



IMPLEMENTASI MODEL HLOSS DAN FUNGSI COST DISTANCE DALAM DISTRIBUSI SPASIAL GENANGAN BANJIR ROB AKIBAT PASANG AIR LAUT DI KECAMATAN BENGKALIS

Giant Amor¹, Arie Yulfa²

Program Studi Pendidikan Geografi, Departemen Geografi FIS
Universitas Negeri Padang
Email: Giantamor84@gmail.com

ABSTRAK

Genangan banjir rob kerap terjadi di kawasan pesisir Sumatra. Fenomena ini sangat dirasakan masyarakat Bengkulu 10 tahun terakhir. Sepanjang tahun 2021 BNPB sudah mencatat 3.092 kejadian yang didominasi oleh bencana hidrometeorologi. Studi ini fokus pada peristiwa banjir rob akibat puncak pasang sebagai manifestasi yang semakin terlihat oleh kenaikan permukaan laut dan satu komunitas yang terpapar tidak siap. Berdasarkan grafik fluktuasi, pasang air laut mencapai puncaknya pada bulan desember tahun 2021 yakni 3 m. Hal ini berbanding lurus dengan tren kejadian banjir rob di lokasi penelitian yang terjadi di bulan Desember. Dari hasil analisis tersebut dilakukan uji akurasi sederhana menggunakan matriks konfusi, ditemukan bahwa model spasial berhasil membuat zonasi kawasan genangan dengan hasil akurasi sebesar 81 % sehingga hasil tersebut termasuk sesuai dan layak. Jangkaun dan luas genangan tertinggi berada di desa Penebal dengan luas 805 ha dan radius jangkauan genangan mencapai 1,6 Km dari garis pantai. Perlu dilakukan penyajian data mengenai persebaran lokasi banjir rob di Kecamatan Bengkulu dalam bentuk peta rawan banjir rob yang berbasis sistem informasi geografis SIG, sebab selama ini informasi mengenai data lokasi banjir rob berupa data dalam bentuk angka-angka maupun tabel belum dipetakan oleh Pemda Bengkulu, dan bentuk penyajiannya belum teridentifikasi secara spasial.

Kata kunci: Genangan, Banjir rob, Model spasial, Pasang air laut, SIG.

ABSTRACT

Tidal flooding often occurs in the coastal areas of Sumatra. This phenomenon has been felt by the people of Bengkulu in the last 10 years. Throughout 2021 BNPB recorded 3,092 events dominated by hydrometeorological disasters. The most frequent disasters were floods with 1,298 events. This study focuses on tidal flooding events due to peak tides as an increasingly visible manifestation of sea-level rise and an exposed community is not prepared. Based on the fluctuation graph, sea tides reach their peak in December 2021, which is 3 m. This is directly proportional to the trend of tidal flooding at the research site which occurred in December. It was found that the spatial model succeeded in zoning based on the results of accuracy of 81% in calculating the area

¹Mahasiswa Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

²Dosen Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang

in the Bengkalis sub-district. It is necessary to present data regarding the distribution of tidal flood locations in the Bengkalis District in the form of a tidal flood hazard map based on a GIS geographic information system because so far information on tidal flood location data is in the form of figures or tables has not been mapped by Agency for Regional Development Of Bengkalis, and the form the presentation has not been able and has been described regarding the spatial distribution.

Keywords: Inundation, Tidal flooding, Spatial model, Tidal, GIS

PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan faktor penyebab kenaikan permukaan air laut. Dalam kurun waktu lama mengakibatkan peningkatan abrasi pantai, erosi garis pantai, penggenangan suatu wilayah daratan dan bisa menenggelamkan pulau-pulau kecil serta meningkatnya intensitas dan frekuensi banjir. (Dahl et al., 2017).

Sebagian besar masyarakat Indonesia berada di daerah rawan bencana hidrometeorologi. Sebagaimana diketahui daerah pesisir merupakan kawasan yang sangat dinamis yang mana memiliki nilai ekonomi tinggi, namun juga menyimpan potensi bahaya alam yang tinggi juga. Diantaranya potensi bencana tersebut ialah banjir rob yang kerap terjadi, serta berbagai dampak yang disebabkan oleh pemanasan global.

Berdasarkan informasi dari surat kabar online (Riaupos) dan masyarakat setempat, kejadian banjir rob ini sudah mulai dirasakan 10 tahun terakhir. Kejadian pasang air laut ini terutama terjadi di wilayah pesisir pulau Bengkalis yang rawan tergenang banjir di antaranya desa Teluk Latak, Pedekik, Damon, Senggoro, Wonosari, Sebauk, Simpang Ayam, Meskom, Deluk, Jangkang, Bantan Sari, Bantan Air, Ulu Pulau, dan Pambang Baru.

