

PEMODELAN SPASIAL BANJIR ROB UNTUK PENENTUAN TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA BERBASIS UAV (*UNMANNED AERIAL VEHICLE*) DI WILAYAH PESISIR KECAMATAN KRAMAT KABUPATEN TEGAL

Sholakhuddin Akhmad Al-Ghowazi; Kuswaji Dwi Priyono,
Program Studi Geografi, Fakultas Geografi,
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Wilayah pesisir utara Jawa di Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal telah terjadi banjir rob yang dimungkinkan semakin meluas di waktu mendatang, sehingga diperlukan pemodelan luasan genangan dengan berbagai ketinggian. Tujuan dilakukan pemodelan untuk mengetahui sebaran wilayah yang tergenang serta jangkauan banjir. Pemodelan dimaksudkan untuk mengetahui wilayah genangan banjir rob sehingga dapat diketahui wilayah yang aman untuk menentukan tempat evakuasi sementara (TES) ketika terjadi bencana banjir rob. Metode untuk mengetahui jangkauan banjir serta luasan genangan menggunakan Sistem Informasi Geografis berupa *Neighbourhood Operation* pada proses *Iterasi*, sedangkan untuk menentukan TES berdasarkan hasil skenario pemodelan dengan interpretasi peta hasil sebaran genangan. Hasil pengolahan dengan *software* ArcGIS menunjukkan skenario dengan luas genangan terbesar adalah pada skenario kenaikan muka air laut 150 cm yakni 556,39 ha, sedangkan untuk luas terkecil adalah pada skenario 50 cm yakni 280,62 ha. Selisih luas genangan tertinggi dan terendah adalah 275,75 ha atau sekitar 98,12 %. Desa Dampyak memiliki 6 TES dengan total kapasitas maksimal sekitar 12.300 jiwa, sedangkan Desa Manjung Agung memiliki 2 TES dengan kapasitas maksimal sekitar 2.900 jiwa.

Kata Kunci: Banjir rob, pemodelan, skenario, SIG, tempat evakuasi sementara.

Abstract

The northern coastal area of Java in Kramat District, Tegal Regency has experienced tidal flooding which is likely to become more widespread in the future, so it is necessary to model the area of inundation at various heights. The aim of modeling is to determine the distribution of inundated areas and the extent of flooding. The modeling is intended to identify areas of tidal flood inundation so that safe areas can be identified to determine temporary evacuation sites (TES) when a tidal flood disaster occurs. The method for determining the extent of flooding and the extent of inundation uses a Geographic Information System in the form of *Neighbourhood Operation* on the process *Iteration*, meanwhile to determine the TES based on the results of the modeling scenario with interpretation of the inundation distribution map results. Results of processing with *software* ArcGIS shows that the scenario with the largest inundation area is in the 150 cm sea level rise scenario, namely 556.39 ha, while the smallest area is in the 50 cm scenario, namely 280.62 ha. The difference between the highest and lowest inundation areas is 275.75 ha or around 98.12%. Dampyak Village has 6 TES with a maximum total capacity of around 12,300 people, while Manjung Agung Village has 2 TES with a maximum capacity of around 2,900 people.

Keywords: Tidal floods, modeling, scenarios, GIS, temporary evacuation places.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007, bencana didefinisikan sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Kenaikan muka air laut atau sering dikenal *level sea rise* menyebabkan beberapa kerugian, seperti bencana alam berupa pengikisan wilayah peisir atau abrasi dan banjir pasang air laut atau banjir rob (Febrian dkk., 2019).

Pemodelan dimaksudkan untuk membuat antisipasi kemungkinan kejadian pada waktu mendatang di Kabupaten. Kasus banjir rob terbaru di Kabupaten Tegal terjadi pada Mei 2022 dan merupakan salah satu kejadian paling parah di Kabupaten Tegal. Akibat gelombang pasang yang terjadi di wilayah pesisir timur pada hari Senin, 23 Mei 2022 pukul 15.00 WIB. Lokasi terdampak adalah Kelurahan Dampyak, Kecamatan Kramat dengan korban terdampak sebanyak 232 KK dan korban mengungsi sebanyak 50 KK/150 jiwa. Selasa 24 Mei 2022, air mengalami kenaikan sekitar 30-50 cm (BPBD Kabupaten Tegal, 2022).

Banjir rob diperkirakan akan terus mengalami peningkatan baik pada frekuensi dan besar luasan di masa mendatang (Marfai, 2013). Menanngapi kasus ini dibutuhkan penanganan terkait fenomena tahunan ini, salah satunya dengan melakukan pemodelan dengan beberapa skenario kenaikan air laut agar dapat diketahui sebaran wilayah yang tergenang serta jangkauan banjir. Pemanfaatan SIG untuk menentukan model dengan berbagai teknik dan metode yang dipilih sehingga pandangan dan pengetahuan tentang persoalan yang dikaji mendekati kenyataan di lapangan (Purngpantai, 2018).

Pemodelan dimaksudkan untuk mengetahui wilayah genangan banjir rob sehingga dapat diketahui wilayah yang aman untuk menentukan tempat evakuasi sementara (TES) ketika terjadi bencana banjir rob. Data utama yang digunakan adalah DEM (*Digital Elevation Model*) yang didapat dari pengolahan foto udara hasil survey di lapangan dengan drone UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yaitu pesawat terbang tanpa awak yang dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *remote control* (Rachman, Faisal. 2022) dan telah terkoreksi GCP (*Ground Control Point*) yaitu titik acuan yang digunakan dalam pemetaan dan fotogrametri (Reonaldo dkk., 2022). Visualisasi data spasial hasil pemodelan dengan SIG dalam bentuk peta sebaran genangan banjir rob berdasarkan skenario yang dibuat serta peta tempat evakuasi sementara banjir rob.

1. 2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana sebaran genangan banjir rob dengan skenario ketinggian 50 cm, 100 cm, dan 150 cm di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal?.
2. Bagaimana penentuan tempat evakuasi sementara banjir rob di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal berdasarkan hasil skenario?.

1. 3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Menganalisis sebaran genangan banjir rob dengan skenario ketinggian 50 cm, 100 cm, dan 150 cm di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal.
2. Menganalisis penentuan tempat evakuasi sementara banjir rob di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal berdasarkan hasil skenario.

1. 4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini dapat digunakan sebagai berikut.

1. Dapat menjadi sumber informasi untuk menetapkan kebijakan penanggulangan bencana di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal.
2. Dapat menambah wawasan dan pengetahuan serta dapat dijadikan sumber referensi bagi penelitian selanjutnya tentang persebaran wilayah genangan banjir rob.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode survei yang dilakukan untuk mengambil data primer dan melakukan validasi data sekunder. Analisis spasial dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografis dan *Neighbourhood Operation* pada proses *Iterasi* untuk mengetahui sebaran genangan banjir rob bersumber dari penelitian Mohamad Rio Rahmanto, 2018 yang berjudul “Pemodelan Spasial Genangan Banjir Akibat Gelombang Pasang di Wilayah Pesisir Kota Mataram”. Interpretasi citra untuk menentukan tempat evakuasi sementara berdasarkan hasil skenario pemodelan mengacu pada penelitian Andi Muhammad Zainul Abror, 2019 yang berjudul “Analisis Penentuan Lokasi Potensial Shelter Evakuasi dan Desain Evakuasi Untuk Bencana Banjir di Kelurahan Sumber, Kecamatan Banjarsari”. Hasilnya akan divisualisasikan dalam bentuk peta sebaran genangan banjir rob dan sebaran rencana tempat evakuasi sementara dengan *software* ArcGIS.

