mengetahui informasi mengenai kebencanaan yang akan datang lewat visualisasi wilayah tergenang serta besaran luas dari wilayah tergenang, maka keputusan pendukung dapat dihadirkan untuk menghindarkan dari kerugian maksimal.

Studi yang telah dilakukan oleh (Horton et al. 2014) dalam melakukan perbandingan berbagai model yang mampu untuk melakukan proses pendugaan kenaikan muka air laut menemukan bahwa perbedaan yang dihasilkan oleh berbagai model didapati dari kemampuan proses dalam memuat tingkat kompleksitas kalkulasi dan kemampuan pengguna untuk menemukan variable yang memengaruhi proses pendugaan, selain itu juga terdapat factor luar yang memengaruhi berupa ketidakpastian peningkatan suhu pada masa yang akan datang dan kompleksitas dari proses fisik alam yang terjadi ketika permukaan air laut meningkat, hal ini memberikan konsekuensi berupa perbedaan yang signifikan pada hasil dari berbagai penelitian yang telah dilakukan bahkan pada scenario peningkatan suhu yang sama. Penelitian oleh (Horton et al. 2014) memberikan nilai prediktif dari kenaikan

muka air laut dengan cara melakukan standarisasi dan median data dari 90 riset mengenai prediksi kenaikan muka air laut global, dengan hasil berupa scenario kenaikan muka air laut pada kenaikan suhu global $<2^{\circ}\text{C}$, pada tahun 2100 kenaikan diprediksi mencapai 0.4-0.6 m dan pada scenario kenaikan suhu global $>2^{\circ}\text{C}$, pada tahun 2100 kenaikan diprediksi mencapai 0.7-1.2 m. Dengan menggunakan bentangan nilai pada kedua scenario ini, tujuan dari penelitian ini adalah memberikan informasi luasan melalui permodelan genangan kenaikan muka air laut pada Kecamatan Telukbetung Timur dan Telukbetung Selatan, serta memberikan rekomendasi upaya yang dapat diputuskan ddari hasil prediksi genangan.

Penelitian terdahulu

Dalam riset ini, literatur dan informasi dari penelitian sebelumnya telah digunakan sebagai referensi. Tinjauan telah dikompilasi dari pekerjaan penelitian sebelumnya berdasarkan wilayah dan tahun studi, metodologi dan pendekatan, data, dan hasil. Tinjauan tersebut memberikan gambaran keragaman metodologi dan pendekatan, mulai dari pemilihan data yang dibutuhkan untuk menghasilkan informasi berharga, kemudian memilih pendekatan yang paling cocok dan optimum berdasarkan karakteristik data pada

Tabel 1. Penelitian terdahulu wilayah spesifik (Tabel 1).

studi	Wilayah pemantauan	Waktu pemantauan	Input dataset	Pengolahan data	Platform	hasil
(Ahmad 2021)	Rarowatu Utara, Sulawesi Tenggara	2013 - 2020	Landsat 8 ETM	ISO Cluster Unsupervised Classification	ArcGIS	Pergeseran garis pantai
(Nirwansyah and Braun 2021)	Cirebon, Jawa Timur	Juni, 2016 dan mei, 2018	DEMNAS, BATNAS, data angin OGIMET	MIKE 21, TPXO9, dan tidal model driver	ArcGIS	luasan genangan
(Marfai et al. 2008)	Semarang, Jawa Tengah	2010 - 2020	Data penurunan muka tanah, DEMNAS, dan peta penurunan tanah	Spasial analisis (neighborhood dan model iterasi)	ArcGIS	luasan genangan
(Ramirez et al. 2016)	Pesisir Timur Perancis, pesisir timur laut USA, pesisir selatan	2010	SRTM, REFMAR, dan data kependudukan	Model dinamis	ArcGIS	Perbandingan Metode pendugaan wilayah
(Gallien, Schubert, and Sanders 2011)	Pantai New Port California, USA	2100	LiDAR, DTM	Model genangan fluida hidraulik 2D	-	Luasan genangan dan perbandingan Metode
(Coveney and Fotheringham 2011)	Pesisir Shannon, Irlandia	2010	DEM, koordinat GPS	Perbandingan statistik error	-	Perbandingan dataset untuk menentukan dataset yang

