

Mitigasi dan Adaptasi Bencana Banjir Rob di Kelurahan Cappa Galung Kecamatan Bacukiki Barat Kota Parepare

Mitigation and Adaptation of Seawater Intrusion Disasters in Cappa Galung Village, Bacukiki Barat District, Parepare City

Muh. Nur Imam^{1*}, Murshal Manaf², Kamran Aksa²

¹Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Pare-Pare

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Program Pascasarjana, Universitas Bosowa

Email : muhnurimam9042@gmail.com

Diterima: 12 Januari 2025/Disetujui 30 Juni 2025

Abstrak. Bencana banjir rob merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di wilayah pesisir, termasuk di Kelurahan Cappa Galung, Kecamatan Bacukiki Barat, Kota Parepare. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan bencana banjir rob serta merumuskan strategi mitigasi dan adaptasi yang efektif untuk mengurangi dampaknya. Metode yang digunakan meliputi analisis kerentanan berbasis spasial dengan aplikasi ArcGIS dan pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk merumuskan arahan mitigasi dan adaptasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerentanan wilayah dapat diklasifikasikan menjadi rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan luasan dan karakteristik wilayah. Arahan mitigasi meliputi langkah struktural, seperti pembangunan tanggul, penyediaan tempat tambatan kapal bagi nelayan, penguatan dinding penahan air, dan pembangunan zona aman. Langkah non-struktural mencakup penyusunan kebijakan tata ruang berbasis risiko, edukasi masyarakat tentang pentingnya fungsi karang, serta pengembangan sistem peringatan dini. Di sisi adaptasi, strategi yang diusulkan melibatkan pembangunan rumah panggung, penanaman mangrove untuk perlindungan pesisir, dan diversifikasi ekonomi masyarakat melalui pengembangan ekowisata berbasis lingkungan. Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan akademisi menjadi elemen kunci dalam implementasi strategi ini. Sinergi ketiga pihak diharapkan dapat meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap bencana banjir rob secara berkelanjutan serta memberikan kontribusi positif terhadap perencanaan dan pengelolaan kawasan pesisir di masa mendatang. Penelitian ini menjadi referensi bagi pengembangan strategi mitigasi dan adaptasi di wilayah pesisir lainnya yang menghadapi permasalahan serupa.

Kata kunci: Kerentanan, Mitigasi, Adaptasi, Banjir Rob, Pare Pare

Abstract. Tidal flooding poses a significant challenge in coastal areas, including Cappa Galung Village, Bacukiki Barat District, Parepare City. This study aims to assess the vulnerability levels of tidal flooding and develop effective mitigation and adaptation strategies to minimize its impacts. A combination of spatial vulnerability analysis using ArcGIS and the Analytical Hierarchy Process (AHP) was employed to identify critical areas and formulate strategic recommendations. The results reveal that the vulnerability levels in the area can be categorized as low, moderate, and high based on geographic extent and regional characteristics. Mitigation strategies focus on structural measures, including seawall construction, the development of docking facilities for fishermen, reinforcement of retaining walls, and the establishment of safe zones. Non-structural approaches emphasize risk-based spatial planning policies, community education on coral reef conservation, and the implementation of early warning systems. Adaptation strategies include stilt house construction, mangrove restoration for coastal protection, and economic diversification through eco-tourism development. Collaboration among government agencies, local communities, and academic institutions is identified as a key factor in successfully implementing these strategies. This synergy is expected to enhance community resilience against tidal flooding sustainably while contributing to improved planning and management of coastal areas. The findings of this study provide a valuable reference for developing comprehensive mitigation and adaptation frameworks for other coastal regions facing similar challenges.

