

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima : 25-November-2021

Disetujui : 10-Januari-2022

GEOGRAFI

DAMPAK DAN SKENARIO KENAIKAN TINGGI MUKA AIR LAUT TERHADAP PENUTUP LAHAN (STUDI KASUS: KECAMATAN GUNUNG KIJANG, PULAU BINTAN)**Nirwana Wau^{1,1}, Wenang Anurogo^{1,2*}, Muhammad Zainuddin Lubis^{1,3}, Muhammad Ghazali^{1,4}**¹ Geomatics Engineering, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461, Indonesia(✉) *wenang@polibatam.ac.id**ABSTRACT**

Perubahan iklim mempengaruhi komunitas dan wilayah di seluruh dunia. Perubahan iklim merupakan akibat dari pemanasan global yang disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Sektor terbesar emisi gas rumah kaca adalah industri, transportasi dan rumah tangga. Peningkatan konsentrasi beberapa gas rumah kaca telah menyebabkan peningkatan penyerapan energi matahari dan peningkatan refleksi panas matahari, sehingga meningkatkan suhu di bumi dan memicu perubahan iklim, sehingga secara tidak langsung meningkatkan jumlah air di laut dan menyebabkan kenaikan permukaan laut. Naik karena pemuain air laut dan pencairan salju. Di kutub utara dan selatan bumi. Satu dampak perubahan iklim mungkin memiliki banyak dampak yang berbeda. Di antara banyak kemungkinan dampak pemanasan global, masalah yang paling sering dibahas adalah terkait dengan kenaikan permukaan laut. Pengukuran tinggi muka air laut ini dengan berkembangnya teknologi, pengukuran tinggi muka air laut dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya dengan menggunakan citra satelit SPOT 5 untuk merekam perubahan muka air laut secara berkala dan kemudian menyajikannya dalam bentuk citra dengan tujuan untuk membuat skenario kenaikan tinggi muka air laut pada rentang kenaikan 0-50 m dan dampaknya terhadap skenario kenaikan tersebut terhadap area permukiman dan perkebunan. Untuk mengembangkan model kenaikan tinggi muka air laut di wilayah timur Pulau Bintan yaitu Kecamatan Gunung Kijang maka diperlukan data GDEM SPOT, yang berisikan informasi ketinggian dan karakteristik topografi, dalam hal ini data ketinggian adalah dalam kedetilan yang cukup tinggi. Data GDEM SPOT akan diolah dengan menggunakan teknologi SIG berbasis raster. Berdasarkan pemodelan ketinggian air laut yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa pada kenaikan tertinggi skenario 50 meter luas lahan yang bakal terdampak terhadap kenaikan tinggi muka air laut di Kecamatan Gunung Kijang yaitu daerah pemukiman seluas 261,880 ha & daerah perkebunan seluas 965,815 ha. Semakin tinggi muka air laut, maka semakin luas daerah yang terkena dampak kenaikan tinggi muka air laut

Kata Kunci: *Skenario Kenaikan Air Laut; Lahan; Citra Satelit; Bintan***PENDAHULUAN**

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) menyebabkan suhu global meningkat, yang disebut juga dengan pemanasan global atau global warming (Kweku *et al*, 2017; Lubis *et al*, 2018). Secara umum, pemanasan global secara langsung atau tidak langsung menyebabkan kenaikan muka air laut (sea level rise) (Al-Ghussain, 2019). Kenaikan muka air laut dipengaruhi oleh

peningkatan volume air yang disebabkan oleh mencairnya es di kutub dan peningkatan volume air yang disebabkan oleh ekspansi termal massa air yang konstan yang disebabkan oleh kenaikan suhu laut (Nerem *et al*, 2018; Anurogo *et al*, 2020). Dalam beberapa dekade mendatang, permukaan laut akan naik lebih cepat dari yang diperkirakan sebelumnya, dan banyak ilmuwan telah mempelajari kenaikan permukaan laut ini (Chen *et*

al, 2017). Peningkatan ini disebabkan oleh beberapa alasan yaitu, laju pencairan es di kutub yang lebih cepat dari sebelumnya, terjadinya perubahan iklim yang ekstrim, dan penurunan permukaan (Bamber *et al*, 2019).

Pengukuran tinggi muka air laut ini sebenarnya sudah dilakukan sejak lama. Awalnya, pengukuran kenaikan muka air laut dilakukan dengan menggunakan pasang surut. Namun saat ini, dengan berkembangnya teknologi, pengukuran tinggi muka air laut dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satunya dengan menggunakan citra satelit (Antoni *et al*, 2018) untuk merekam perubahan muka air laut secara berkala dan kemudian menyajikannya dalam bentuk citra (Antoni, *et al*, 2019). Wilayah pesisir merupakan wilayah yang memiliki potensi besar untuk pengembangan ekonomi, di sepanjang pesisir terdapat banyak sekali lahan yang digunakan untuk pembangunan, pemukiman, perkebunan dan hutan (Isdarmanto & Soebyanto, 2018). Namun, wilayah pesisir sangat rentan terhadap kenaikan permukaan air laut, yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi akibat penggenangan daratan. Hilangnya daratan akibat kenaikan muka air laut tidak hanya akan menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati di wilayah pesisir (Handiani *et al*, 2019). Ancaman bencana kenaikan muka air laut juga dipengaruhi oleh kondisi geografis yang ada, seperti gelombang, pasang surut, ketinggian, dan kemiringan lereng. Selain itu juga dipengaruhi oleh struktur sosial yang ada, seperti kepadatan penduduk, persentase penduduk yang bekerja di sektor rentan (nelayan) dan penggunaan lahan. Banjir akibat pasang tinggi akan berdampak pada rusaknya sarana dan prasarana lingkungan, serta penurunan kualitas lingkungan (Wahyudin, 2020).