Perubahan kenaikan muka air laut tentu memberikan perubahan terhadap kondisi geografis wilayah daratan, dimana lautan dan darat dipisahkan oleh garis pantai, dengan adanya variabilitas kenaikan muka air laut maka akan terjadi pergeseran garis pantai, studi (Ahmad 2021) menggunakan pendekatan Unsupervised machine learning untuk memberikan informasi mengenai perubahan wilayah daratan yang menjadi perairan terendam dari perubahan garis pantai, pada wilayah tambak pantai di Rarowatu Utara, Sulawesi Tenggara. (Nirwansyah and Braun 2021) memberikan luasan genangan pada wilayah tambak garam di Cirebon dengan menggunakan pendekatan Hidrologis lewat metode MIKE 21, TPX09, dan tidal model driver untuk memodelkan genangan dan memberikan gambaran dari dampak kenaikan muka air laut pada skema durasi genangan dan kerentanan produksi tambak garam berdasarkan sifat hidrologi pada wilayah pengamatan dengan menggunakan data DEMNAS, BATNAS, data angin OGIMET. (Marfai et al. 2008) memberikan informasi kerentanan pemukiman dan luasan genangan pada wilayah pesisir Semarang lewat pendekatan perubahan muka tanah secara vertical dengan menggunakan Data penurunan muka tanah, DEMNAS, dan peta penurunan tanah untuk menghasilkan luasan genangan.

Dalam skala kompleksitas komputasi untuk mereplikasi berbagai variable yang memengaruhi kenaikan muka air laut, studi (Ramirez et al. 2016) menggunakan pendekatan lewat model dinamis dan membandingkannya dengan pendekatan statis, dengan menggunakan data SRTM, REFMAR, dan data kependudukan, sehingga didapatkan bahwa model dinamis memiliki keunggulan berupa estimasi genangan yang lebih baik namun memiliki biaya unit komputasi yang tinggi, dan memerlukan waktu yang sangat panjang dalam pemrosesan data, sehingga digunakanlah data DEM dengan

resolusi menengah. (Gallien et al. 2011) melakukan permodelan kenaikan muka air laut secara prediktif yang komprehensif hingga tahun 2100, dengan melakukan pengamatan pada wilayah yang memiliki catatan sebagai area terdampak banjir pada musim pasang, dalam studi ini permodelan dilakukan dengan membandingkan model Equilibrium dan model hidrolis, kemudian menggabungkannya sehingga diperoleh permodelan yang kompleks namun memiliki beban komputasi yang sangat tinggi, hal ini disebabkan oleh hadirnya data lidar dan penggunaan model BreZo yang sangat baik dalam mengelola data hidrologis. Dalam perbandingan data yang merepresentasikan bentuk muka bumi non tutupan lahan, (Coveney and Fotheringham 2011) melakukan perbandingan data elevasi digital resolusi rendah, resolusi menengah dan resolusi tinggi pada wilayah pesisir Irlandia, dengan melakukan komparasi, maka didapatkan bahwa hasil dengan persentase ketidak sesuaian terendah dimiliki oleh citra dengan resolusi tinggi.

Kebaruan

Kenaikan muka air laut terjadi pada ekosistem pesisir dengan ketinggian yang hampir sejajar dengan ketinggian permukaan air laut, dengan mengenali garis pantai maka perubahan dapat dideteksi, namun rekognisi garis pantai tidak memenuhi kriteria untuk melakukan pendugaan luasan wilayah tergenang dan perubahan permukaan bumi, dengan menyertakan berbagai variabilitas yang memengaruhi terjadinya rendaman yang disebabkan oleh kenaikan muka air laut, data hidrologi dan data perubahan sedimentasi yang memengaruhi ketinggian tanah dapat dianalisa, hal ini tentunya memberikan hasil yang baik, namun pengolahan yang melibatkan variabilitas hidrologi dan data perubahan ketinggian permukaan dari sedimentasi akan menimbulkan beban komputasi berlebih dan memiliki kekurangan

terhadap replikasi kejadian kenaikan muka air laut secara actual, untuk mereplikasi rendaman kenaikan muka air laut dari berbagai hubungan antar variable secara kompleks, dapat digunakan model dinamis, pendekatan ini dapat memberikan kemudahan untuk memahami kejadian rendaman kenaikan muka air laut, hal ini dikarenakan kapabilitas yang tinggi untuk memuat banyaknya variable yang memengaruhi kejadian secara langsung dan tidak langsung, dengan demikian maka hasil yang diperoleh akan memerlukan serangkaian proses Panjang yang memiliki beban komputasi sangat tinggi dan keahlian khusus dari pengguna dalam melakukan permodelan.