Keywords: Vulnerability, Mitigation, Adaptation; Tidal Flood, Pare Pare



This Work is licensed under Creative Attribution License 4.0 CC-BY International license

Pendahuluan

Perubahan iklim global telah menyebabkan peningkatan intensitas curah hujan dan kenaikan muka air laut yang signifikan, sehingga memperburuk risiko banjir pasang (rob) di wilayah pesisir (Mohamed, 2023; Toffolo et al., 2022). Kelurahan Cappa Galung, Kota Parepare, mengalami dampak nyata dari fenomena ini, yang diperparah oleh sistem drainase yang belum memadai dan struktur kawasan pesisir yang rentan. Banjir rob terjadi saat pasang tertinggi air laut berpadu dengan gelombang tinggi dan hujan ekstrem, yang secara langsung mengancam keseharian masyarakat dan mata pencaharian nelayan setempat (Setiyono et al., 2023).

Meskipun risiko banjir rob di Parepare berbeda karakteristiknya dibandingkan wilayah aluvial seperti Pantura Utara Jawa—dimana geologi vulkanik di Parepare memberikan sedikit buffer alami—urbanisasi pesat dan topografi landai justru meningkatkan kerentanan lokal. (Muktiali & Setiadi, 2022; Purnomo & Widiyanto, 2023). Fenomena ini mencerminkan kondisi yang serupa dengan pantai-pantai kota berkembang di Asia Tenggara, yang diidentifikasi dalam studi global sebagai titik panas risiko pesisir (Pradana et al., 2023).

Secara informal, masyarakat Cappa Galung telah mempraktekkan adaptasi non-infrastruktur seperti rumah panggung dan peninggian lantai rumah sebagai respons kultural dan lokal terhadap gelombang pasang (Taena, 2023). Sementara itu, strategi adaptif ekonomi seperti diversifikasi pekerjaan dan pengembangan ekowisata pun telah muncul sebagai respon masyarakat terhadap tekanan ekologis (Singh et al., 2021). Namun, upaya ini masih bersifat parsial dan belum sistematis, sehingga tidak cukup menanggulangi frekuensi dan intensitas banjir yang terus meningkat.

Literatur adaptasi bencana menekankan pentingnya intervensi multilapis yang mencakup aspek teknis, sosial, dan kelembagaan (Ghorbani et al., 2023). Untuk itu, penelitian ini menggunakan kerangka kerja risiko bencana yang menitikberatkan pada tiga komponen utama: ancaman fisik, kerentanan masyarakat, dan kapasitas adaptif (Deria et al., 2020). Tingginya kerentanan di Cappa Galung—berupa akses terbatas terhadap informasi, pendidikan bencana, dan infrastruktur—membutuhkan intervensi yang komprehensif dan berkelanjutan.

Mengacu pada pendekatan *nature-based solutions* (NbS), strategi mitigasi banjir rob yang efektif seharusnya mengintegrasikan penguatan alami (seperti restorasi mangrove) dengan pembangunan infrastruktur ramah lingkungan yang adaptif terhadap perubahan iklim (Usmankulovna, 2023). Zona pesisir dengan vegetasi alami terbukti mengurangi dampak gelombang dan suspend air pasang, sekaligus memberikan manfaat sosial ekonomi

melalui peningkatan ekowisata dan kualitas lingkungan (Tang et al., 2019).

Selain pendekatan ekologi, peningkatan kapasitas masyarakat melalui sistem pengawasan banjir partisipatif (*citizen science*) dan kesiapsiagaan lokal juga diperkuat oleh studi terkini (Sharma, 2021). Sistem peringatan dini dan keterlibatan masyarakat dalam pencatatan banjir rob tidak hanya meningkatkan pengawasan berkelanjutan, tetapi juga memperkuat kepercayaan dan tanggung jawab komunitas dalam mitigasi bencana.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengukur tingkat kerentanan banjir rob di Kelurahan Cappa Galung, (2) mengevaluasi respons adaptasi dan mitigasi yang telah ada, dan (3) merumuskan strategi mitigasi-adaptasi yang memadukan infrastruktur hijau-biru, penguatan kelembagaan, dan pemberdayaan lokal. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah Kota Parepare dan daerah pesisir lainnya dalam merancang kebijakan mitigasi dan adaptasi bencana rob yang lebih resilient dan inclusive.