Kecamatan Gunung Kijang adalah sebuah wilayah di Pulau Bintan yang terdiri dari 20 pulau. Wilayahnya memiliki luas 4.803.155 kilometer persegi, luas daratan 376.545 kilometer persegi (7,84%), dan luas laut 4.426,61 kilometer persegi (92,16%) (Husni & Safaat, 2019). Dari segi luas, subarea Gunung Kijang merupakan subarea yang luas lautannya lebih besar dari daratan, sehingga

subarea tersebut kemungkinan besar akan terkena dampak kenaikan muka air laut, dan sebagian daratan akan terendam (Nofrizal, 2017). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian pada subarea ini. Untuk melihat perubahan muka air laut pada daerah yang luas, diperlukan suatu metode untuk memperoleh informasi atau pengukuran objek menggunakan citra satelit (Anurogo *et al*, 2019).

Dalam proses pembangunan, kenaikan muka air laut dapat mengubah potensi tatanan wilayah pesisir, khususnya wilayah pesisir perkotaan. Kenaikan muka air laut (sea level rise/SLR) merupakan bencana yang harus diwaspadai (Bamber *et al*, 2019), oleh karena itu perlu dilakukan prediksi perkembangan kawasan pesisir perkotaan dan mendukung kawasan pesisir untuk merespon bencana kenaikan muka air laut (Putra *et al*, 2018). Oleh karena itu, ke depan perlu dilakukan prediksi arah perkembangan bencana SLR berdasarkan kenaikan muka air laut dan mitigasi bencana (Chen *et al*, 2017). Belum pernah dilakukan penelitian di bidang ini, terutama yang berkaitan dengan skenario kenaikan muka air laut dan dampaknya terhadap tata guna lahan, sehingga bidang ini menarik dan perlu dikaji guna membantu dalam melakukan mitigasi bencana dan sebagai bahan pertimbangan daalam pembangunan kawasan perkotaan.

Berdasarkan latar belakang yang sudah disebutkan diatas yang mendasari tema penelitian “DAMPAK DAN SKENARIO KENAIKAN TINGGI MUKA AIR LAUT TERHADAP PENUTUP LAHAN (STUDI KASUS: KECAMATAN GUNUNG KIJANG, PULAU BINTAN)” ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat scenario kenaikan tinggi muka air laut pada rentang kenaikan 0-50 m dan dampaknya terhadap scenario kenaikan tersebut terhadap area permukiman dan perkebunan.

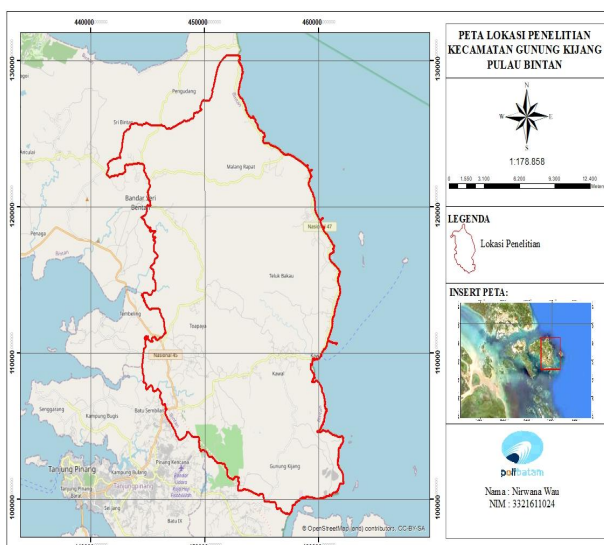
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Gunung Kijang, Pulau Bintan. Gunung Kijang secara geografis terletak antara 0°59'18'' Lintang Utara - 1°10'20'' Lintang Utara dan 104°36'6'' Bujur Timur di sebelah barat dan 104°43'17''

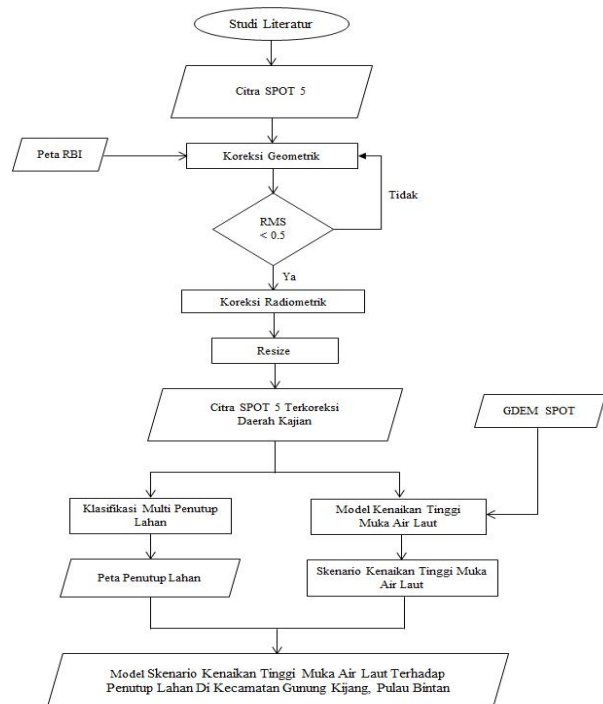
Bujur Timur di sebelah timur. Kecamatan Gunung Kijang terdiri dari 4 desa yaitu: Gunung Kijang, Malang Rapat, Kawal dan Teluk Bakau. Dengan Kelurahan yang terdiri: Toapaya, Toapaya Selatan dan Toapaya Utara.