Penelitian ini menggunakan metode pemetaan genangan Equilibrium secara linear, dimana model ini memberikan kapabilitas untuk melakukan permodelan genangan yang meliputi perubahan garis pantai, luasan wilayah tergenang, dan perubahan permukaan bumi, model ini tidak memberikan kemudahan terhadap pengolahan karakteristik hidrologis dan sifat tanah serta tidak memberikan kemudahan terhadap proses replikasi kejadian rendaman kenaikan muka air laut secara komperhensif seperti yang mampu

dilakukan oleh model dinamis, namun memiliki kemudahan dalam proses ekstraksi informasi dan memiliki beban komputasi yang sangat ringan dan penggunaan data elevasi digital dengan resolusi tinggi, dengan demikian maka data prediksi kenaikan muka air laut dapat dengan mudah dimodelkan sehingga scenario yang didasari pada factor peningkatan suhu bumi yang berhubungan langsung dengan peningkatan muka air laut dapat diaplikasikan secara langsung pada ekosistem ArcGIS Pro di wilayah administrative Telukbetung Timur dan Telukbetung Selatan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini memilih area yang memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap kenaikan muka air laut, hal ini dibuktikan oleh adanya aktifitas banjir pada musim pasang (Gambar. 1) kecamatan Telukbetung Timur dengan luasan sebesar 1190.49 ha dan Telukbetung Selatan dengan luasan sebesar 460.86 ha merupakan dua wilayah administratif dengan ekosistem pesisir yang datar dan rendah serta memiliki beberapa wilayah terbuka pada area sekitar pesisirnya, serta prediksi kenaikan muka air laut yang memberikan gambaran kebencanaan.



Gambar 1. Tanda rendaman air

Sumber: Identifikasi lapangan pada 08-02-2022. 5°27'21.08" S, 105°16'2.76" E

Besaran Prediksi Kenaikan Muka Air Laut

Kenaikan muka air laut merupakan suatu perubahan alam yang disebabkan oleh berbagai faktor siklus alam lainnya, seperti peningkatan suhu dan pelelehan glacier es di kutub. Dalam menentukan peningkatan permukaan air laut secara prediktif, fluktuasi aktivitas penyebab merupakan tantangan utama dalam menghasilkan prediksi yang paling memungkinkan untuk terjadi (Hillebrand et al. 2022; Long et al. 2021; Song et al. 2021), oleh karena itu berbagai penelitian yang telah dilaksanakan lebih menyukai pengkategorian skenario dari faktor penyebab kenaikan muka air laut sehingga prediksi yang dihasilkan dapat berupa rentangan nilai kenaikan muka air laut atau nilai tertinggi berdasarkan skenario tertentu. Pada penelitian ini besaran prediksi kenaikan muka air laut diperoleh dari penelitian yang dilaksanakan oleh (Horton et al. 2014) yang melaksanakan studi literasi dan kuisiner kepada 90 ahli yang paling aktif dalam melakukan

publikasi dengan topik kenaikan muka air laut, dengan skenario kenaikan muka air laut yang didasarkan oleh peluang terjadinya kenaikan suhu yang dikategorikan menjadi dua kategori:

- Peningkatan suhu normal, sebesar 2 °C pada tahun 2100, maka kenaikan muka air laut pada tahun 2100 mencapai 0.4 – 0.6 m.
- Peningkatan suhu ekstrim, lebih dari 2 °C pada tahun 2100, maka kenaikan muka air laut pada tahun 2100 mencapai 0.6 – 1.2 m.

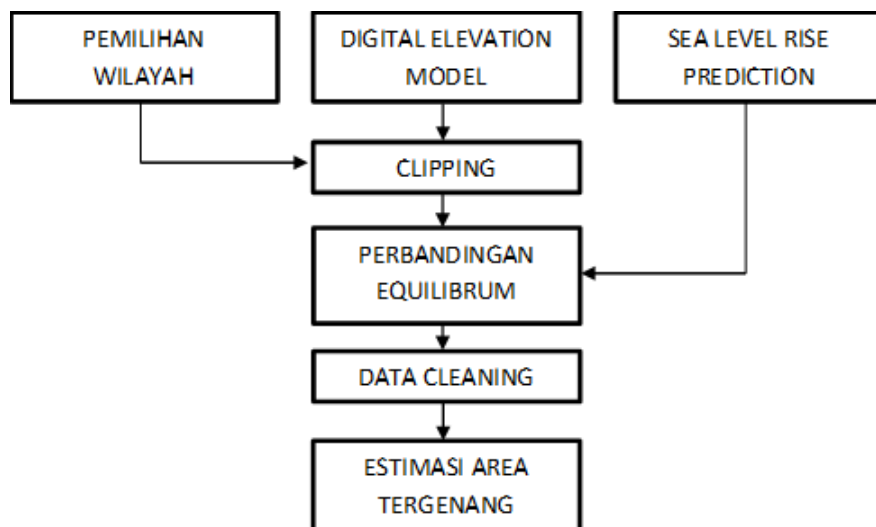
Permodelan Wilayah Tergenang

Data elevasi yang digunakan pada penelitian ini adalah data elevasi digital (DEM) yang disediakan secara terbuka oleh Badan Informasi Geospasial dengan resolusi sebesar 7.5 m, metode pemetaan genangan equilibrium yang mengasumsikan perbandingan yang seimbang antar variable (Carrera et al. 2015; Ngo et al. 2021), dimana konsep elevasi dengan objektifitas pengukuran yang dimulai pada titik nol merupakan hal