2. 1 Obyek Penelitian

Populasi/objek merupakan variabel yang terkait dengan penelitian. Populasi/objek dalam penelitian ini adalah wilayah pesisir Kecamatan Kramat.

2. 2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara survei lapangan untuk

mendapatkan data foto udara dengan menggunakan Drone tipe DJI Phantom 4 yang jalur terbangnya sudah ditentukan menggunakan metode AOI (*area of interest*) dengan melakukan *buffer* pada ArcMap seluas 500m x 500m, dengan ketentuan *buffer* 50m ke arah laut dan 450m ke arah daratan. AOI tersebar sepanjang wilayah pesisir Kecamatan Kramat dengan total 20 kali terbang. Berikut data penelitian beserta sumbernya.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Nama data	Fungsi	Sumber
1	Foto Udara	Data Primer	Survei lapangan
2	Koordinat GCP	Data Primer	Survei lapangan
3	Batas Administrasi Kabupaten Tegal	Data Sekunder	Badan Informasi Geospasial
4	Citra Satellite Bing	Data Sekunder	SAS Planet
5	Data Penduduk	Data Sekunder	BPS Kabupaten Tegal

Sumber : Penulis, 2023.

2.3 Teknik Pengolahan Data

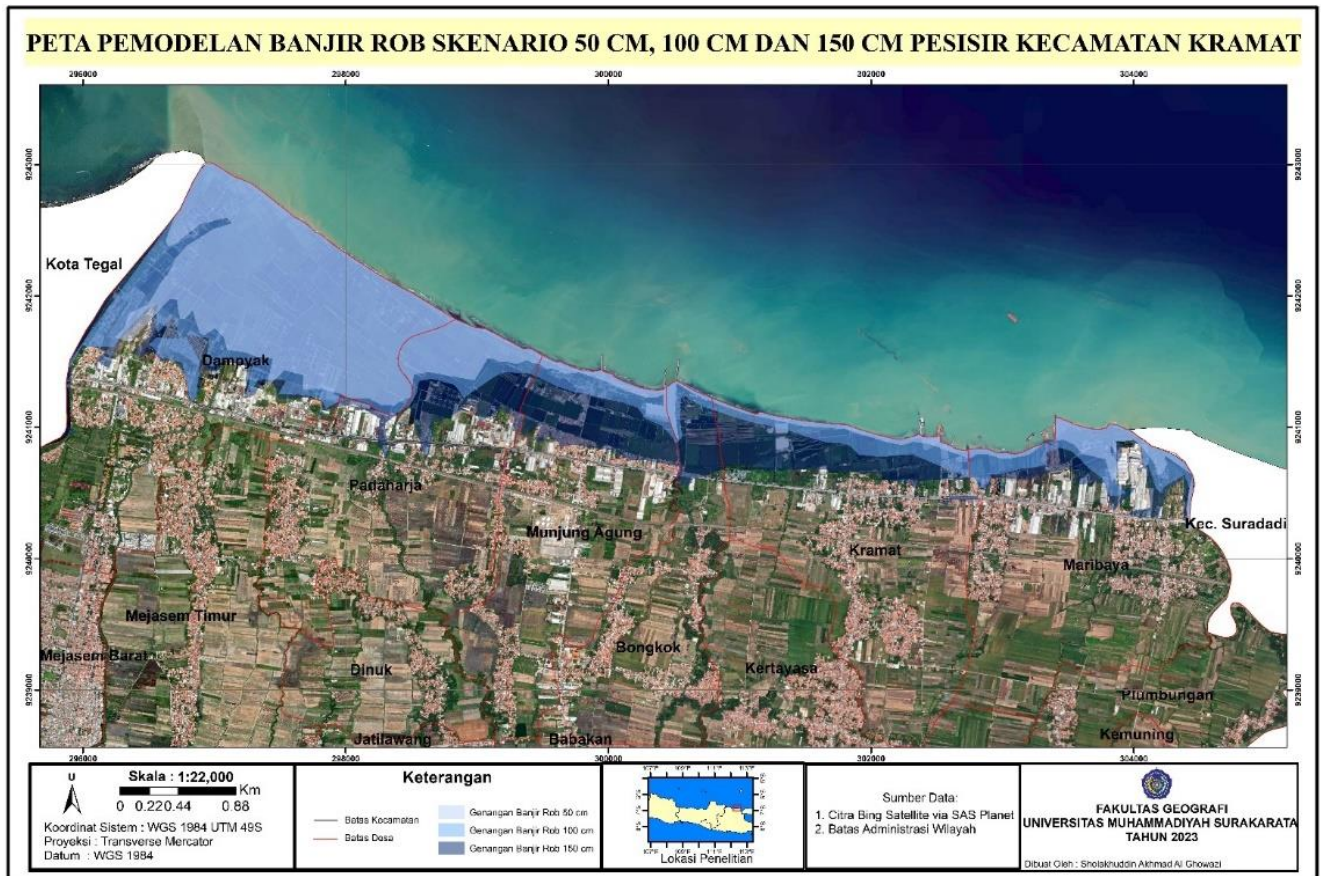
Pengolahan data dalam penelitian ini meliputi teknik berikut.

- A. Penggabungan data foto udara di *software* Agisoft Metashape dengan *tool align photos* yang ada pada menu *workflow* untuk mengidentifikasi point yang muncul. Setelah point-point teridentifikasi proses selanjutnya adalah interpolasi point dengan *tools build mesh* dan hasil proses ini merupakan bahan utama untuk membangun DEM baik DSM, Orthophoto maupun DTM.
- B. Koreksi geometri merupakan tahap untuk memperbaiki koordinat hasil foto udara. Acuan data untuk koreksi adalah GCP *Ground Control Point*. Koordinat GCP ini digunakan untuk memberi atau memperbaiki citra dimana akan terlihat titik akurasi GCP (Alfan, 2016).
- C. Digitasi yang dilakukan dengan *software* ArcGIS 10.8 untuk mengetahui garis pantai sebagai pembeda daratan dan permukaan laut.
- D. Membangun DEM dengan hasil foto udara yang telah tergabung dan terkoreksi geometri dengan *software* Agisoft Metashape.
- E. Pemodelan banjir rob dengan *Neighbourhood Operation* pada Iterasi yang dilakukan pada *software* ArcGIS 10.8. Iterasi adalah cara menghitung secara berulang-ulang, dimana hasil dari perhitungan sebelumnya dimasukkan untuk perhitungan berikutnya (Rif'an, Rijanta, & Mardianto, 2017). Dilakukan 3 skenario kenaikan muka air mengacu pada kasus terparah tahun 2022 hingga tiga kali lipatnya, yakni 50, 100, dan 150 cm.
- F. Overlay hasil pemodelan dengan citra wilayah kajian untuk mengetahui jangkauan genangan serta objek yang tergenangnya. Selanjutnya dilakukan interpretasi untuk menentukan TES.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Genangan Banjir Rob Berdasarkan Skenario Ketinggian 50, 100, dan 150 cm

Hasil pemodelan menunjukkan luasan genangan pada skenario kenaikan muka air 50 dan 150 cm memiliki selisih yang cukup besar. Visualisasi data hasil pemodelan genangan banjir rob sebagai berikut.



Gambar 1. Peta Sebaran Genangan Skenario 50, 100, dan 150 cm

Sumber : Penulis, 2023

Jarak jangkauan genangan banjir rob diperoleh dari hasil pemodelan yang ditampilkan dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 2. Jarak Jangkauan Genangan dari Garis Pantai Berdasarkan Skenario Pemodelan

No	Desa	Jangkauan Genangan (m)		
		50 cm	100 cm	150 cm
1	Dampyak	1.546,67	1.647,89	1.795,01
2	Padaharja	857,94	927,02	1.100,36
3	Manjung Agung	65,5	218,67	600,08
4	Bongkok	33,52	91,42	642,41

5	Kramat	35,76	194,17	431,66
6	Maribaya	434,98	553,16	661,23

Sumber : Penulis, 2023.