Pemilihan lokasi penelitian ini dikuatkan karena sering terjadinya banjir dan genangan di wilayah ini. Salah satunya pada saat terjadi peristiwa pada tanggal 04 Februari 2018 yaitu terjadinya banjir rob di 7 kecamatan pulau bintang, yang didalamnya termasuk Kecamatan Gunung Kijang. Peristiwa banjir rob ini merupakan dampak dari puncak pasang surut air laut dari fenomena alam supermoon (Batamnews, 2018)

Kecamatan Gunung Kijang yang terletak pada bagian timur Pulau Bintang yang menghadap ke Laut Cina Selatan tidak akan luput dari fenomena alam seperti kenaikan muka air laut maupun permasalahan lingkungan lainnya. Untuk memitigasi masalah ini, diperlukan suatu simulasi (model) berbasis spasial yang dapat memprediksikan dampak kenaikan muka laut pada wilayah Kecamatan Gunung Kijang di masa yang akan datang. Melalui pemodelan ini dapat diperkirakan wilayah yang rentan terhadap dampak kenaikan tinggi muka air laut, sehingga dapat diambil kebijakan yang tepat untuk melakukan mitigasi bencana.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pada pengolahan ini, langkah pertama yang dilakukan yaitu melakukan koreksi geometrik. Geometrik merupakan posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (Spatial distribution). Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (geo-referenced data), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung didalamnya. Koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk skala dan proyeksi. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang ditransformasi dapat dilihat gambaran obyek di permukaan bumi yang terekam sensor. Pengubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil dari transformasi ini. Tahap ini diterapkan pada citra digital mentah (langsung hasil perekaman satelit), dan merupakan koreksi kesalahan geometrik sistematis.

Koreksi radiometrik diperlukan atas dua alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau

pancaran spektral obyek yang sebenarnya. Koreksi radiometri citra yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena drop-out baris maupun masalah kesalahan awal pelarikan (scanning start). Baris atau bagian baris yang bernilai tidak sesuai dengan yang seharusnya dikoreksi dengan mengambil nilai piksel satu baris di atas dan di bawahnya, kemudian dirata-ratakan.

Prosedur standar sebelum memanfaatkan citra satelit adalah melakukan koreksi radiometrik untuk ekstraksi informasi. Koreksi radiometrik dilakukan karena hasil rekaman satelit mengalami kesalahan yang disebabkan oleh gangguan atmosfer. Gangguan atmosfer menyebabkan nilai pantulan yang diterima oleh sensor mengalami penyimpangan. Besarnya penyimpangan dipengaruhi oleh besar kecilnya gangguan atmosfer pada waktu perekaman. Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk menyusun kembali nilai pantulan yang direkam oleh sensor mendekati atau mempunyai pola seperti pantulan obyek yang sebenarnya sesuai dengan panjang gelombang perekamannya

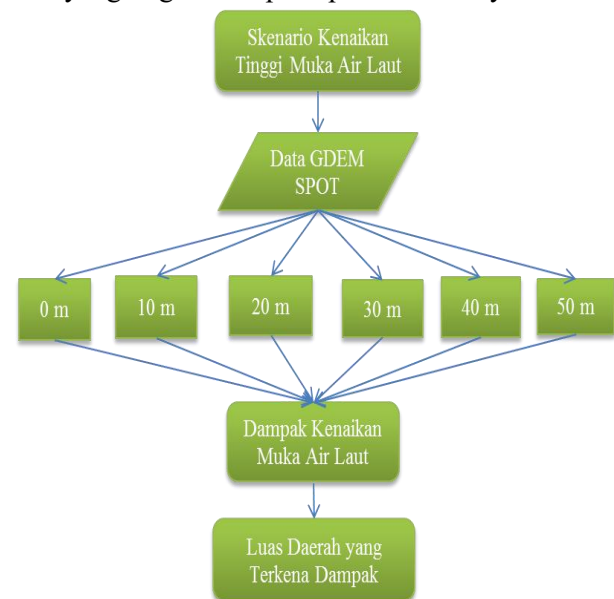
Untuk mengembangkan model kenaikan tinggi muka air laut di wilayah timur Pulau Bintan yaitu Kecamatan Gunung Kijang maka diperlukan data GDEM SPOT, yang berisikan informasi ketinggian dan karakteristik topografi, dalam hal ini data ketinggian adalah dalam kedetilan yang cukup tinggi. Data GDEM SPOT akan diolah dengan menggunakan teknologi SIG berbasis raster menggunakan ArcMAP 10.3 yang akan diaplikasikan untuk membangun model.

Dimana area genangan (inundated area) yang diasumsikan akan menjadi batasgaris pantai dimana kenaikan muka air laut terjadi. Hal ini dapat menjadi dasar perhitungan untuk melakukan deliniasi garis pantai pada tiap skenario tahun yang dimodelkan, tentu saja dengan asumsi tidak ada kejadian yang dapat menyebabkan perubahan garis pantai terjadi secara drastis seperti tsunami atau pembangunan infrastruktur di pantai yang menyebabkan pergeseran garis pantai dalam skala yang besar.