yang simbang dengan perubahan titik nol awal pengukuran yang dapat disesuaikan, dimana secara teknis metode pemetaan genangan dengan metode equilibrium merupakan proses yang terdiri dari perbandingan antara ketinggian maksimum dari permukaan air dan ketinggian tanah, sehingga tanah yang lebih rendah dari ketinggian maksimum permukaan air laut akan diasumsikan sebagai wilayah terendam, metode ini sangat bergantung kepada kualitas dan resolusi data elevasi digital dalam menghasilkan luasan genangan (Horton et al. 2014).

DEM yang telah didapatkan dari Badan Informasi Geospasial kemudian disesuaikan dengan wilayah administratif dari area pengamatan, kemudian proses pada proses equilibrium, DEM akan dibandingkan terlebih dahulu pada konfigurasi titik nol perhitungan, dimana DEM menghitung elevasi permukaan bumi dari permukaan laut pada tahun 2018, sementara prediksi pada tahun 2100 memiliki titik nol sebagai awal

perhitungan pada tahun 2000, sehingga perbedaan selama 18 tahun akan menimbulkan perbedaan ketinggian permukaan laut, dengan menghitung peningkatan sebesar 0.4 mm/tahun (Triana and Wahyudi 2020) maka nilai pembandingan kenaikan muka air laut dapat disesuaikan dengan menambah nilai elevasi DEM dengan nilai 0.4mm yang dikalikan dengan 18 tahun, sehingga kedua data memiliki kesamaan titik awal perhitungan, dimana kedua data memiliki titik nol yang sama, kemudian perbandingan equilibrium merupakan operasi kalkulasi sederhana berupa pengurangan DEM dengan nilai ketinggian permukaan laut prediktif. Pada proses data cleaning diperlukan untuk memastikan area yang terisolasi dari perairan namun memiliki elevasi yang rendah untuk tidak termasuk pada wilayah terdampak kenaikan muka air laut, setelah proses pembersihan data maka wilayah terdampak dan tidak terdampak telah diperoleh (Gambar 2).



Gambar 2. Kerangka pemerosesan data

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Skenario peningkatan suhu normal sebesar 2 °C yang berpeluang untuk meningkatkan permukaan air laut mulai dari 0.4 m hingga 0.6 m memberikan dampak sebesar 24.17 ha secara keseluruhan pada kedua wilayah dari total

1651.35 ha, dengan luasan terdampak yang paling dominan berada pada wilayah Telukbetung Timur sebesar 17.42 ha, dan wilayah Telukbetung Selatan menjadi area dengan luasan yang paling kecil sebesar 6.74 ha (Tabel 2), pola dominasi besaran area terdampak yang didominasi

oleh wilayah Telukbetung Timur juga terjadi pada skenario kenaikan muka air laut sebesar 0.6 m dan 1.2 m, hal ini disebabkan oleh perbedaan garis pantai yang dimiliki kedua wilayah, dimana Telukbetung Timur memiliki garis pantai yang lebih panjang (Gambar 3-5).

Pada skenario kenaikan muka air laut sebesar 0.6 m, secara akumulatif kedua wilayah memiliki luas area terdampak sebesar 42.53 ha, dimana 30.66 ha area wilayah terdampak pada Telukbetung Timur, dan 11.87 ha pada Telukbetung Selatan. Pada skenario kenaikan sebesar 1.2 m, kedua wilayah administrative memiliki total 61.87 ha area terdampak dengan 44.60 ha pada Telukbetung Timur, dan 17.27 ha pada Telukbetung Barat