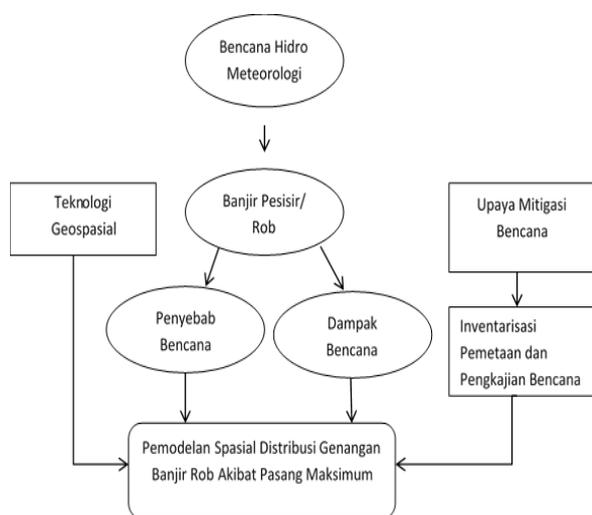
Berdasarkan Pusat Data dan Informasi BPBD Kecamatan Bengkalis di bulan Desember 2021 kejadian bencana banjir mendominasi jumlah kejadian yang juga sebagai kejadian pasang maksimum ditahun 2021 yang mencapai 3 m. Studi ini fokus pada peristiwa banjir rob akibat pasang maksimum sebagai manifestasi yang semakin terlihat kenaikan permukaan laut dan satu komunitas yang terpapar tidak siap, oleh karena itu perlu adanya penelitian terkait “Implementasi Pemodelan Spasial Distribusi Genangan Banjir Rob Akibat Pasang Air Laut Di Kecamatan Bengkalis”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di pesisir timur Sumatera yang terletak di salah satu wilayah administrasi Provinsi Riau, tepatnya berada di wilayah kajian yakni kecamatan Bengkalis, yang berbatasan langsung dengan pesisir. Terdapat beberapa desa/kelurahan yang berhadapan langsung dengan pantai yakni; Damon, Kelapa pati, Senggoro, Teluk Latak, Meskom, Pangkalan Batang, Ketam putih, Kelemantan, Sekodi, Sungai Alam, Penampi. Seperti halnya daerah pesisir, rata-rata ketinggian permukaan daratan dari muka air laut di lokasi penelitian adalah 3 meter. Adapun waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 - April 2022. Adapun alat yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah laptop, kamera, dan alat tulis, sedangkan bahan dalam penelitian ini adalah peta kemiringan lereng, garis pantai, penggunaan lahan, dan data pasang surut bulan Desember tahun 2021 (tides.big.go.id/pasut/).

Data yang menjadi variabel dalam proses identifikasi ditentukan atas dasar studi teori. Semakin sederhana variabel desain penelitian, semakin kecil data yang digunakan. Seperti dalam penelitian ini yakni; (tutupan lahan, garis pantai, dan kemiringan lereng). Data bersumber pada satu referensi, yaitu BIG sebagai penyedia data spasial berlisensi dan gratis.

Untuk menganalisa penelitian, digunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian deskriptif merupakan suatu bentuk penelitian yang ditujukan untuk mendeskripsikan atau menjelaskan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia itu sendiri. Berikut peta konsep penelitian agar dapat lebih mudah dipahami;



Gambar 1. Peta Konseptual Penelitian

Tabel 1 Koefisien Kekasaran

Kekasaran	Penutup Lahan	Nilai
R1	Tubuh Air	0.007
R2	Semak Belukar	0.04
R3	Hutan	0.07
R4	Perkebunan	0.035
R5	Lahan Terbuka	0.015
R6	Lahan Pertanian	0.025
R7	Permukiman/ Lahan Terbangun	0.045
R9	Klam Ikan	0.01

Sumber. Berryman (2006)

Implementasi Model Spasial (Hloss)

Data kekasaran permukaan yang mana dalam tahap ini ialah data tutupan lahan (land cover) diberi nilai berdasarkan koefisien tutupan lahan yang terdapat dilokasi penelitian untuk merancang koefisien kekasaran permukaan tanah (n), maka data (n) berguna sebagai dasar untuk menghitung kekuatan kekasaran permukaan yang mengkolaborasikan kedua

indikator permukaan tanah untuk mengurangi transmisi air dan gelombang yang mana energi dari garis pantai saat air pasang (Berryman, 2006). Nilai dari masing-masing koefisien didasarkan pada kemampuan masing masing benda untuk mereduksi dan menyerap energi air dan gelombang, dan tidak ada yang terpengaruh seperti badan air seperti di muara memiliki nilai yang sangat kecil karena muara sungai sangat cepat untuk mengalirkan air dan gelombang dari garis pantai (Hanif, 2021).