Luas genangan banjir rob pada masing-masing skenario pemodelan ditampilkan dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 3. Luas Genangan Banjir Rob Berdasarkan Skenario Pemodelan

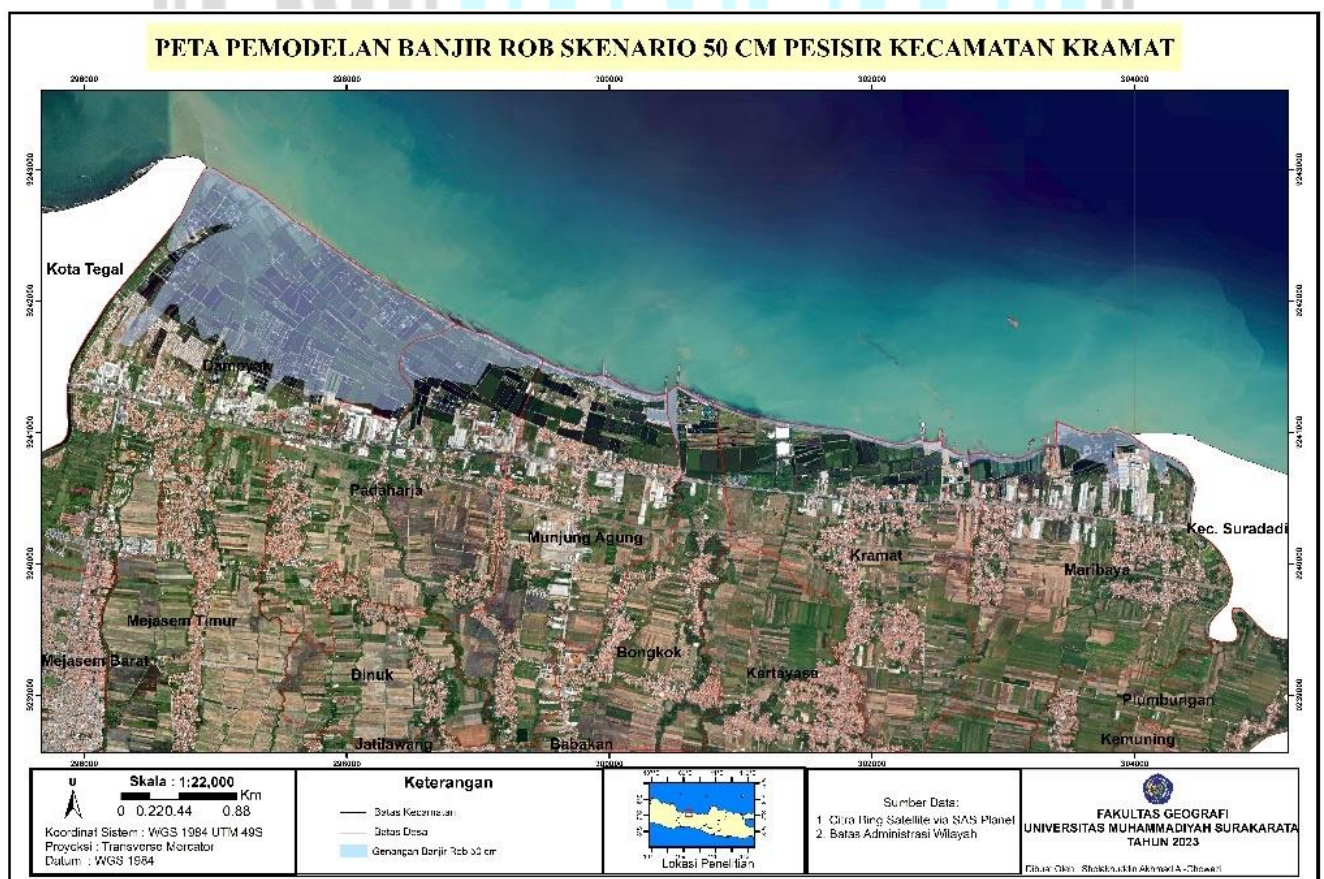
Skenario	Luas (Ha)
50 cm	280,62
100 cm	388,14
150 cm	556,39

Sumber : Penulis, 2023.

Analisis hasil penelitian akan dibahas lebih jelas dalam sub-bab di bawah.

3. 1. 1 Skenario Kenaikan Muka Air 50 cm

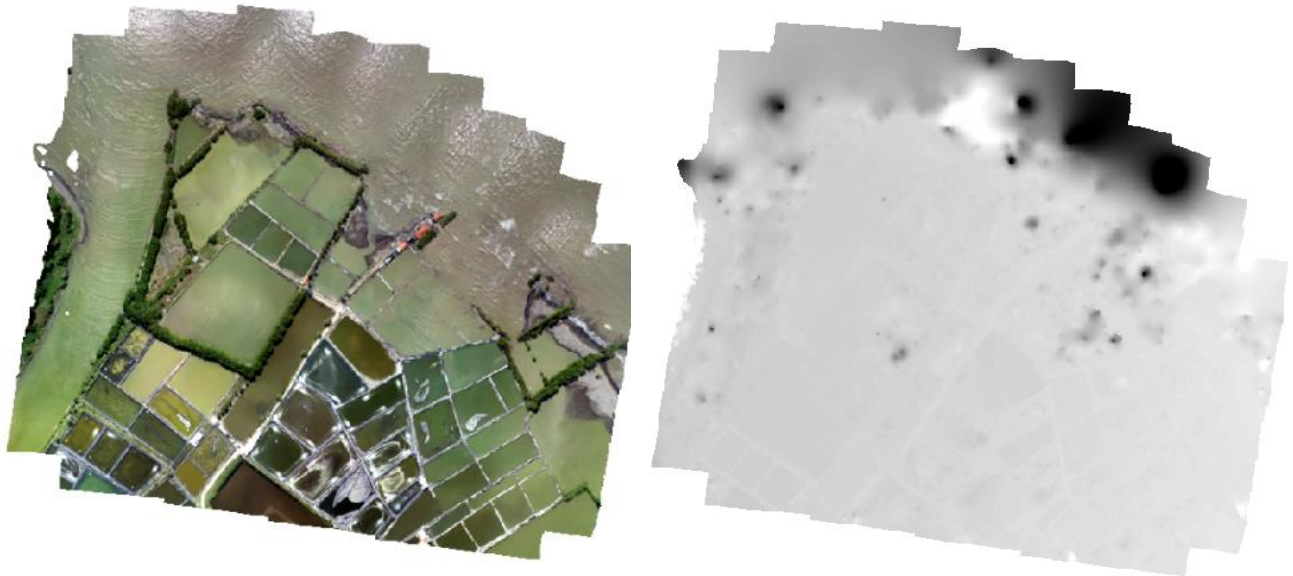
Pemodelan genangan dengan skenario kenaikan muka air 50 cm berdasarkan data kejadian banjir rob tanggal 24 Mei 2022 (BPBD Kabupaten Tegal, 2022). Hasil skenario pemodelan kenaikan muka air 50 cm ditampilkan pada peta berikut.



Gambar 2. Peta Sebaran Genangan Skenario 50 cm
Sumber : Penulis, 2023.