Metode Penelitian

a. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis tingkat kerentanan masyarakat terhadap banjir rob di Kelurahan Cappa Galung. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran objektif dan terukur mengenai kondisi fisik, sosial, dan ekonomi masyarakat dalam menghadapi bencana. Data yang digunakan meliputi intensitas curah hujan, frekuensi kejadian banjir rob, tinggi muka air pasang, kerugian ekonomi, dan dampak sosial yang dialami masyarakat. Data-data ini kemudian dianalisis dengan pendekatan spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap banjir rob. Metode pemetaan spasial sangat berguna dalam mengidentifikasi zona risiko dan mendukung pengambilan keputusan berbasis lokasi (Huang et al., 2022).

Selanjutnya, untuk merumuskan strategi mitigasi dan adaptasi yang efektif, penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP dipilih karena kemampuannya dalam mengurai permasalahan kompleks menjadi struktur hierarki, kemudian menetapkan bobot dan prioritas berdasarkan data kuantitatif dan pertimbangan para ahli. Metode ini sangat relevan dalam konteks pengurangan risiko bencana karena dapat mengintegrasikan berbagai kriteria seperti aspek lingkungan, sosial, ekonomi, dan kebijakan secara sistematis (Ng et al., 2022). Dalam penelitian ini, AHP melibatkan pemangku kepentingan lokal untuk menentukan bobot pada masing-masing kriteria, seperti kondisi fisik lingkungan, kesiapsiagaan masyarakat, dan infrastruktur penanggulangan bencana.

Pendekatan ini juga mendukung transparansi dan akuntabilitas dalam proses pengambilan keputusan karena

memungkinkan validasi terhadap hasil pembobotan melalui consistency ratio. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa AHP efektif dalam mengembangkan strategi adaptasi perubahan iklim dan mitigasi bencana berbasis masyarakat karena mampu mengakomodasi nilai-nilai lokal dalam kerangka keputusan yang terstruktur (Jarillo & Barnett, 2021). Dengan demikian, integrasi pendekatan kuantitatif, analisis spasial, dan AHP dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rekomendasi yang tidak hanya berbasis data, tetapi juga aplikatif dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat pesisir yang rentan.

b. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Cappa Galung, Kecamatan Bacukiki Barat, Kota Parepare, yang merupakan daerah pesisir rentan terhadap banjir rob akibat intensitas curah hujan tinggi dan kenaikan muka air laut. Kelurahan ini memiliki luas 70 hektar dengan topografi rendah dan berbatasan langsung dengan Selat Makassar di bagian barat. Sebagai salah satu dari enam kelurahan di Kecamatan Bacukiki Barat, wilayah ini dipilih karena karakteristik geografisnya yang relevan serta sering terdampak banjir rob. Kota Parepare sendiri memiliki garis pantai sepanjang 13 km, dengan wilayah pesisir yang menjadi pusat dampak banjir rob di bagian barat kota.

c. Sampel Penelitian

Menurut Soehartono (2004), sampel adalah sebagian dari populasi yang diteliti dan dianggap mewakili populasi tersebut. Purposive sampling adalah strategi sampel yang digunakan dalam penelitian ini. *Purposive sampling* menurut Patton (dalam Moleong, 2001) adalah strategi pengambilan sampel yang digunakan sesuai dengan pertimbangan khusus peneliti.

Penelitian ini menggunakan metode purposive sampling untuk memilih sampel yang dianggap representatif, sesuai dengan karakteristik populasi dan relevansi dengan topik penelitian. Sampel melibatkan stakeholder kunci di Kelurahan Cappa Galung, Kecamatan Bacukiki Barat, yang memiliki peran penting dalam mitigasi dan adaptasi banjir rob. Stakeholder tersebut meliputi:

- 1) BPBD Kota Parepare, yang bertanggung jawab atas kebijakan dan koordinasi penanganan bencana.
- 2) Tenaga Ahli di Bidang Kebencanaan, memberikan saran teknis terkait strategi mitigasi dan adaptasi.
- 3) Kelurahan Cappa Galung, memastikan implementasi program mitigasi di tingkat lokal.
- 4) Tokoh Masyarakat, memobilisasi warga dan mendorong partisipasi dalam program mitigasi.
- 5) Warga Lokal Terdampak, memberikan wawasan tentang dampak langsung banjir rob dan langkah adaptasi yang dilakukan.