Berdasarkan penelitian yang telah Berryman (2006) lakukan, ia menjelaskan bahwa sumber gelombang air dapat diperhitungkan secara matematis untuk menganalisis energi yang hilang dari tinggi gelombang pantai mengikuti jarak dari garis pantai sebagai sumber perhitungannya sebagai berikut:

$$H_{\text{loss}} = ((167 n^2 / H_0^{1/3}) + 5 \sin S)$$

Keterangan :

- Hloss : Penurunan ketinggian air permeter dari jarak genangan
- H : Tinggi air dari garis pantai
- n : Koefisien kekasaran
- S : Kelerengan (diperoleh dari ekstraksi data dem).

Hloss= pengurangan muka air dan energi pada interval garis pantai, n = koefisien kekasaran permukaan tanah, H_0 = skenario maksimum tinggi muka air gelombang pasang, S = kemiringan muka tanah. Pada langkah terakhir untuk pemodelan genangan banjir pantai adalah perhitunga dengan fungsi jarak biaya untuk menyajikan pengaruh tinggi banjir maksimum dari garis pantai ke lingkungan.

Analisis fungsi Cost Distance

Dengan pendekatan analisis data-data spasial yang dimasukkan kedalam perhitungan matematis untuk merepresentasikan kondisi (potensi) kebencanaan. sehingga data-data

yang rumit dapat dianalisis dan disajikan atau ditampilkan dalam bentuk sederhana, metode analisis kuantitatif digunakan untuk mengidentifikasi tingkat bahaya banjir rob di Bengkalis dengan metode Hloss dan overlay, dan mengidentifikasi distribusi spasial banjir rob di kecamatan Bengkalis.

Dalam fungsi *Cost Distance* sumber energi genangan air laut bersumber dari garis pantai, dan raster biaya adalah hasil dari analisis kekasaran permukaan tanah atau Hloss (Hanif dkk, 2021). Prinsip dasar menghitung jarak biaya adalah menghitung biaya setiap sel yang dilewati, persamaan dasar jarak biaya di belakang perangkat lunak ArcGIS adalah (Indarto, 2013):

$$\text{Cost Distance} = cds + \frac{crs + cr a}{2}$$

Dimana

- Cds : Value raster cost distance
 Cr s : Value raster sumber pada piksel s
 Cr a : Value raster pada piksel a

$$\text{Coastal Flood} = cd - \text{Max cd}$$

Dimana:

- cd : Jarak biaya dan
 Max cd : Nilai maksimum jarak biaya.

Setelah hasil analisis banjir pantai diperoleh, hasil tersebut harus dipotong dengan data ketinggian banjir yang terjadi di lokasi penelitian. Seperti di lokasi penelitian ini, banjir pantai memiliki ketinggian hingga 100 centimeter dari permukaan laut, sehingga dilakukan ekstraksi data ketinggian 1 centimeter, pada penelitian ini elevasi lahan diekstraksi dari *Digital Elevation Model*.

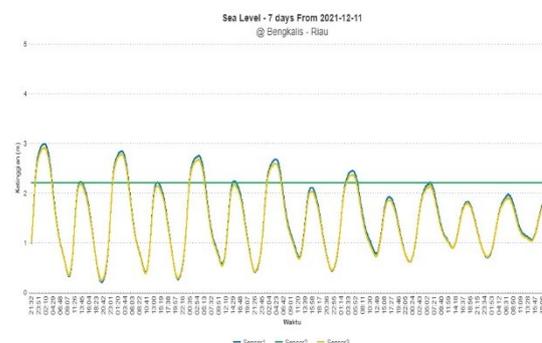
HASIL DAN PEMBAHASAN:

1 Implementasi model spasial genangan banjir rob.

1.1 Puncak Pasang air laut tahun 2021.

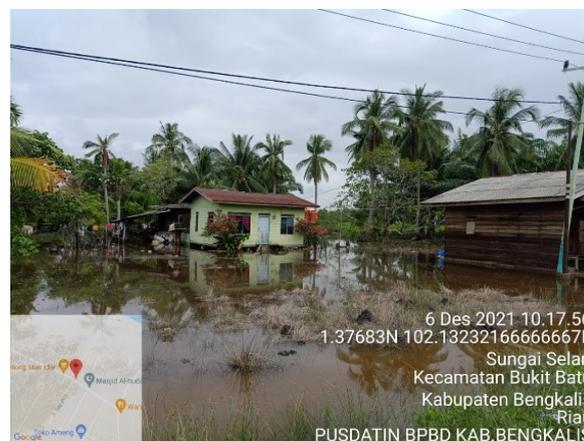
Data pasang surut yang diperoleh merupakan data yang diperoleh dari lembaga BIG (Badan Informasi Geospasial). Nilai pasang tertinggi yang terukur oleh stasiun perekam pasang surut adalah 3 m. Data puncak pasang diambil

sebagai acuan dalam skenario terburuk potensi terjadi genangan banjir rob di kecamatan Bengkalis.