Peta hasil pemodelan menunjukkan desa yang paling parah terdampak genangan banjir rob adalah Desa Dampyak dan menjadi *highlight* kasus bencana banjir rob di Kabupaten Tegal. Banjir rob juga menggenangi juga desa-desa yang berada di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, namun pemukiman yang tergenang hanya di Desa Dampyak saja sehingga banyak warga yang terdampak langsung akibat kejadian tersebut.

Salah satu faktor yang membuat Desa Dampyak menjadi desa paling parah tergenang adalah pantainya yang sudah rusak karena banyaknya tambak, sehingga garis pantai pun menjadi tergerus dan hilang. Tidak ada pembatas antara daratan dan laut, serta tidak ada pemecah gelombang ketika terjadi kenaikan muka air laut. Secara tidak langsung selisih elevasinya menjadi semakin tipis. Faktor lain adalah batas administrasi Desa Dampyak bagian barat adalah sungai besar yang ketika terjadi kasus banjir rob, sungai tersebut ikut meluap masuk ke pemukiman warga.

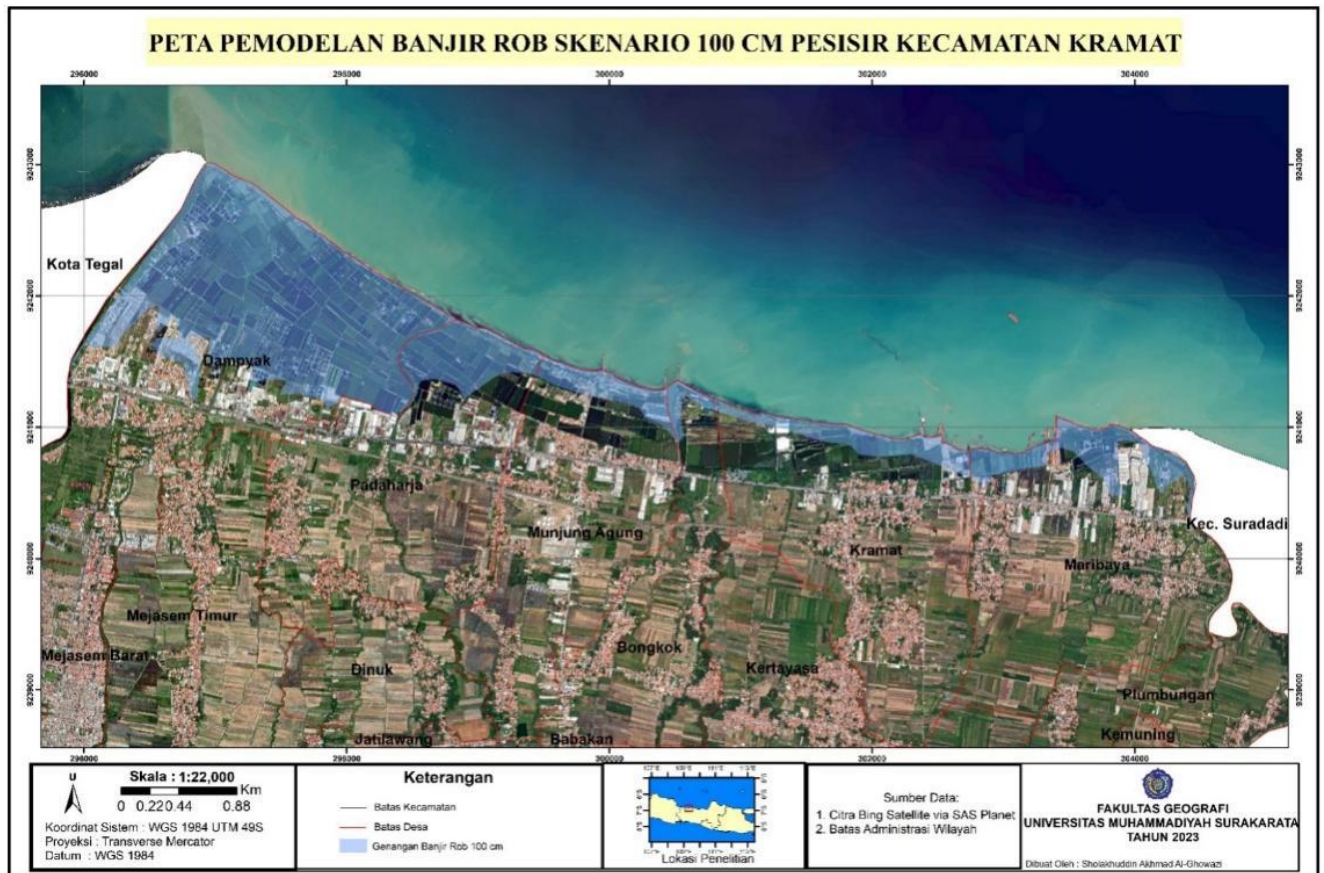


Gambar 3. Ortophoto dan DEM Pantai Desa Dampyak
Sumber : Penulis, 2023.

Gambar 3 menunjukkan wilayah pesisir Desa Dampyak yang garis pantainya rusak karena tambak, sehingga elevasinya sama dengan muka air laut sehingga ketika terjadi banjir rob dapat dengan mudah masuk ke daratan. Nampak juga sungai besar yang luapannya masuk ke daratan menambah parah genangan banjir. Dari hasil pengolahan foto udara menjadi DEM mendeteksi elevasi daratan dan muka air sama, dikarenakan beberapa objek seperti vegetasi dihilangkan karena untuk mencari elevasi permukaan tanah saja.

3. 1. 2 Skenario Kenaikan Muka Air 100 cm

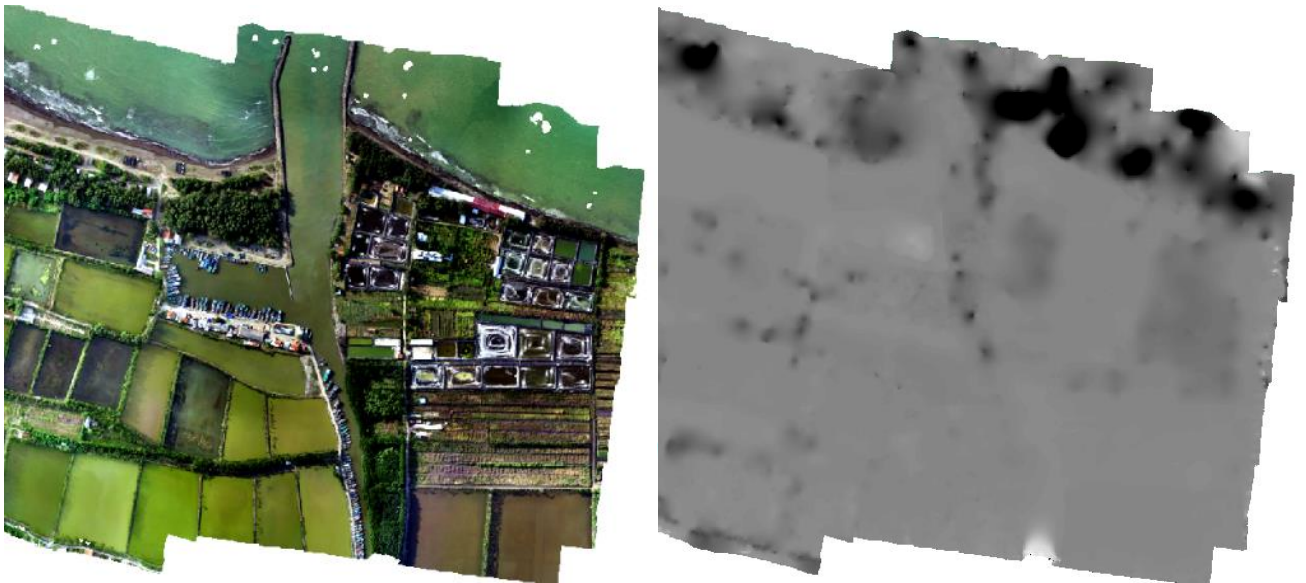
Hasil pemodelan skenario kenaikan muka air 100 cm menunjukkan genangan banjir rob jarak jangkauannya mulai jauh menuju daratan di Desa Maribaya yang letaknya jauh dari Desa Dampyak. Berikut hasil peta pemodelannya.