Proses ekstraksi titik ketinggian menggunakan data titik elevasi untuk diubah menjadi distribusi area. Pemanfaatan model ini diarahkan untuk dapat memvisualisasikan data titik, sehingga dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Grid model elevasi digital/DEM digunakan metode Inverse Distance Weighted (IDW) sebagaimana disebutkan oleh Hidayatullah (2013) bahwa penggunaan metode IDW untuk ekstrapolasi data titik dapat dilakukan pada sebaran data yang tidak teratur.

Representasi pemetaan tinggi lahan dapat dilakukan dengan pembuatan model medan digital (Digital Elevation Model/DEM). Referensi muka air laut 0 meter yang digunakan pada skenario ini yaitu berdasarkan batas terendah dari data yang digunakan. Model permukaan digital hasil klasifikasi di atas masih berupa data raster sesuai kelas kategori yang digunakan.

Adapun skenario kenaikan tinggi muka air laut yang di gunakan pada penelitian ini yaitu:



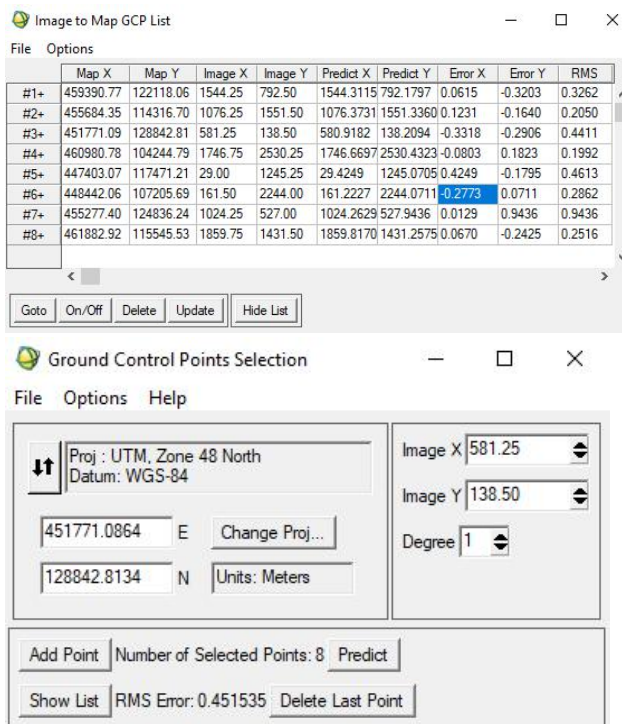
Gambar 3. Skenario Kenaikan Tinggi Muka Air Laut

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dari pengolahan data pada penelitian ini adalah tahapan *pre-processing* data citra yang digunakan. Tahapan ini merupakan tahapan awal dari pengolahan data ekstraksi informasi menggunakan data penginderaan jauh. Tahapan ini meliputi koreksi geometric, koreksi

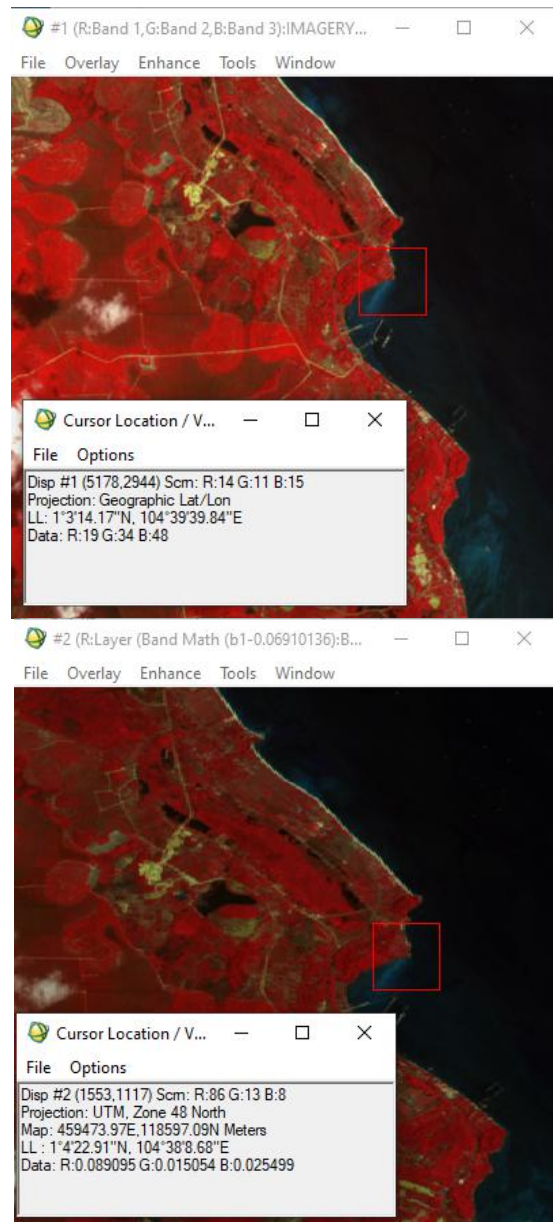
radiometric, cropping citra sehingga menghasilkan data citra daerah kajian yang siap untuk diolah.

Data citra yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra SPOT 5 dengan resolusi spasial sebesar 10 Meter. Pada pengolahan ini, menggunakan perangkat lunak ENVI 4.5 yaitu dilakukan dengan menggunakan pendekatan Ground Control Point (GCP), pendekatan ini merupakan cara membandingkan posisi yang berbeda pada citra yang digunakan. Koreksi dilakukan dengan menggunakan data shapefile yang sudah bergeoreferensi sebagai acuan yang akan dibandingkan dengan citra yang akan dikoreksi. Pada penelitian ini dilakukan dengan membuat 8 titik control yang menyebar didaerah penelitian. semua titik control tersebut harus sama posisinya antara data shapefile dengan citra yang digunakan. Residual Means Square Error atau RMS error pada proses koreksi geometrik ini yaitu 0.49.