Gambar 2. Grafik Pasut

Dari grafik dapat dilihat bahwa puncak pasang mencapai 3 m terjadi di lokasi penelitian. Sesuai dengan langkah penulis dalam mengambil skenario terburuk ketinggian puncak pasang 3 m. Pada penelitian ini penulis mengambil data pada tanggal 5 desember 2021 sebagai kejadian yang juga berbanding lurus dengan tren banjir rob di lokasi penelitian.

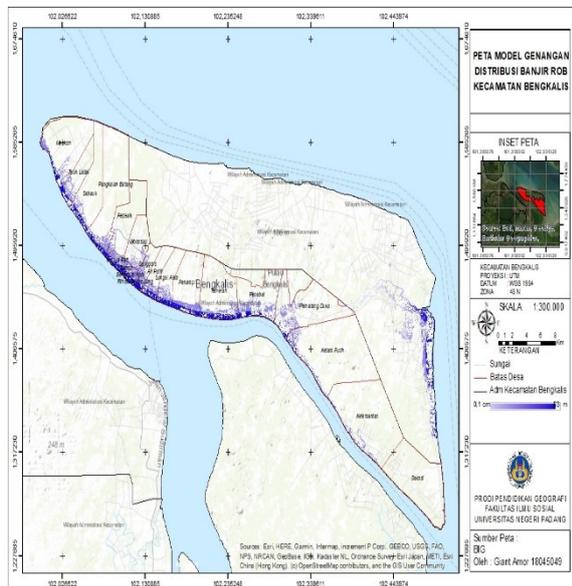


Siklus tahunan pasang besar atau dikenal masyarakat dengan pasang keling, sejak Ahad (5/12/2021) pagi menggenangi ruas jalan dan rumah masyarakat di Pulau Bengkalis. Namun pasang keling tahun ini sudah dua kali terjadi dalam dua bulan terakhir ini, tepatnya di pertengahan November lalu, dan yang terparah ini terjadi di ujung pekan pertama bulan Desember 2021.

Seperti yang dihimpun dari surat kabar online (Riauupos); “Sejak Ahad (5/12/2021) pagi, dinilai warga setempat sebagai pasang keling tertinggi dan terbesar sepanjang masa

1.2 Pemodelan Genangan Banjir Rob

Untuk pemodelan genangan air laut di daratan, digunakan analisis jarak biaya spasial. Dalam fungsi *Cost Distance* sebagai sumber biaya genangan air laut, sumber inputnya adalah garis pantai, dan raster biaya adalah hasil permukaan kekasaran permukaan penutup lahan nilai tanah atau *Hloss* (Hanif, et.al. 2021). Prinsip dasar menghitung jarak biaya adalah menghitung setiap sel yang dilewati, persamaan dasar jarak biaya di belakang. Berikut ini adalah peta genangan banjir rob berdasarkan skenario terburuk pasang maksimum 3 m