Gambar 4. Peta Sebaran Genangan Skenario 100 cm
Sumber : Penulis, 2023.

Hal ini dikarenakan Desa Maribaya terdapat sungai di bagian timurnya, sehingga luapan sungai yang masuk ke daratan ketika banjir rob menambah jangkauan genangan menjadi lebih jauh. Faktor lain genangan di Desa Maribaya termasuk besar adalah hampir sama dengan di Desa Dampyak yang wilayah pantainya banyak terdapat tambak yang sangat dekat dengan badan air laut, serta ditambah lagi dengan adanya Dok atau galangan kapal.

Peta menunjukkan wilayah tengah dari pesisir Kecamatan Kramat yang jangkauan genangannya jauh ke arah daratan, yakni perbatasan antara Desa Munjung Agung dan Desa Bongkok dimana di daerah tersebut terdapat sungai yang ketika muka air naik sungai tersebut meluap ke daerah di sekitarnya.



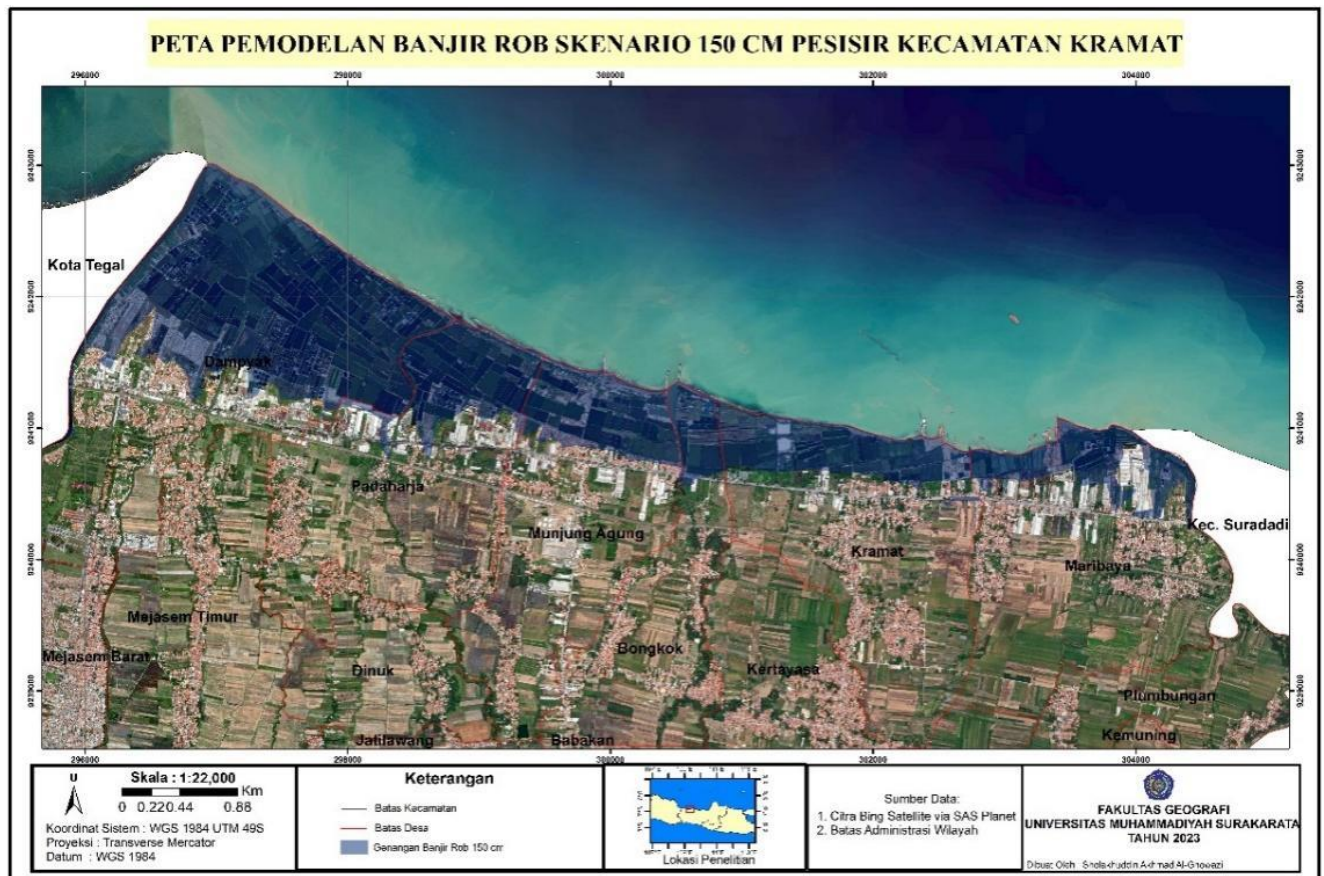
Gambar 5. Ortophoto dan DEM Pantai Desa Manjung Agung dan Bongkok

Sumber : Penulis, 2023.

Gambar 5 menunjukkan elevasi sungai dan daratan di sekitar terdeteksi hampir sama, sehingga pada skenario pemodelan 100 cm jarak jangkauan genangannya menjadi bertambah. Visualisasi DEM pada daerah ini juga lebih gelap dibandingkan DEM pada Desa Dampyak, yang artinya elevasi di daerah tengah wilayah pesisir Kecamatan Kramat lebih tinggi.

3.1.3 Skenario Kenaikan Muka Air 150 cm

Berdasarkan hasil skenario kenaikan muka air 150 cm terlihat dalam peta sebaran genangan, jarak jangkauan dan luas genangan bertambah secara cukup signifikan terutama di Desa Padaharja, Munjung Agung, Bongkok, dan Kramat. Berikut hasil pemodelannya.