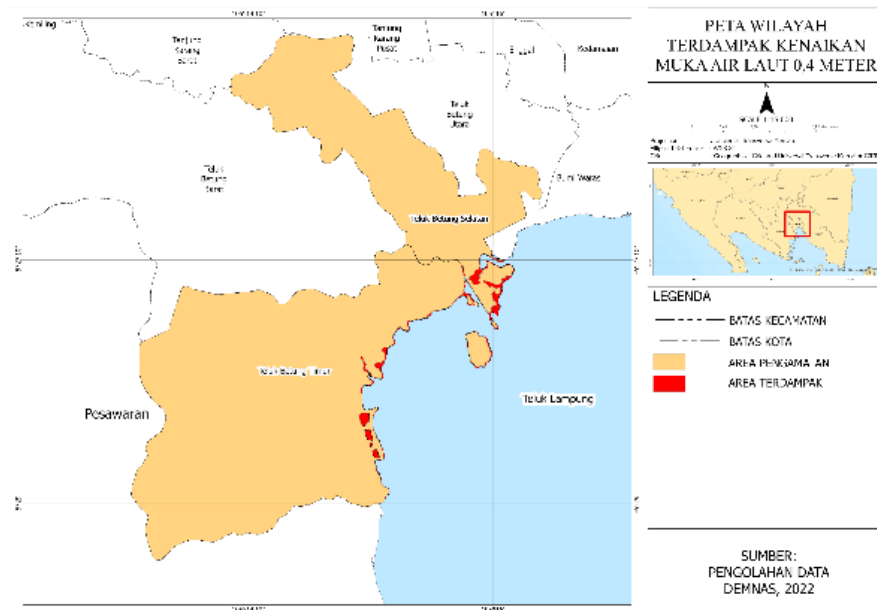
Pemetaan dari permodelan ara tergenang kenaikan muka air laut pada kedua wilayah memberikan gambaran mengenai luasan wilayah terdampak, pada wilayah Telukbetung Timur, terdapat empat wilayah terendam pada tiga skenario (gambar 2-4) yang memiliki jarak dari garis pantai, dimana wilayah ini merupakan reservoir air yang terhubung langsung ke laut melalui saluran artifisial di bawah tanah, sehingga kenaikan muka air laut akan memberikan kenaikan muka air reservoir melalui saluran bawah tanah, area ini merupakan tempat pariwisata, kenaikan muka air laut dapat memberikan dampak sangat signifikan berupa perubahan ketampakan alam bahkan hingga hilangnya nilai pariwisata pada wilayah terdampak.

Tabel 2. Hasil permodelan genangan kenaikan muka air laut prediktif

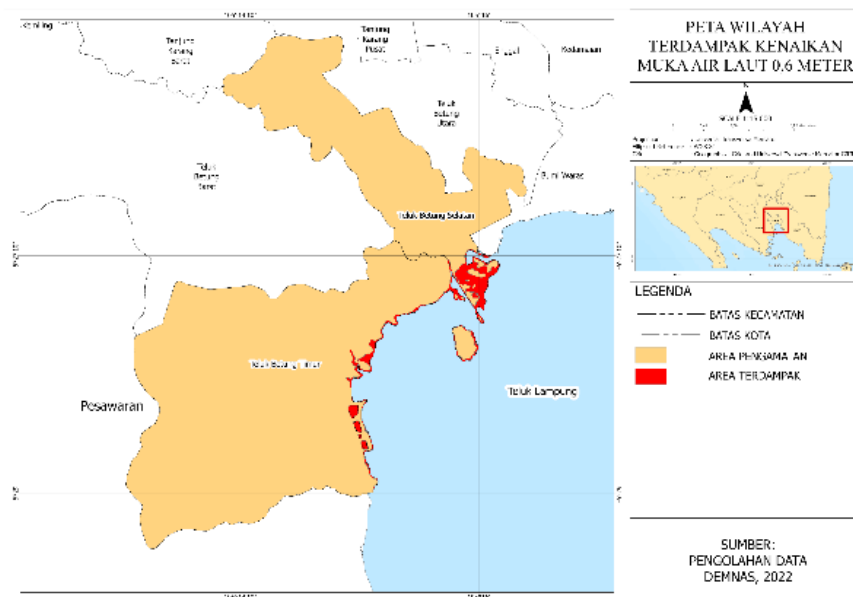
no	Skenario kenaikan muka air laut	Wilayah terdampak		Total luasan wilayah terdampak	Wilayah tidak terdampak		Total luasan wilayah tidak terdampak
		Telukbetung Timur	Telukbetung Selatan		Telukbetung Timur	Telukbetung Selatan	
1	0.4	17.42	6.74	24.17	1173.07	454.12	1627.18
2	0.6	30.66	11.87	42.53	1159.83	448.99	1608.82
3	1.2	44.60	17.27	61.87	1145.89	443.60	1589.48

Pesisir pantai pada Telukbetung Selatan didominasi oleh area mangrove dan lahan terbuka, juga terdapat permukiman padat dari nelayan dan masyarakat pesisir lainnya, kehadiran variabilitas berupa kenaikan muka air laut akan memberikan dampak sangat signifikan. Pulau Pasaran merupakan wilayah padat permukiman nelayan yang terdampak oleh kenaikan muka air laut, dengan luas sebesar 13.01 ha, pada skenario kenaikan muka air laut