Pemetaan stakeholder berdasarkan tingkat pengaruh dan kepentingan dilakukan untuk memastikan keterwakilan

yang tepat, menghasilkan gambaran komprehensif mengenai upaya mitigasi dan adaptasi di wilayah penelitian.

d. Fokus Penelitian

Penelitian ini berfokus pada mitigasi dan adaptasi bencana banjir rob di wilayah Kelurahan Cappa Galung. Substansi penelitian mencakup identifikasi tingkat kerentanan masyarakat terhadap banjir rob, termasuk aspek fisik, ekonomi, sosial, dan lingkungan yang terpengaruh. Strategi mitigasi yang diusulkan melibatkan pembangunan infrastruktur tahan bencana dan zonasi risiko banjir, sementara strategi adaptasi mencakup peninggian rumah, perubahan pola pencaharian, dan penyesuaian aktivitas sosial. Tujuan akhirnya adalah merumuskan langkah-langkah yang efektif dan partisipatif untuk mengurangi dampak banjir rob, meningkatkan ketahanan masyarakat, serta mendorong kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat dalam upaya mitigasi dan adaptasi bencana di masa mendatang.

e. Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui tiga teknik utama: observasi, wawancara mendalam, dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap kondisi lingkungan, infrastruktur, serta upaya mitigasi dan adaptasi masyarakat di Kelurahan Cappa Galung. Wawancara mendalam melibatkan informan kunci, seperti pejabat pemerintah daerah, tokoh masyarakat, dan warga terdampak, untuk menggali pengalaman dan langkah-langkah mitigasi yang telah dilakukan. Selain itu, dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data sekunder, termasuk laporan, dokumen kebijakan, peta wilayah, data curah hujan, dan publikasi relevan lainnya. Kombinasi metode ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif mengenai fenomena yang diteliti.

f. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan berbagai teknik analisis data untuk mengukur dan memetakan kerentanan masyarakat terhadap banjir rob di Kelurahan Cappa Galung. Analisis dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu:

- 1) Analisis Kerawanan Bencana Banjir Rob
Analisis ini memanfaatkan model matematis berdasarkan metode Berryman (2006) untuk menghitung kehilangan ketinggian rob per meter jarak inundasi, menggunakan parameter seperti lereng permukaan, kekasaran permukaan, dan ketinggian rob. Data pemodelan dikembangkan dengan perangkat lunak ArcGIS menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*), data lereng, koefisien kekasaran permukaan, serta referensi ketinggian maksimum banjir rob.
- 2) Analisis Kerentanan
Kerentanan dianalisis dari empat aspek utama:

- Sosial: Menggunakan parameter seperti kepadatan penduduk dan kelompok rentan.
- Fisik: Melibatkan rumah, fasilitas umum, dan fasilitas kritis, dihitung berdasarkan nilai ekonomi dan distribusi aset.
- Ekonomi: Menganalisis kontribusi PDRB dan nilai ekonomi lahan produktif.
- Lingkungan: Memanfaatkan data tutupan lahan untuk menilai kerentanan ekosistem seperti hutan lindung dan rawa.

Setiap aspek dianalisis menggunakan metode skoring sesuai dengan panduan Perka BNPB No. 2 Tahun 2012. Pemodelan dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP digunakan untuk mengevaluasi dan memprioritaskan strategi mitigasi dan adaptasi banjir rob. Metode ini menyusun hierarki permasalahan, menilai kriteria melalui perbandingan berpasangan, dan menentukan bobot prioritas dengan menggunakan perangkat lunak Expert Choice. Penilaian dilakukan dengan skala prioritas (1-9) untuk memastikan pengambilan keputusan yang objektif dan komprehensif.

Pendekatan ini menghasilkan peta kerentanan, dan prioritas strategi mitigasi yang mendukung perencanaan kebijakan adaptasi bencana berbasis bukti.