Gambar 6. Peta Sebaran Genangan Skenario 150 cm

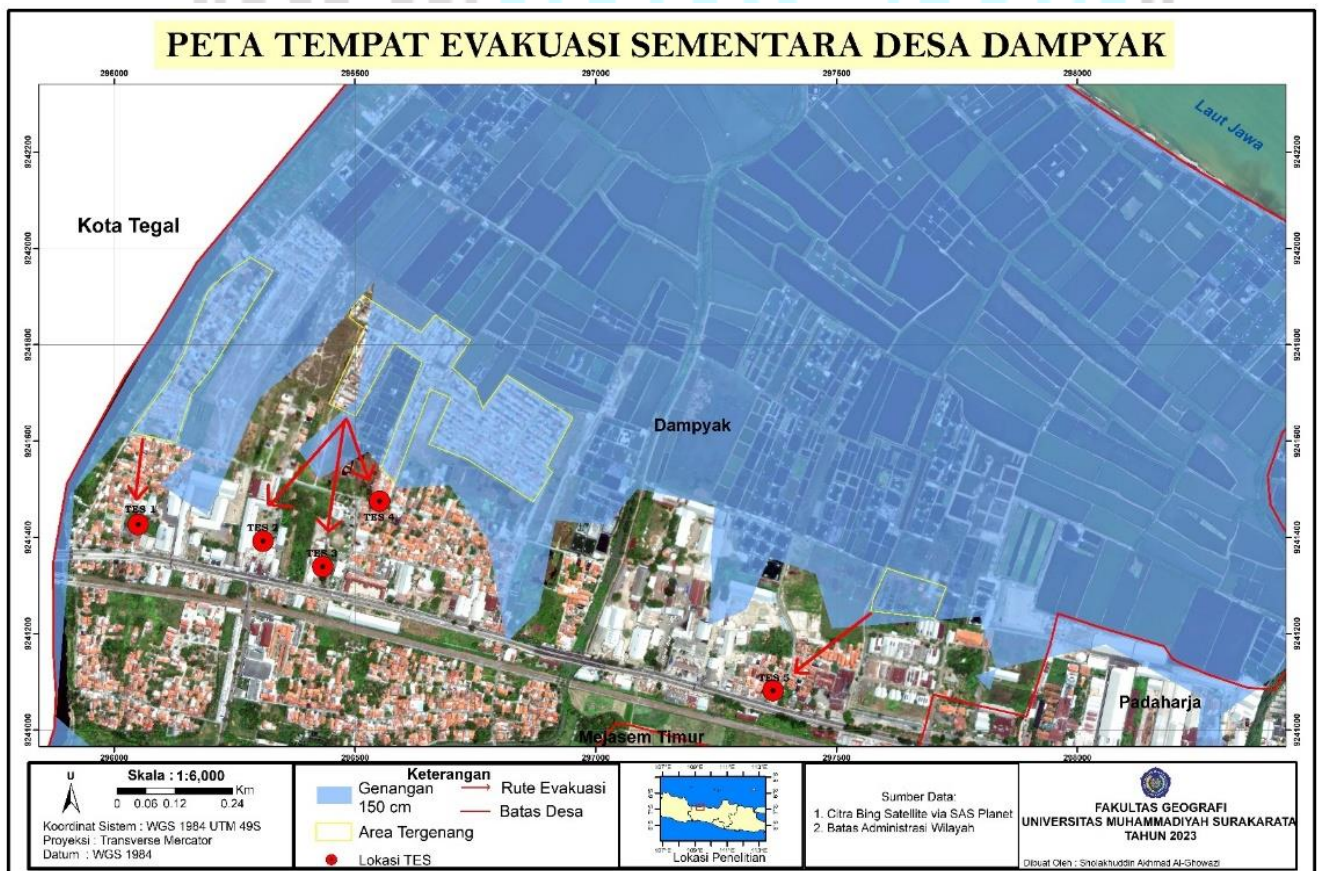
Sumber : Penulis, 2023.

Faktor utamanya adalah ketika skenario kenaikan muka air 100 cm genangan banjir sudah mulai menjangkau tambak yang berada di area tengah desa tersebut, sehingga ketika terjadi kenaikan muka air lagi akan bertambah drastis jangkauannya karena elevasi area tambak cenderung sama. Faktor lainnya yakni ketika genangan sudah memasuki daerah tersebut sudah minim penghalang seperti tanggul tanah yang ditanami pohon bakau.

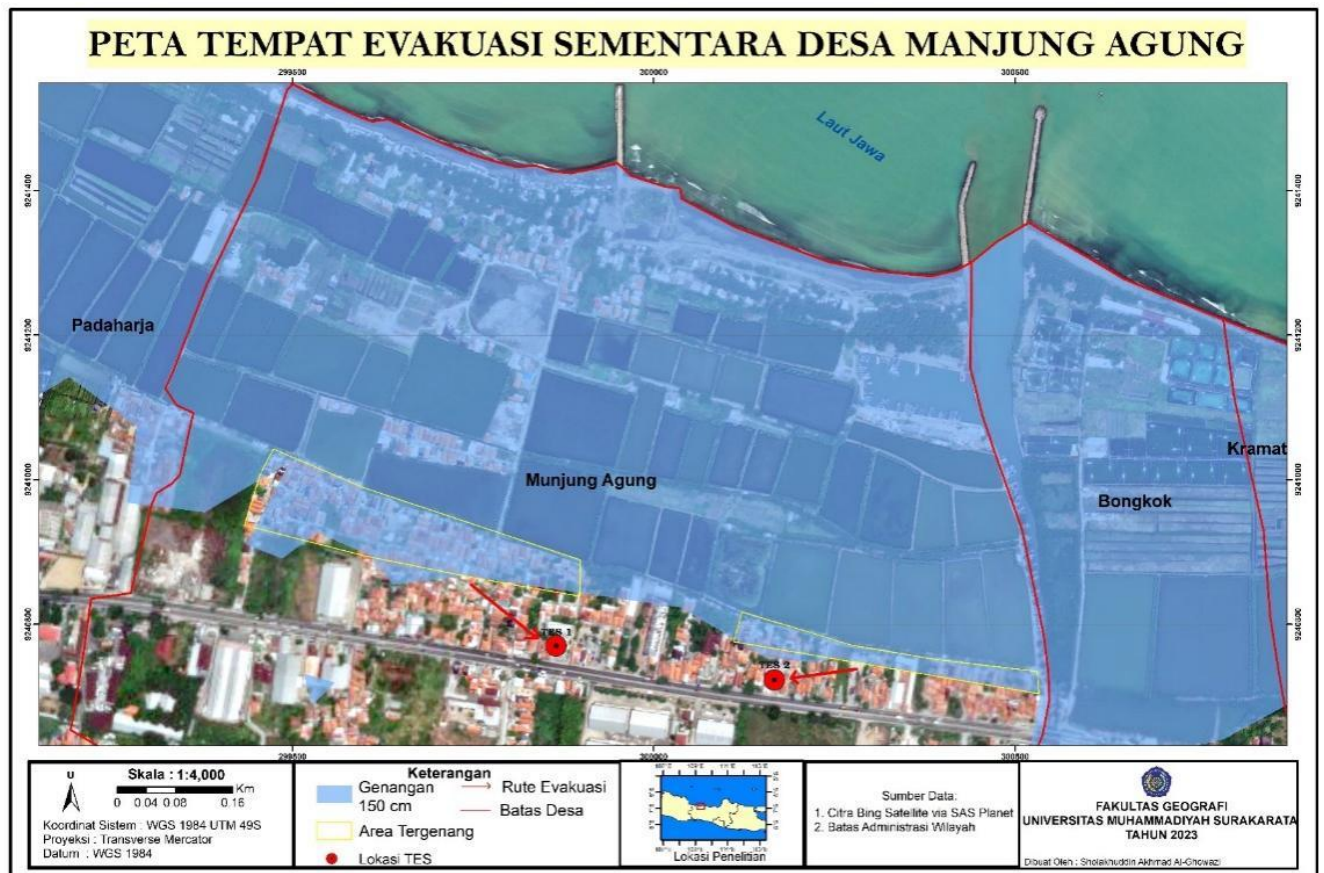
Desa Maribaya justru lebih konsisten penambahan jangkauan genangannya. Hal ini dikarenakan ketika pemodelan skenario 100 cm genangan mulai masuk ke area pemukiman dan bangunan seperti pabrik serta gudang yang terdeteksi elevasinya cenderung beragam. Namun untuk Desa Dampyak tetap saja jarak jangkauan genangan bertambah cukup drastis dikarenakan luapan sungai di bagian barat desa tersebut.

3. 2 Penentuan TES Berdasarkan Hasil Skenario

Penentuan tempat evakuasi sementara (TES) mengacu pada *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) tahun 2008, bahwa lokasi TES harus aman dari bencana, mudah diakses untuk mobilitas masyarakat, merupakan lokasi yang aman serta tidak menimbulkan ancaman bahaya lainnya, dan memadai secara kapasitas serta fasilitasnya. Berdasarkan peta sebaran genangan dari skenario pemodelan genangan, penentuan lokasi TES untuk bencana banjir rob di wilayah pesisir Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal adalah sebagai berikut.