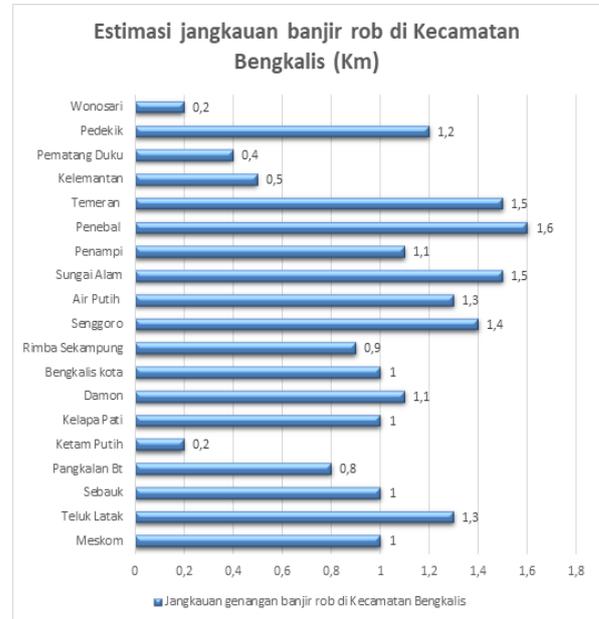


Gambar 3 Peta distribusi genangan banjir rob Sumber; Hasil analisis 2021

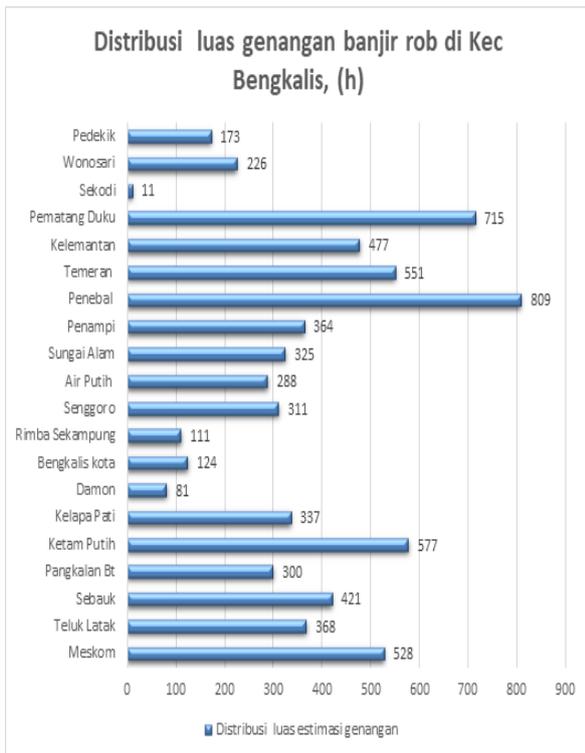
Estimasi genangan terjauh dari garis pantai dilakukan dengan bantuan *Tool Measure* pada *Software ArcGis 10.4*. Pada grafik menunjukkan jangkauan genangan bervariasi

dan dominan mencapai 1,5 km dari garis pantai ke daratan.

Gambar 4 Distribusi Jangkauan Genangan (km)



Sumber : Hasil Analisis 2021 Berdasarkan hasil fungsi *Cost Distance* yang dilakukan dalam implementasi model kekasaran permukaan, ditemukan energi gelombang pasang cenderung rata menjangkau ke daratan ketika puncak pasang terjadi. Sehingga Kawasan pesisir Bengkalis rentan akan genangan air laut hingga mencapai batas pelepasan energi yang bervariasi, tergantung dari kondisi lereng dan parameter kekasaran permukaan yang ada di kawasan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari sebaran genangan banjir rob di gambar 5



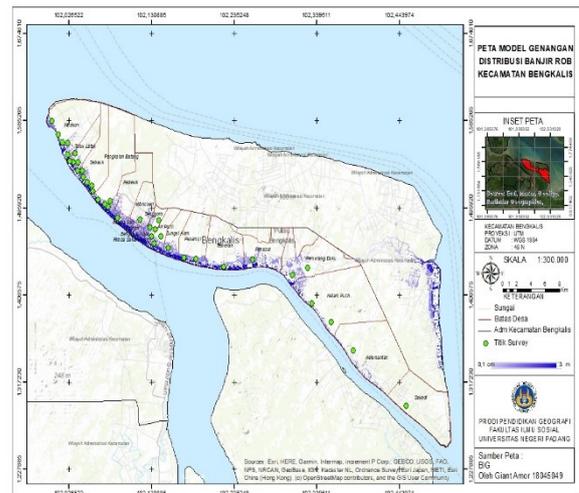
Gambar 5 Luas genangan (ha)

Sumber : Hasil Analisis 2021

Berdasarkan hasil pengolahan yang dilakukan menghasilkan sebaran genangan banjir yang cenderung rata pada desa di dataran rendah. Luas genangan banjir yang melanda Kecamatan Bengkalis adalah seluas 5.795,1 ha dengan genangan banjir terluas berada di desa Penebal yakni seluas 855 ha. Dari implementasi model ini ditemukan bahwa kawasan pesisir kecamatan Bengkalis merupakan dataran rendah yang rentan akan genangan akibat pasang air laut. Hal ini dapat dirasakan apabila terjadi puncak pasang yang terjadi suatu waktu.

1.3 Akurasi Genangan Banjir Rob Dalam Implementasi Model Spasial Akibat Pasang Maksimum

Hasil pemodelan genangan banjir rob diuji dengan keadaan pada 5 Desember 2021 untuk mendapatkan nilai akurasi pada model. Klasifikasi biner tergenang dan tidak tergenang digunakan sebagai parameter dalam pengujian ini. Pengujian model menggunakan metode *Confusion Matrix* dengan membandingkan nilai klasifikasi pada model dengan hasil observasi lapang yang disajikan pada gambar 12.



Berdasarkan hasil uji akurasi data yang diambil di lapangan, nilai overall accuracy sebesar 81 % .Sehingga data genangan yang diperoleh dari pengolahan tersebut sudah baik dan dinyatakan layak. akurasi model ini tidak merugikan maupun membahayakan, sebab dalam kajian mitigasi bencana hal tersebut dapat memberikan kesiapan serta pencegahan dalam menghadapi skenario terburuk apabila terjadi banjir rob dimasa yang akan datang. Pengujian model ini menggunakan metode *Confusion Matrix* dengan membandingkan nilai klasifikasi pada model dengan hasil observasi lapang seperti yang disajikan pada tabel 2

n = 55	Klasifikasi Berdasarkan Model	
	Predicted; Yes (Tergenang)	Predicted; No (Tidak Tergenang)
Actual; Yes (Tergenang)	TP = 45	FP = 5
Actual; No (Tidak Tergenang)	FN = 5	TN = 0
	50	5

True Positif (TP) :

Interpretasi : Model memprediksi kawasan tergenang dan itu benar adanya

True Negetaif (TN) :

Interpretasi : Model memprediksi kawasan tidak tergenang dan itu benar

False positif : **(Error I)**

Interpretasi : Model memprediksi kawasan tergenang dan nyatanya tidak.