Gambar 4. Hasil Ground Control Points

Koreksi radiometric dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual dan memperbaiki nilai-nilai pixel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya.



Gambar 5. Perbandingan nilai piksel sebelum koreksi radiometric

Klasifikasi dapat diartikan sebagai kegiatan pengelompokan objek kedalam kategori-kategori, dimana setiap kategori - kategori tersebut memiliki kesamaan atas dasar kriteria tertentu. Pada penelitian ini, wilayah Kecamatan Gunung Kijang diklasifikasikan menjadi dua kelas penggunaan lahan yaitu kawasan permukiman dan kawasan perkebunan.

Pengolahan data klasifikasi multipektral pada penelitian ini dilakukan menggunakan software Envi dengan menggunakan metode Supervised. Metode Supervised (klasifikasi terbimbing) merupakan proses pengelompokan piksel pada

citra menjadi beberapa kelas tertentu dengan berdasarkan statistik sampel piksel atau region of interest sebagai piksel acuan yang selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk melakukan klasifikasi.

Klasifikasi multispektral diawali dengan menentukan nilai piksel tiap objek sebagai sampel. Selanjutnya nilai piksel dari tiap sampel tersebut digunakan sebagai masukkan dalam proses klasifikasi. Perolehan informasi tutupan lahan diperoleh berdasarkan warna pada citra, analisis statistik dan analisis grafis. Analisis statistik digunakan untuk memperhatikan nilai rata-rata, standar deviasi dan varian dari tiap kelas sampel yang diambil guna menentukan perbedaan sampel. Analisis grafis digunakan untuk melihat sebaran-sebaran piksel dalam suatu kelas. Adapun kelas penutupan lahan yang penulis gunakan dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Kelas Penutup Lahan yang Digunakan (SNI 7645-1:2014)

No	Kelas
1	Permukiman
2	Perkebunan



Gambar 6. Klasifikasi Multispektral berdasarkan Region of Interest

Peta penutup lahan merupakan hasil pengolahan data dari klasifikasi penutup lahan. Data klasifikasi Tutupan Lahan (Land Cover) mengacu pada data yang merupakan hasil dari pengklasifikasian data citra satelit mentah menjadi data Klasifikasi Tutupan Lahan (Land Cover). Klasifikasi citra bertujuan untuk pengelompokan atau melakukan segmentasi terhadap kenampakan-kenampakan yang homogen dengan menggunakan teknik kuantitatif.

Tutupan lahan (Land cover) berbeda dengan penggunaan lahan (land use) meskipun dua istilah ini sering digunakan secara bergantian. Penggunaan lahan adalah deskripsi tentang bagaimana orang memanfaatkan lahan dan kegiatan sosial ekonomi – perkotaan dan lahan pertanian merupakan dua kelas penggunaan lahan yang paling umum dikenal. Pada satu titik atau tempat, mungkin ada beberapa alternatif dan penggunaan lahan, spesifikasi yang mungkin memiliki politik dimensi.

Tahapan selanjutnya yaitu tahapan pembuatan pemodelan skenario kenaikan tinggi muka air laut dengan mengkombinasikan data hasil klasifikasi penutup lahan, data citra dan data ketinggian. Kenaikan muka air laut di Kecamatan Gunung Kijang diduga adanya pengaruh dari perubahan iklim dan perubahan fenomena perairan global. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa Prediksi kenaikan muka air laut pada tahun 2000 telah mencapai 3,5 mm terhitung dari tahun 1975 dengan rata-rata kenaikan 0,12 mm/tahun. Diperkirakan tahun 2020 dalam perhitungan constant (tetap) kenaikan muka air laut akan meningkat berkisar menjadi 7 mm.

Ramalan perubahan muka air laut pada tahun-tahun kedepannya tentu akan selalu berubah ubah mengingat dipengaruhi oleh faktor atau fenomena yang juga berubah ubah. Salah satu faktor yang mengakibatkan perubahan muka air laut adalah kecendrungan pemanasan global yang disebabkan oleh aktifitas manusia. Salah satu aktifitas manusia yang memberikan dampak kecendrungan pemanasan global adalah penggunaan sumber daya alam dan industri.

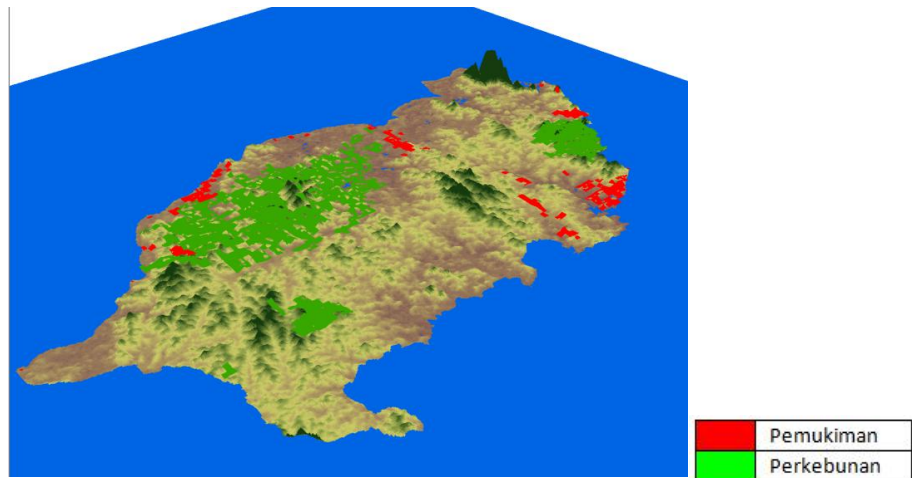
Beberapa aspek atau variable yang akan terpengaruhi oleh adanya daerah yang rentan terhadap genangan adalah: pemukiman, hutan dan perkebunan. Aspek yang sangat penting dalam penentuan wilayah yang rentan terhadap genangan adalah morfologi (topografi, kelengkapan) serta jenis tanah dan penutup covernya (vegetasi).