Gambar 7. Peta Lokasi TES Desa Dampyak
Sumber : Penulis, 2023.



Gambar 8. Peta Lokasi TES Desa Manjung Agung.

Sumber : Penulis, 2023.

Terdapat 2 desa yang membutuhkan penentuan TES, yakni Desa Dampyak dan Desa Manjung Agung. Desa Dampyak terdapat 5 lokasi TES, yaitu.

Tabel 4. TES Desa Dampyak

No	Nama	Objek	Luas (Ha)
1	TES 1	Lapangan	0.29
2	TES 2	Halaman Indomaret	0.5
3	TES 3	Masjid An Nur	0.28
4	TES 4	Gedung Serbaguna	0.6
5	TES 5	Masjid Baitul Mu'minin	0.12

Sumber : Penulis, 2023.

Desa Manjung Agung hanya memiliki 2 TES, yakni.

Tabel 5. TES Desa Manjung Agung

No	Nama	Objek	Luas (Ha)
1	TES 1	Masjid Jami' Baiturrokhim	0.18
2	TES 2	Gedung Serbaguna	0.11

Sumber : Penulis, 2023.

Mengacu pada SNI 03-1733 2004, Standar Nasional Indonesia tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan, setidaknya 1 warga membutuhkan 1 m² atau 0,0001 Ha. Acuan tersebut juga dipakai oleh BNPB (2013) pada bukunya yang berjudul “Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (TES)”. Total luas TES yang ada di Desa Dampyak adalah 1,23 Ha atau 12.300 m², yang mampu menampung 12.300 jiwa. Jumlah tersebut sangat memenuhi untuk menampung warga yang rumahnya terdampak genangan banjir rob, yakni sekitar 1.045 warga dari kasus banjir rob terparah tahun 2022. Namun TES sengaja dibuat jauh dari kebutuhan dari kasus terparah karena untuk mempersiapkan kemungkinan meningkatnya kenaikan air, dan dibuat menyebar sesuai dengan petak pemukiman warga karna untuk mempermudah evakuasi serta mobilitas warga jika dibutuhkan untuk kembali ke rumah masing-masing.

TES di Desa Dampyak tersebar di sebelah Utara Jalan Pantura agar warga tidak perlu menyebrang sehingga lebih aman. Selain itu jika TES diletakkan di sebelah Selatan Jalan Pantura kurang aman karena selain jauh juga area terbuka potensial TES bersebalahan dengan rel kereta api. Namun ada beberapa yang perlu dikonfirmasi oleh pemerintah setempat serta instansi terkait untuk pendirian TES karena salah satunya berlokasi di halaman Indomaret. Urgensi pemilihan tempat tersebut yakni pertimbangan akses yang mudah, area yang mencukupi luasannya, dan tidak termasuk wilayah yang tergenang, sedangkan tanah kosong lainnya termasuk wilayah yang tergenang.

Desa Manjung Agung juga TES dibuat serupa, total luas TES adalah 0.29 Ha atau 2.900 m² cukup untuk menampung 2.900 jiwa. Selama ini belum ada kasus kejadian banjir rob yang sampai menggenangi pemukiman di Desa Manjung Agung, namun pada skenario kenaikan muka air 150 cm ada beberapa rumah warga yang tergenang sehingga membutuhkan rencana penentuan TES. Pemukiman di Desa Manjung Agung yang berpotensi tergenang adalah sebelah Utara Jalan Pantura, sedangkan bangunan yang berada di pesisir pantai adalah warung dan tempat warga setempat untuk memantau tambak, bukan menjadi tempat hunian.

Penentuan lokasi TES hanya tersebar di Desa Dampyak dan Manjung Agung karena berdasarkan hasil skenario kenaikan muka air 150 cm pemukiman yang tergenang hanya di desa tersebut. Sedangkan untuk Desa Padaharja, Bongkok, Kramat dan Maribaya objek yang tergenang sebagian besar hanya tambak, objek lain berupa warung serta pabrik yang bukan sebagai tempat hunian. Seperti di Desa Maribaya hingga jangkauan genangan 661,23 meter dari garis pantai, objek yang tergenang hanya pabrik dan tambak sehingga tidak diperlukan TES.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dirumuskan berdasarkan hasil penelitian antara lain.

1. Berdasarkan hasil pemodelan skenario kenaikan muka air 50, 100, dan 150 cm jangkauan genangan meningkat drastis pada skenario 150 cm, karena ketika kenaikan muka air 100 cm genangan memasuki area tambak yang terletak di tengah sehingga ketika air naik lagi jangkauannya meningkat karena elevasi tambak cenderung datar.
2. Desa yang membutuhkan perencanaan lokasi TES hanya Desa Dampyak dan Manjung Agung berdasarkan hasil pemodelan, karena di kenaikan muka air 150 cm pemukiman desa lain tidak tergenang. Kapasitas yang dapat ditampung lokasi TES di Desa Dampyak adalah sekitar 12.300 jiwa dan Desa Manjung Agung 2.900 jiwa.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian antara lain.

1. Pemerintah Kabupaten Tegal perlu membatasi pembuatan tambak di wilayah pesisir agar tidak merusak garis pantai, serta perlu dilakukan mitigasi struktural berupa penanaman bakau atau pembuatan tanggul untuk mencegah jangkauan genangan banjir rob semakin melebar.
2. Perlu adanya kajian lebih lanjut terkait penentuan TES di Kecamatan Kramat, karena banyak tempat yang potensial untuk TES justru tergenang banjir rob, sedangkan area yang aman didominasi dengan pabrik, dok kapal, serta gudang milik perusahaan swasta.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyaksa, F., & Djojmartono, Prijono Nugroho. (2021). Journal of Geospatial Information Science and Engineering. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 4(1), 81–86.
- Amin, C., Sukamdi, S., & Rijanta, R. (2018). Exploring Typology of Residents Staying in Disaster-Prone Areas: A Case Study in Tambak Lorok, Semarang, Indonesia. *Forum Geografi*, 32(1), 24–37. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v32i1.5817>