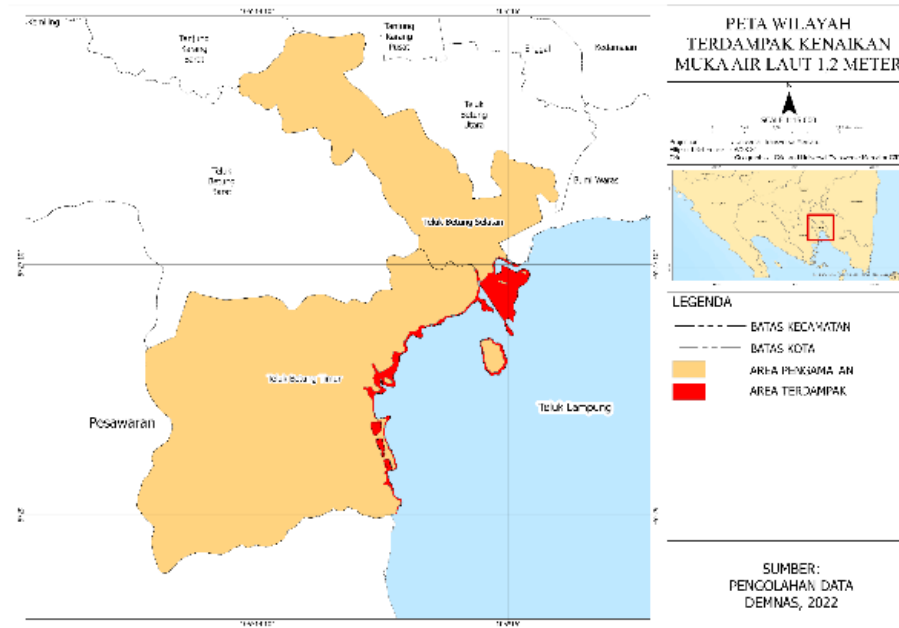
setinggi 0.4 m, area terdampak mencapai 1.5 ha, pada skenario kenaikan muka air laut setinggi 0.6 m, daerah terdampak mencapai 2.3 ha, dan pada skenario kenaikan muka air laut setinggi 1.2 m, daerah terdampak mencapai 3.72 ha, dengan demikian maka pada skenario tertinggi, area terdampak mencapai 28% dari keseluruhan luasan Pulau Pasaran.



Gambar 3. Peta wilayah terdampak kenaikan muka air laut pada skenario ketinggian +0.4 m



Gambar 4. Peta wilayah terdampak kenaikan muka air laut pada skenario ketinggian +0.6 m



Gambar 5. Peta wilayah terdampak kenaikan muka air laut pada skenario ketinggian +1.2 m

Dampak yang diberikan oleh kenaikan muka air laut menyebabkan perubahan jenis permukaan bumi, hal ini akan memberikan tekanan signifikan bagi individu atau kelompok yang memiliki hubungan langsung dengan lingkungan terdampak, dimana aktivitas yang semula dapat dilaksanakan dengan baik akan mengalami berbagai kendala jika tetap dilaksanakan pada area yang sama dan telah terendam oleh kenaikan muka air laut, solusi yang dapat diputuskan adalah pemindahan fungsi ruang yang terancam terdampak menuju ruang yang tidak terancam oleh kenaikan muka air laut, dengan mempertimbangkan keberlanjutan dari kehidupan entitas manusia, maka tindakan bijaksana ini memerlukan berbagai rekayasa dan dukungan dari berbagai sudut pandang untuk meminimalisir penolakan dan dampak yang tidak diinginkan, dimana masyarakat tentunya akan mengharapkan respon kebijakan dan finansial secara optimal dari bencana yang dihadapi (Boston, Panda, and Surminski 2021; Gong, Juang, and Wasowski 2021; Piggott-McKellar and McMichael 2021).

D. Kesimpulan dan Saran

Penggunaan data elevasi digital dengan kualitas yang baik untuk penerapan dari metodologi equilibrium yang membandingkan antara ketinggian tanah actual dengan prediksi kenaikan muka air laut dari 90 ahli terkemuka memberikan gambaran dari potensi kebencanaan lewat luasan area terdampak pada kedua wilayah pengamatan, dengan potensi pada scenario terburuk yang memberikan dampak seluas 44.60 ha pada Telukbetung Timur, dan 17.27 ha pada Telukbetung Barat maka berbagai aktivitas manusia yang dilaksanakan pada wilayah tersebut akan berpeluang tinggi untuk terkendala, bahkan tidak lagi dapat dilaksanakan. Dengan demikian maka pemindahan aktivitas menuju ruang baru yang aman menjadi pilihan, dimana dukungan aturan dan finansial sangat diperlukan untuk mendukung masyarakat yang terancam terdampak.