Representasi pemetaan tinggi lahan dapat dilakukan dengan pembuatan model medan digital

(Digital Elevation Model/DEM). Referensi muka air laut 0 meter yang digunakan pada skenario ini yaitu berdasarkan batas terendah dari data yang digunakan. Model permukaan digital hasil klasifikasi di atas masih berupa data raster sesuai kelas kategori yang digunakan. Hasil dari pemodelan skenario kenaikan tinggi muka air laut pada penelitian ini yaitu:

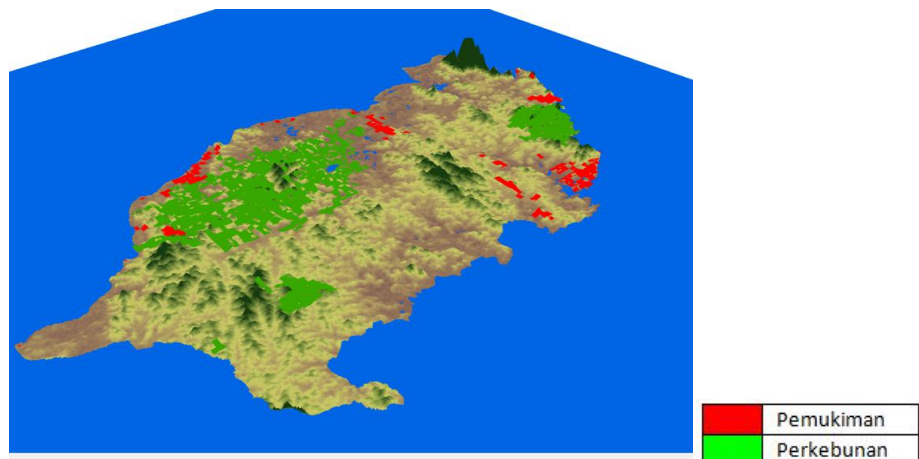
- Skenario kenaikan tinggi muka air laut 0 m

0 m



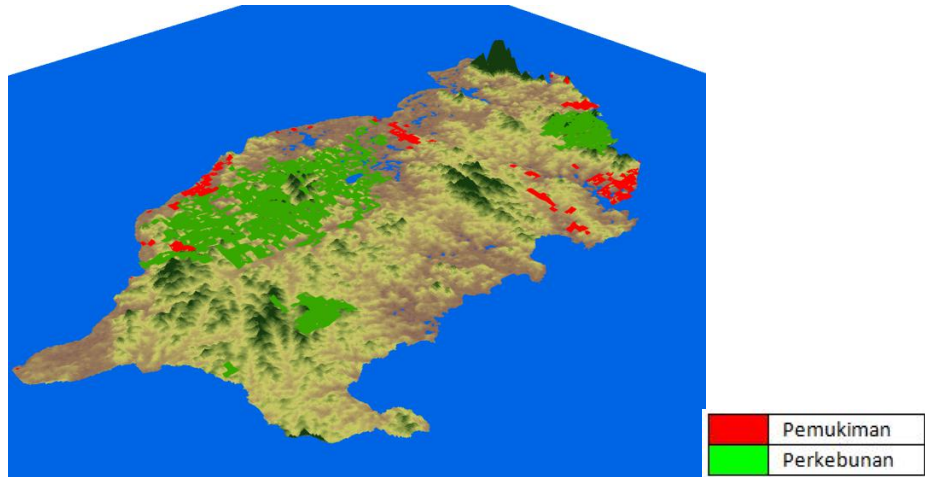
- Skenario kenaikan tinggi muka air laut 10 m

10 m



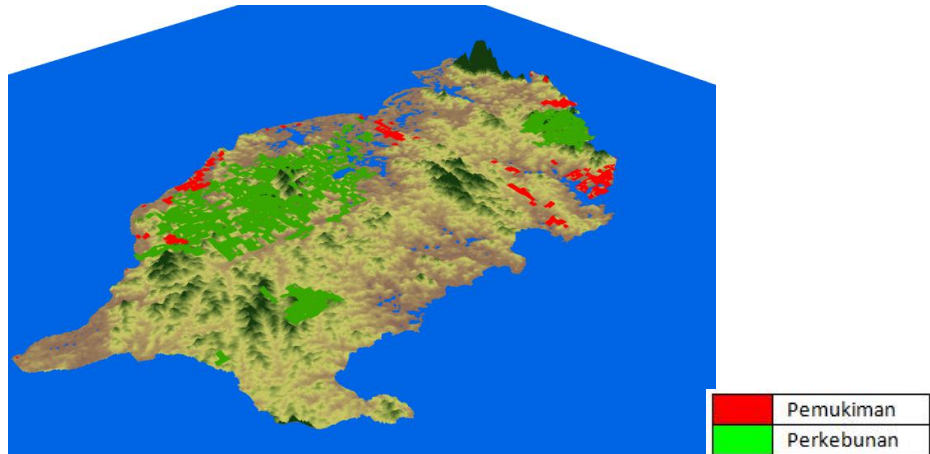
- Skenario kenaikan tinggi muka air laut 20 m