Hal ini tidak merugikan maupun membahayakan, sebab dalam kajian mitigasi bencana hal tersebut dapat memberikan kesiapan serta estimasi kerugian dalam menghadapi skenario terburuk apabila terjadi banjir rob.

False Negatif : **(Error II)**

Interpretasi: Model memprediksi kawasan tidak tergenang ternyata tergenang, hal ini sangat merugikan sebab banyak kawasan yang tidak siap terpapar apabila terjadi banjir rob sehingga nilai kerugian yang ditimbulkan dapat lebih besar.

Nilai akurasi didapatkan antara informasi di lapangan yang diwakilkan oleh titik observasi yang berjumlah 55 titik dan model genangan banjir rob bulan Desember tahun 2021. Dari data sebenarnya ditemukan wilayah yang tergenang maupun tidak sebanyak :

Actual :	
Tergenang	= 45
Tidak	= 10
Predict :	
Tergenang	= 50
Tidak	= 5

Hasil validasi pada Tabel 12 selanjutnya dihitung menggunakan rumus *accuracy* untuk mendapatkan nilai akurasi model dalam mengklasifikasikan dengan benar. Berikut ini perhitungan nilai *accuracy*:

$$\begin{aligned} \text{Accuracy} &= \frac{(\text{TP}+\text{TN})}{(\text{TP}+\text{FP}+\text{FN}+\text{TN})} \\ &= \frac{(45+0)}{(45+5+5+0)} \\ &= 0,81*100\% \\ &= 81,0\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi menggunakan *Confusion Matrix* didapatkan nilai akurasi sebesar 81 %. Sehingga data genangan yang diperoleh dari pengolahan

tersebut sudah baik dan dinyatakan layak dalam memetakan kawasan tergenang. Hasil ini disikapi sebagai upaya mitigasi agar kawasan yang belum tergenang siap dengan potensi yang ada.

Precision menggambarkan akurasi antara data yang diminta dengan hasil prediksi yang diberikan oleh model. $Precision = (TP) / (TP + FP)$

$$\text{Presisi} = (TP) / (TP + FP)$$

$$= (45) / (45+5)$$

$$= (90)*100\%$$

$$= 90\%$$

Recall atau *sensitivity*: menggambarkan keberhasilan model dalam menemukan kembali sebuah informasi. $Recall = TP / (TP + FN)$

$$Recall = TP / (TP + FN)$$

$$= 45 : (45+5)$$

$$= 0.90 * 100\%$$

$$= 90\%$$

Accuracy tepat kita gunakan sebagai acuan performansi algoritma jika dataset kita memiliki jumlah data false negatif dan false positif yang sangat mendekati (*symmetric*). Namun jika jumlahnya tidak mendekati, maka sebaiknya kita menggunakan F1 Score sebagai acuan. Dari hasil pengujian model didapati bahwa nilai FN dan FP mendekati atau sama (*symetric*) oleh karena itu performansi algoritma yang kita gunakan ialah akurasi (*accuracy*). Sehingga kita tidak perlu menggunakan *F1 Score* sebagai acuan.

Pengujian model menggunakan metode *Confusion Matrix* ini memiliki kelebihan yaitu proses perhitungan/pengujian yang sederhana hanya dengan membandingkan nilai kelas berdasarkan model dengan nilai kelas pada kondisi sebenarnya. Namun, kelemahan dari metode ini adalah membutuhkan jumlah titik sampel yang cukup

banyak untuk mendapatkan nilai akurasi yang tinggi sehingga apabila dalam sebuah penelitian hanya memiliki titik sampel yang sedikit akan didapatkan nilai akurasi yang rendah

Simpulan:

Hasil pemodelan menggunakan metode Hloos ini menghasilkan peta estimasi genangan banjir rob yang umumnya berada di wilayah pesisir dengan topografi dan tutupan lahan yang rendah untuk mereduksi gelombang pasang, sehingga memperbesar peluang energi yang dilepaskan dari garis pantai sampai ke daratan. Persebaran daerah-daerah terdampak banjir rob di Kecamatan Bengkalis yang terdapat pada peta hasil peneliti sesuai dengan keadaan di lapangan karena hasil observasi peneliti menunjukkan beberapa Desa yang terdampak banjir rob memang benar tergenang oleh banjir rob yang terjadi di kecamatan Bengkalis pada 5 Desember 2021 tahun lalu. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dihasilkan pemodelan genangan banjir rob akibat gelombang pasang yang terjadi di wilayah pesisir Kecamatan Bengkalis, ada beberapa poin yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Implementasi model spasial distribusi genangan banjir rob menunjukkan bahwa wilayah pesisir di Kecamatan Bengkalis berpotensi tergenang apabila terjadi pasang maksimum atau puncak pasang sebagai skenario terburuk dalam mitigasi bencana banjir rob. Hal ini berdasarkan peta model banjir rob ditemukan hampir seluruh desa/kelurahan terpapar genangan banjir hal ini sesuai dengan kejadian atau fakta lapangan yang terjadi pada 5 Desember 2021 yang mana puncak pasang mencapai 3 meter (Stasiun Pasut Bengkalis, BIG 2021).
2. Fluktuasi pasang air laut mencapai puncaknya pada bulan desember yang dapat diamati pada grafik pasut tahun tahun 2021 yang mencapai 3 m. Hal ini berbanding lurus dengan tren kejadian banjir pasang atau rob di lokasi penelitian, yang mana pada bulan desember 2021 terjadi banjir rob terparah yang menggenangi Kawasan pesisir kecamatan bengkalis.
3. Akurasi dalam implementasi pemodelan ini sebesar 81 %, sehingga data genangan yang diperoleh dari pengolahan tersebut sudah baik dan dinyatakan layak. akurasi model ini tidak merugikan maupun membahayakan, sebab dalam kajian mitigasi bencana hal tersebut dapat memberikan kesiapan serta pencegahan dalam estimasi kerugian dalam menghadapi skenario terburuk apabila terjadi banjir rob dimasa yang akan datang.
4. Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan menggunakan implementasi model kekasaran permukaan dan fungsi cost distance menghasilkan sebaran genangan banjir cenderung rata pada setiap desa yang pada umumnya berada di pesisir yang bertopografi datar dan rawan tergenang apabila terjadi kenaikan pasang air laut . Hal ini berbanding lurus dengan tren kejadian banjir rob di lokasi penelitian yang rawan terjadi apabila pasang air laut naik , sehingga penelitian ini cocok untuk dianalisis dalam implementasi model kekasaran permukaan dan fungsi cost distance distribusi spasial genangan banjir rob akibat pasang air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrofi, A., Hardoyo, S. R., & Sri Hadmoko, D. (2017). Strategi adaptasi masyarakat pesisir dalam penanganan bencana banjir rob dan implikasinya terhadap ketahanan wilayah (Studi di Desa Bedono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak Jawa Tengah). *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol 23(2):125-136.
- Amor, G & Hanif, M., 2022, Pemodelan Geospasial Genangan Pasang Air Laut (Rob) Berbasis SIG di Kota Dumai Prosiding Seminar Nasional Geomatika VI *Inovasi Geospasial Dalam Pengurangan Risiko Bencana* (BIG) ISSN : 2614 - 7211
- Berryman, K.R.: Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand. *Igns*. 139 (2006)
- Beben, G (2020) "Identifikasi Daerah Rawan Bencana Tsunami Dan Pembangunan Webgis Mitigasi Bencana Tsunami Kota Padang" <https://www.researchgate.net/publication> diakses 13 Maret 2022.
- BNPB, 2012, Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 Tahun 2012.
- Dahl, K. A., Fitzpatrick, M. F., & Spanger-Siegfried, E. (2017). Sea level rise drives increased tidal flooding frequency at tide gauges along the U.S. East and Gulf Coasts: Projections for 2030 and 2045. *PLoS ONE*, 12(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170949>
- Hanif, M., Putra, B. G., Hidayat, R. A., Ramadhan, R., Shafrina, W., Moh, W., Hermon, D., Suhana, E., & Makassar, U. F. (2021). Impact of Coastal Flood on Building , Infrastructure, and Community Adaptation. *Jurnal Geografi Gea*, 21(2). <https://ejournal.upi.edu/index.php/gea>
- Hermon, D. (2012). Mitigasi Bencana Hidrometeorologi, Padang: UNP Press, 2012. In *Psikologi Perkembangan* (Issue October 2013).
- Holli, M., Studi, P., Kelautan, I., & Trunojoyo, U. (2012). Pemodelan genangan banjir pasang air laut di kabupaten sampang menggunakan citra alos dan sistem informasi geografi. *Jurnal Kelautan*, 5.
- Ii, B. A. B. (2008). *Bab_Ii_Tinjauan_Pustaka_(Cetak)*. 5–9.
- Jangkang, D. (2014). *Analysis Sea Level Rise And Prone To Inundation North Island In The Coastal Areas Bengkulu (North Coast Region Case Bengkulu) IPCC (2001)* . (Liyani , ddk . 2012). 116–126.
- Rahmanto, R.M (2018). Pemodelan spasial genangan banjir akibat gelombang pasang di wilayah pesisir kota mataram (Tugas Akhir – RP141501) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2018.
- Kasbullah, A. A., Lingkungan, J. G.,