Penelitian ini menggunakan model equilibrium dengan data yang telah disesuaikan pada titik nol perhitungannya, sehingga hasil yang dihasilkan dapat merepresentasikan nilai prediktif yang proporsional, namun penelitian ini tidak menyediakan informasi mengenai hasil

yang telah disesuaikan dengan kondisi pasang surut, perkembangan musim, kemungkinan kondisi iklim pada tahun prediktif, kemungkinan perubahan pola angin, dan anomali gravitasi eksternal bumi. Pada penelitian lanjutan, faktor-faktor tersebut dapat dimasukkan dalam proses permodelan, namun tentunya model linear seperti metode ekuilibrium tidak dapat diaplikasikan, dengan menggunakan model dinamis maka berbagai variabilitas kondisi fisik alam dapat dimasukkan dalam kalkulasi pemrosesan data.

Daftar Pustaka

- Ahmad, Taufiq Ejaz. 2021. "Penggunaan Iso Cluster Unsupervised Classification Dalam Mengenali Garis Pantai, Studi Kasus: Rarowatu Utara, Sulawesi Tenggara." *Proceeding Seminar Nasional Ilmu Komputer* 1(1):53–69.
- Ahmad, Taufiq Ejaz, Gilang Rahayu, Dwi Cahya, Della Ayu Lestari, Matthew Stocks, and Andrew Blakers. 2020. "Penggunaan Sistem Informasi Geografi Untuk Mencari Lokasi Yang Tepat Sebagai Penyimpanan Energi Hydro Terpompa." 68–79.
- Al-Faisal, Abdullah-, Abdul-Lat Eef Balogun, A. Faisal, and H. A. H. Khan. n.d. "Application Of Gis And Remote Sensing In Disaster Management: A Critical Review Of Flood Management Application of Remote Sensing in Flood Management With Special Reference to Monsoon Asia... Joy Sanyal Geographic Information System and Remote Sensing."
- Boston, Jonathan, Architesh Panda, and Swenja Surminski. 2021. "Designing a Funding Framework for the Impacts of Slow-Onset Climate Change — Insights from Recent Experiences with Planned Relocation." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 50:159–68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.04.001>.
- Carrera, Lorenzo, Gabriele Standardi, Francesco Bosello, and Jaroslav Mysiak. 2015. "Assessing Direct and Indirect Economic Impacts of a Flood Event through the Integration of Spatial and Computable General Equilibrium Modelling." *Environmental Modelling & Software* 63:109–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.09.016>.
- Coveney, Seamus, and A. Stewart Fotheringham. 2011. "The Impact of DEM Data Source on Prediction of Flooding and Erosion Risk Due to Sea-Level Rise." *International Journal of Geographical Information Science* 25(7):1191–1211. doi: [10.1080/13658816.2010.545064](https://doi.org/10.1080/13658816.2010.545064).
- Gallien, T. W., J. E. Schubert, and B. F. Sanders. 2011. "Predicting Tidal Flooding of Urbanized Embayments: A Modeling Framework and Data Requirements." *Coastal Engineering* 58(6):567–77. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2011.01.011>.
- Gong, Wenping, C. Hsein Juang, and Janusz Wasowski. 2021. "Geohazards and Human Settlements: Lessons Learned from Multiple Relocation Events in Badong, China – Engineering Geologist's Perspective." *Engineering Geology* 285:106051. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106051>.
- Haer, Toon, Eugenia Kalnay, Michael Kearney, and Henk Moll. 2013. "Relative Sea-Level Rise and the Conterminous United States: Consequences of Potential Land Inundation in Terms of Population at Risk and GDP Loss." *Global Environmental Change* 23(6):1627–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.001>.