20 m



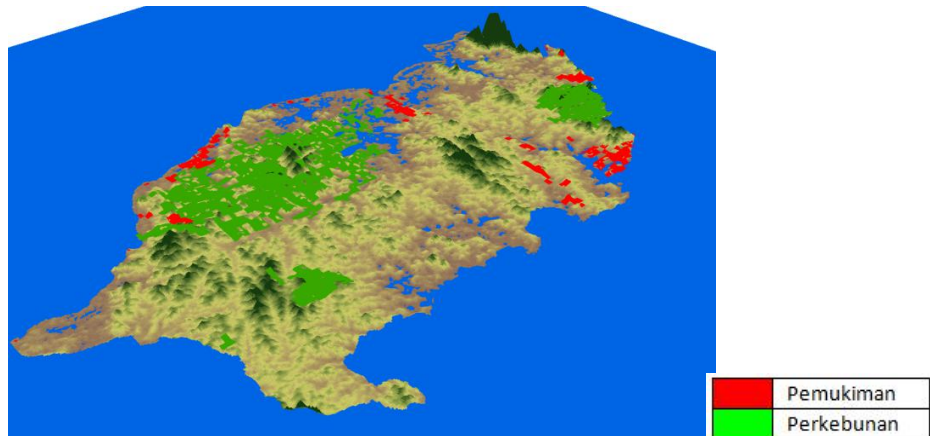
➤ Skenario kenaikan tinggi muka air laut 30 m

30 m

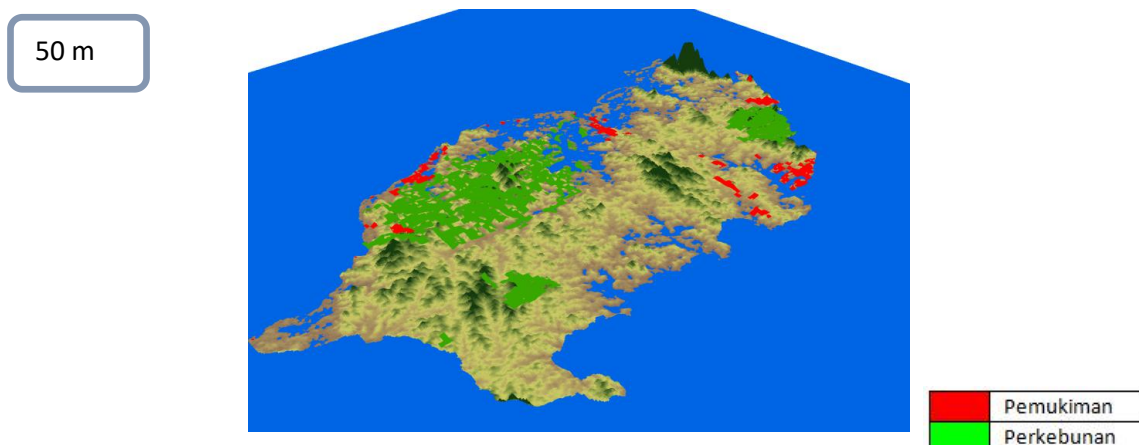


➤ Skenario kenaikan tinggi muka air laut 40 m

40 m



➤ Skenario kenaikan tinggi muka air laut 50 m

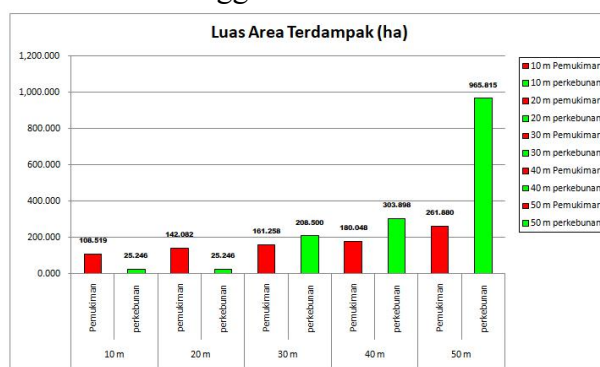


Gambar 7. Pemodelan skenario kenaikan tinggi muka air laut

Berdasarkan pemodelan yang sudah dibuat, luasan area terdampak berdasarkan skenario kenaikan tinggi muka air laut pada penelitian ini ditunjukkan pada table 1.

Tabel 2. Tabel luasan area terdampak berdasarkan skenario kenaikan tinggi muka air laut

Ket	Kelas Penutup Lahan	Luas Area Terdampak (ha)
10 m	Pemukiman	108,519
	perkebunan	25,246
20 m	pemukiman	142,082
	perkebunan	25,246
30 m	Pemukiman	161,258
	perkebunan	208,500
40 m	Pemukiman	180,048
	perkebunan	303,898
50 m	Pemukiman	261,880
	perkebunan	965,815



Gambar 8. Luas area terdampak skenario kenaikan tinggi muka air laut

Berdasarkan pemodelan ketinggian air laut yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa pada kenaikan tertinggi scenario 50 meter luas lahan yang bakal terdampak terhadap kenaikan tinggi muka air laut di Kecamatan Gunung Kijang yaitu daerah pemukiman seluas 261,880 ha & daerah perkebunan seluas 965,815 ha.