- Arief, L. N., Purnama, B. S., & Aditya, T. (2012). Pemetaan Risiko Bencana Banjir Rob. *The 1st Conference on Geospatial Information Science and Engineering*, 1–12.
- Bima Nusa, A., Perwira Mulia Tarigan, A., Purwoko, A., & Ardian Saputra, N. (2020). Pemodelan Peta Rawan Banjir Rob Di Belawan. *Jurnal Pembangunan Perkotaan*, 8(1), 2020. <http://ejpp.balitbang.pemkomedan.go.id/index.php/JPP>
- Borrego, A. (2021). *Pemetaan Potensi Ancaman Banjir Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Wilayah Pesisir Kabupaten Situbondo, Jawa Timur* (Vol. 10).
- Deliany Putri, T., & Muhammad, F. (2019). Analisis Kerentanan Sosial Masyarakat dan Adaptasi Perubahan Iklim di Kampung Gemblakan Atas, Kota Yogyakarta Analysis of Social Vulnerability and Climate Change Adaptation in Gemblakan Atas Village, Yogyakarta City. *Proceeding Biology Education Conference 2019*, 16, 256–264.
- Fariz, T. R., & Rokhayati, N. (2020). Konversi DSM Menjadi DTM Menggunakan Filter Berbasis Kelerengan Untuk Pemetaan Banjir Rob di Kecamatan Tirto. *Seminar Nasional Ke-3 Pengelolaan Pesisir Dan DAS, F. Geografi UGM 2017*, 386–397. <https://osf.io/cu84m>
- Handayani, R. T., Kareth, Z. V., & Baru, N. Y. (2023). Penentuan Jalur Evakuasi Tsunami dan Tempat Evakuasi Sementara (TES) di Kawasan Pesisir Distrik Muara Tami Kota Jayapura. 2(2), 90–98. <https://doi.org/10.31957/jfp.v2i2.85>
- Harian, P., Koordinasi, B., & Penanganan, N. (n.d.). *Pengenalan karakteristik bencana dan upaya mitigasinya di indonesia*.
- Iskandar, S. A., Helmi, M., Muslim, M., Widada, S., & Rochaddi, B. (2020). Analisis Geospasial Area Genangan Banjir Rob dan Dampaknya pada Penggunaan Lahan Tahun 2020 – 2025 di Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 271–282. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i3.8668>
- Kasbullah, A. A., & Marfai, M. A. (2014). Pemodelan Spasial Genangan Banjir Rob Dan Penilaian Potensi Kerugian Pada Lahan Pertanian Sawah Padi Studi Kasus Wilayah Pesisir Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah. *Jurnal Geoedukasi*, III(2), 83–91. <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/GeoEdukasi/article/view/562>
- Krisnantara, G., & Marfai, M. A. (2015). Analisis Spasio-Temporal Banjir Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Wilayah Kepesisiran Kabupaten Jepara (Kasus: Kecamatan Kedung, Tahunan, dan Jepara). *Jurnal Bumi Indonesia*, 4(4), 1–10.
- Marfai, M. A., Mardiatno, D., Cahyadi, A., Nucifera, F., & Prihatno, H. (2017). Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Rob Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Dampaknya di Pesisir Pekalongan. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2)(December 2018), 244–256. <https://doi.org/10.31227/osf.io/wzter>
- Multikultur dalam Kearifan Lokal Melalui Perencanaan Wilayah dan Kota, M., Tri Sutomo, S., Barkey, R. A., & Ali, M. (2014). *Isbn. 978-602-73308-1-8 Seminar Nasional Space #3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Banjir/Genangan Di Kota Pantai Dan Implikasinya Terhadap Kawasan Tepian Air*. 141–157.
- Musrifin. (2011). Analisis Pasang Surut Perairan Muara Sungai Mesjid Dumai. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 1(April), 48–55.

- Muwahid, S. W. (2019). *Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil (Fufk) Untuk Analisis*. 10(1).
- Nadialista Kurniawan, R. A. (2021). Pemetaan Banjir Rob Medan Utara Menggunakan Artificial Neural Network Dan Gis Untuk Langkah Mitigasi. *Industry and Higher Education*, 3(1), 1689–1699. <http://journal.unilak.ac.id/index.php/JIEB/article/view/3845%0Ahttp://dspace.uc.ac.id/handle/123456789/1288>
- Nugraha, A. L., & Hania'ah. (2013). Kajian Pemanfaatan Dem Srtm & Google Earth Untuk Parameter Penilaian Potensi Kerugian Ekonomi Akibat Banjir Rob. *Teknik*, 34(3), 202–210.
- Nur, T. B., Rusydi, A. N., & Wicaksono, S. A. (2018). Pengembangan Sistem Informasi Geografis Berbasis Website (WEBGIS) Untuk Simulasi Pemetaan Daerah Genangan Banjir Rob Menggunakan Metode *Neighbourhood Analysis* (Studi Kasus : Pantai Utara Kota Surabaya) 2(11). <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/3458%0Ahttps://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/3458/1359>
- Prayogo, I. P. H., Manoppo, F. J., Lefrandt, L. I. R., & Dasar, P. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP). 10(1).
- Purnawali, H. S. (2018). *Flood vulnerabilty analysis at sidoarjo regency using geographic information system and remote sensing*. 158.
- Rahmanto, M. R., & Susetyo, C. (2018). Pemodelan Spasial Genangan Banjir Akibat Gelombang Pasang di Wilayah Pesisir Kota Mataram. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28908>
- Ramadhan, F., Banowati, E., & Hariyanto. (2019). Pengaruh Rob Terhadap Perubahan Pendapatan Petani Tambak di Kecamatan Tirto Kabupaten Pekalongan. *Geo-Image*, 8(1), 15–21.
- Rizky. (2019). Jurnal Unsil .Id. *Sistem Informasi Geografis (SIG)*.
- Sagita, S. R. I. M. (2016). Sistem Informasi Geografis Bencana Alam Banjir Jakarta Selatan. *Sistem Informasi Geografis Bencana*, 9(4), 366–376. https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/article/view/1148
- Sanjaka, P. ., Widada, S., & Prasetyawan, I. . (2013). Pemodelan Inundasi (Banjir Rob) di Pesisir Kota Semarang Dengan Menggunakan Model Hidrodinamika. *Journal of Oceanography*, 2(3), 353–360.
- Saputra, N. A. (2019). *Pemetaan Zona Rawan Banjir Rob di Wilayah Medan Utara Dengan AHP dan GIS*. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/20195>
- Saputra, N. A., Perwira, A., Tarigan, M., & Nusa, A. B. (2020). Penggunaan Metode AHP dan GIS Untuk Zonasi Daerah Rawan Banjir Rob di Wilayah Medan Utara. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(1), 73–82.
- Sauda, R. H., Inugraha, A. L., & Hani'ah. (2019). Kajian Pemetaan Kerentanan Banjir Rob di Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 466–474.

- Sistem, A., Geografis, I., Dalam, S. I. G., Evakuasi, J., Evakuasi, T., Tes, S., Kapasitasnya, B., & Kota, D. I. (2015). *Analisis sistem informasi geografis (sig) dalam penentuan jalur evakuasi, tempat evakuasi sementara (tes) beserta kapasitasnya di kota pariaman*.
- Sitepu, I., Prasetyo, Y., & Amarrohman, F. J. (2017). Analisis Aspek Morfologi Jalan (Layout Of Streets) Kota Semarang Terhadap Pertumbuhan Tata Ruang Dan Wilayah Menggunakan Metode Digitasi Citra Resolusi Tinggi Dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 21–30. <http://www.jurnaltunasagraria.stpn.ac.id/JTA/article/download/114/109>
- Swandana, D., Perwira, D. A., & Tarigan, M. (2017). Pemodelan Arus Pasang Surut Dan Sedimen Melayang Di Muara Sungai Belawan. *Jurnal Teknik Sipil Usu*, 6(1), 13–21.
- Utami, C. W., Giyarsih, S. R., Marfai, M. A., & Fariz, T. R. (2021). Kerawanan Banjir Rob dan Peran Gender Dalam Adaptasi di Kecamatan Pekalongan Utara. *Jurnal Planologi*, 18(1), 94. <https://doi.org/10.30659/jpsa.v18i1.13588>
- Widagdo, P. B., & Khasanah, R. (2023). *Jurnal Bina Desa EWS (Early Warning System) Sederhana Sebagai Pendeteksi Dini Tanah longsor di Kawasan Desa Kenalan Pendahuluan*. 5(1), 1–8.
- Widiyaningtyas, S., Geografi, P. S., Geografi, F., & Surakarta, U. M. (2022). *Pemodelan banjir rob terhadap risiko sosial di wilayah pesisir kabupaten kendal*.
- Winarno, G. D., Harianto, S. P., & Santoso, R. (2019). Klimatologi Pertanian. In *Pusaka Media*.
- Zuhriah, I. F., Setiadi, B., & Rijal, S. S. (2022). Pemodelan Banjir Rob Wilayah Jakarta Utara Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jambura Geoscience Review*, 4(2), 136–144. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v4i2.14196>