- 013.09.005.
- Hillebrand, T. R., M. J. Hoffman, M. Perego, S. F. Price, and I. M. Howat. 2022. "The Contribution of Humboldt Glacier, North Greenland, to Sea-Level Rise through 2100 Constrained by Recent Observations of Speedup and Retreat." *The Cryosphere Discussions* 2022:1–33. doi: 10.5194/tc-2022-20.
- Horton, Benjamin P., Stefan Rahmstorf, Simon E. Engelhart, and Andrew C. Kemp. 2014. "Expert Assessment of Sea-Level Rise by AD 2100 and AD 2300." *Quaternary Science Reviews* 84:1–6. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.11.002.
- Lestari, Della Ayu, Novi Sofia Fitriasari, Taufiq Ejaz Ahmad, Amien Rais, and Dhea Rahma Azhari. 2021. "Geographical Influence on Tsunami Predictions in Pandeglang Regency, West Java, Indonesia." in *Forum Geografi*. Vol. 35.
- Long, Xiaoyu, Matthew J. Widlansky, Claire M. Spillman, Arun Kumar, Magdalena Balmaseda, Philip R. Thompson, Yoshimitsu Chikamoto, Grant A. Smith, Bohua Huang, Chul-Su Shin, Mark A. Merrifield, William V Sweet, Eric Leuliette, H. S. Annamalai, John J. Marra, and Gary Mitchum. 2021. "Seasonal Forecasting Skill of Sea-Level Anomalies in a Multi-Model Prediction Framework." *Journal of Geophysical Research: Oceans* 126(6):e2020JC017060. doi: <https://doi.org/10.1029/2020JC017060>.
- Marfai, Muh Aris, Lorenz King, Junun Sartohadi, Sudrajat Sudrajat, Sri Rahayu Budiani, and Fajar Yulianto. 2008. "The Impact of Tidal Flooding on a Coastal Community in Semarang, Indonesia." *Environmentalist* 28(3):237–48. doi: 10.1007/s10669-007-9134-4.
- Mohanty, Mohit Prakash, Sahil Mudgil, and Subhankar Karmakar. 2020. "Flood Management in India: A Focussed Review on the Current Status and Future Challenges." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 49:101660. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101660>.
- Ngo, Phuong-Thao Thi, Tien Dat Pham, Nhat-Duc Hoang, Dang An Tran, Mahdis Amiri, Thu Trang Le, Pham Viet Hoa, Phong Van Bui, Viet-Ha Nhu, and Dieu Tien Bui. 2021. "A New Hybrid Equilibrium Optimized SysFor Based Geospatial Data Mining for Tropical Storm-Induced Flash Flood Susceptible Mapping." *Journal of Environmental Management* 280:111858. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111858>.
- Nirwansyah, Anang Widhi, and Boris Braun. 2021. "Assessing the Degree of Tidal Flood Damage to Salt Harvesting Landscape Using Synthetic Approach and GIS - Case Study: Cirebon, West Java." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 55(January):102099. doi: 10.1016/j.ijdrr.2021.102099.
- Piggott-McKellar, Annah E., and Celia McMichael. 2021. "The Immobility-Relocation Continuum: Diverse Responses to Coastal Change in a Small Island State." *Environmental Science & Policy* 125:105–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.08.019>.
- Qi, Wenchao, Chao Ma, Hongshi Xu, Zifan Chen, Kai Zhao, and Hao Han. 2021. "A Review on Applications of Urban Flood Models in Flood Mitigation Strategies." *Natural Hazards* 108(1):31–62. doi: 10.1007/s11069-021-04715-8.
- Ramirez, Jorge A., Michal Lichter, Tom J. Coulthard, and Chris Skinner. 2016. "Hyper-Resolution Mapping of Regional Storm Surge and Tide Flooding: Comparison of Static and Dynamic Models." *Natural Hazards*

- 82(1):571–90. doi: 10.1007/s11069-016-2198-z.
- Song, Chao, Xiaohong Chen, Xinjun Ding, and Lele Zhang. 2021. “Sea Level Simulation with Signal Decomposition and Machine Learning.” *Ocean Engineering* 241:110109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110109>.
- Srivastava, Prashant K., Tanvir Islam, Sudhir K. Singh, George P. Petropoulos, Manika Gupta, and Qiang Dai. 2016. “Forecasting Arabian Sea Level Rise Using Exponential Smoothing State Space Models and ARIMA from TOPEX and Jason Satellite Radar Altimeter Data.” *Meteorological Applications* 23(4):633–39. doi: <https://doi.org/10.1002/met.1585>.
- Tognin, Davide, Andrea D’Alpaos, Marco Marani, and Luca Carniello. 2021. “Marsh Resilience to Sea-Level Rise Reduced by Storm-Surge Barriers in the Venice Lagoon.” *Nature Geoscience* 14(12):906–11. doi: [10.1038/s41561-021-00853-7](https://doi.org/10.1038/s41561-021-00853-7).
- Triana, Karlina, and A’an Wahyudi. 2020. “Sea Level Rise in Indonesia: The Drivers and the Combined Impacts from Land Subsidence.” *ASEAN Journal on Science and Technology for Development* 37. doi: [10.29037/ajstd.627](https://doi.org/10.29037/ajstd.627).