KESIMPULAN

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan pembaca dapat memahami lebih lanjut tentang dampak dan skenario kenaikan tinggi muka air laut sehingga nantinya dapat melakukan pencegahan dan penanganan yang tepat untuk melakukan mitigasi bencana kenaikan tinggi muka air laut dikarenakan. Semakin tinggi muka air laut, maka semakin luas daerah yang terkena dampak kenaikan tinggi muka air laut. Maka diperlukan adanya upaya adaptasi dan mitigasi bencana. Luas wilayah yang terkena dampak kenaikan tinggi

muka air laut di Kecamatan Gunung Kijang dengan skenario 50 meter yaitu daerah pemukiman seluas 261,880 ha & daerah perkebunan seluas 965,815 ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ghussain, L. (2019). Global warming: review on driving forces and mitigation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1), 13-21.
- Antoni, S., Bantan, R. A., Taki, H. M., Anurogo, W., Lubis, M. Z., Al Dubai, T. A., ... & Arabia, S. (2018). The extent of agricultural land damage in various tsunami wave height scenarios: Disaster management and mitigation. *Intl Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci*. DOI, 10.
- Antoni, S., Bantan, R. A., Al-Dubai, T. A., Lubis, M. Z., Anurogo, W., & Silaban, R. D. (2019, June). Chlorophyll-a, and Sea Surface Temperature (SST) as proxies for Climate Changes: Case Study in Batu Ampar waters, Riau Islands. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 273, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Anurogo, W., Silaban, R. D., Lubis, M. Z., Nugroho, C. B., & Mufida, M. A. K. (2019, October). Cross Comparison of Penman Monteith Potential Evapotranspiration Estimation Methods with Energy Equilibrium Models Using Remote Sensing Image Data. In *2019 2nd International Conference on Applied Engineering (ICAE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Anurogo, W., Lubis, M. Z., Rumapea, B. A., Panuntun, H., Santiputri, M., & Wicaksono, P. (2020, October). Estimating Vegetation Temperature Condition and Its Impact on Drought for Natural Plantation Areas Using Multi-Band Sensor Remote Sensing Data. In *2020 3rd International Conference on Applied Engineering (ICAE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Bamber, J. L., Oppenheimer, M., Kopp, R. E., Aspinall, W. P., & Cooke, R. M. (2019). Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(23), 11195-11200.
- Batamnews.co.id (2018, 05 Februari). Supermoon Bikin 7 Kecamatan di Bintan Dilanda Banjir Rob. Diakses pada 01 Desember 2018, dari <https://www.batamnews.co.id/berita-29289-supermoon-bikin-7-kecamatan-di-bintan-dilanda-banjir-rob.html>.
- Chen, X., Zhang, X., Church, J. A., Watson, C. S., King, M. A., Monselesan, D., ... & Harig, C. (2017). The increasing rate of global mean sea-level rise during 1993–2014. *Nature Climate Change*, 7(7), 492-495.
- Handiani, D. N., Darmawan, S., Heriati, A., & Aditya, Y. D. (2019). Kajian Kerentanan Pesisir Terhadap Kenaikan Muka Air Laut di Kabupaten Subang-Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(3), 145-154.
- Husni, A., & Safaat, S. (2019). PENGEMBANGAN DESA WISATA BERBASIS PARTISIPASI MASYARAKAT LOKAL DI DESA TELUK BAKAU, KECAMATAN GUNUNG KIJANG, KABUPATEN BINTAN. *Jurnal Socius: Journal of Sociology Research and Education*, 6(1), 1-17.
- Isdarmanto, I., & Soebyanto, O. (2018). ANALISIS POTENSI PANTAI GLAGAH SEBAGAI EKOWISATA UNGGULAN DI KABUPATEN KULONPROGO. *Kepariwisata: Jurnal Ilmiah*, 12(02), 1-12.
- Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., ... & Adormaa, B. B. (2017). Greenhouse effect: Greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific research and reports*, 1-9.
- Lubis, M. Z., Anurogo, W., Mufida, M. A., Taki, H. M., Antoni, S., & Lubis, R. A. (2018, October). Physical condition of the ocean to global climate change variability: case study in the Batam waters, Indonesia. In *2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE)* (pp. 1-4). IEEE.
- Nerem, R. S., Beckley, B. D., Fasullo, J. T., Hamlington, B. D., Masters, D., & Mitchum, G.

- T. (2018). Climate-change–driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings of the national academy of sciences*, 115(9), 2022-2025.
- Nofrizal, A. Y. (2017). NORMALIZED DIFFERENCE BUILT-UPINDEX (NDBI) SEBAGAI PARAMETER IDENTIFIKASI PERKEMBANGAN PERMUKIMAN KUMUH PADA KAWASAN PESISIR DI KELURAHAN KALANG KAWAL, KECAMATAN GUNUNG KIJANG, KABUPATEN BINTAN. *Tunas Geografi*, 6(2), 143-150.
- Putra, F., Haryani, H., & Aditia, E. (2018). PENGEMBANGAN TATA RUANG WILAYAH PESISIR BERBASIS MITIGASI SEA LEVEL RISE (Kenaikan Muka Air Laut)(Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kota Padang). *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, 1(1).
- Wahyudin, B. (2020). Ancaman Kenaikan Muka Air Laut Bagi Negara-Negara di Kepulauan Pasifik. *Review of International Relations*, 2(1).