- Geografi, F., & Mada, U. G. (2014). *Geoedukasi Volume III Nomor 2, Oktober 2014*, Kasbullah, A.A. dan M.A. Marfa'i, 83 – 91. *Jurnal Geoedukasi*, III(2), 83–91. <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/GeoEdukasi/article/view/562>
- Kusumawardhani, A. D., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., Sarjana, P. P., Studi, P., & Ilmu, M. (2012). *Universitas indonesia pemanfaatan model hidrodinamika untuk estimasi genangan rob di teluk jakarta tesis*.
- Putra, A. (2021). *Literature Reviews : Hydrometeorological Disasters and Climate Change Adaptation Efforts Literature Reviews : Hydrometeorological*. July, 1–7. <https://doi.org/10.24036/sjdgge.v5i1.363>
- Sesunan, D. (2014). Analisis Kerugian Akibat Banjir Di Bandar Lampung. *Warta LPM*, 5(1), 559–584.
- Yoganda, M., Hendri, A., & Suprayogi, I. (2019). Kajian Pasang Surut Dengan Metode Least Square di Perairan Kabupaten Bengkalis. *Jom FTEKNIK*, 6, 1–9.
- Indarto dan Faisol Arif. 2013. *Konsep Dasar Analisis Spasial*. Andi Publisher. Jakarta. ISBN: 978-979-29-3354-3.
- Chandra R. 2013. *Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara*. Jurnal Teknik POMITS.
- IPCC (International Panel for Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge Cambridge: University Press.
- Marfai. 2004. *Tidal flood hazard assessment: modeling in raster GIS, case in Western part of Semarang coastal area*. *Indonesian Journal of Geography*.
- Nugraha, Arief Laila. 2013. *Penyusunan dan Penyajian Peta Online Risiko Banjir Rob Kota Semarang*. Tesis. Program Studi Teknik Geomatika Bidang Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
- Haigh, I.D., Nicholls, R.J., Penning-Roswell, E. and Sayers, P. 2020. *Impacts of climate change on coastal flooding, relevant to the coastal and marine environment around the UK*. MCCIP Science Review 2020, 546–565. doi: 10.14465/2020.arc23.cfl.
- Nugroho SH. 2013. *Prediksi Luas Genangan Pasang Surut (Rob) Berdasarkan Analisis Data Spasial Di Kota Semarang, Indonesia*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Vol. 4(1) : 71-87.
- Marfai MA, Djati M, Ahmad C, Fitria N, Hari P. 2013. *Pemodelan spasial bahaya banjir rob berdasarkan skenario perubahan iklim dan dampaknya di pesisir pekalongan*. Jurnal Bumi Lestari Vol 13(2):244-254.

- Ilhami F, Denny N, Baskoro R. 2014. Pemetaan Tingkat Kerawanan Banjir Rob Untuk Evaluasi Tata Ruang Permukaan Daerah Pesisir Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah. *Journal Of Marine Reseach*. Vol 3(4) : 508-515.
- Marwoto J, Yulianto DL, Sugeng W. 2016. Studi Pasang Surut Perairan Juntinyuat Kabupaten Indramayu Terhadap Potensi Banjir Rob. *Jurnal Oseonografi*. Vol. 5(1) : 96-104.
- Kusmanto E, Muhamad H, Wahyudi BS. 2016. Amplifikasi Pasang Surut dan Dampaknya terhadap Perairan Pesisir Probolinggo. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. Vol. 1(3) : 69-80./
- Kurniawan L. 2003. Kajian Banjir rob di Kota Semarang. *Jurnal Alami* Vol 8(2):54-58.
- Handoyo G, Rifki KR, Dwi HI. 2015. Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sebaran Genangan Banjir Rob Di Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Oseonografi*. Vol. 4(1) : 1-9.
- Rasyda MH, Widada S dan Rochaddi B. 2015. Analisa Spasial Daerah Banjir Genangan (Rob) Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Kota Padang. *Journal of Oceanography*. Vol 4(2):379-385.
- Herman, 2021 “Pasang-Keling-Rendam Ratusan Rumah Dan-Ruas Jalan-di Bengkulu” <https://riaupos.jawapos.com/bengkalis/05/12/2021/263234/s.htm> 1. Diakses pada 5 Desember 2021
- Utra, a. (2021). literature reviews : hydrometeorological disasters and climate change adaptation efforts literature reviews : hydrometeorological. july, 1– <https://doi.org/10.24036/sjdg.ge.v5i1.363>
- PUSDATIN BPBD Kabupaten Bengkulu 2021, <https://bpbd.bengkalis.go.id/web/link/data-bencana> <https://riaupos.jawapos.com/> diakses tanggal 3 Maret 2022 jam