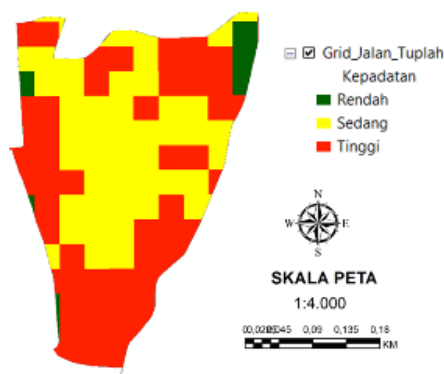
Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Tingkat Kerentanan Bencana Banjir Rob

Hasil penelitian menunjukkan variasi tingkat kerawanan dan kerentanan banjir rob di Kelurahan Cappa Galung. Wilayah pesisir barat memiliki tingkat kerawanan tinggi (10,46 ha), terutama di RW 1 dan RW 3. Tingkat kerawanan sedang mencakup 20,49 ha, tersebar di zona transisi antara pesisir dan permukiman, sementara wilayah dengan kerawanan rendah (23,17 ha) berada di area permukiman yang lebih jauh dari pantai.

1) Kerentanan Sosial

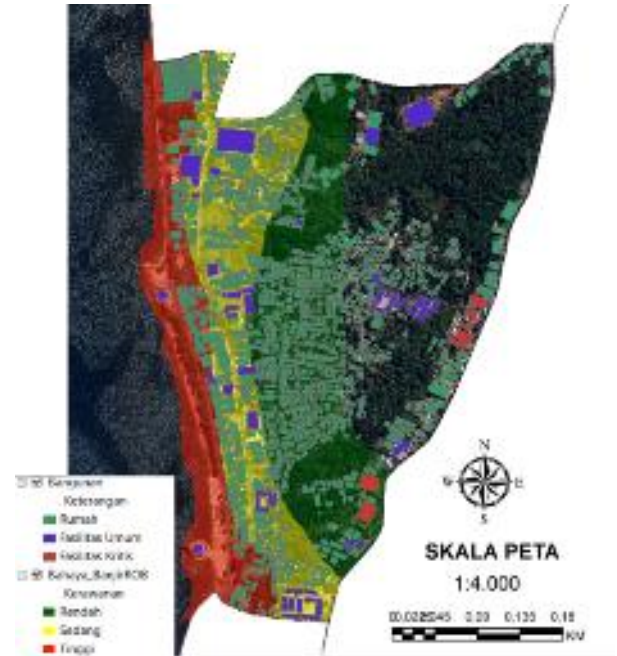
Kerentanan sosial diukur berdasarkan kepadatan penduduk, dengan populasi rata-rata 10.637 jiwa/km². RW 1 memiliki populasi terdampak tertinggi (1.851 jiwa), sementara total penduduk terdampak di seluruh kelurahan mencapai 6.144 jiwa, dengan distribusi pada kategori rendah (2.807 jiwa), sedang (1.827 jiwa), dan tinggi (1.510 jiwa).



Gambar 1. Peta Kerentanan Sosial

2) Kerentanan Fisik

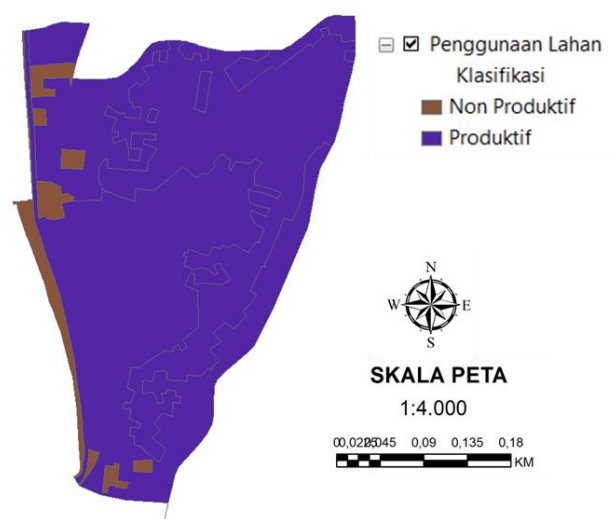
Kerugian fisik total diperkirakan mencapai Rp15,36 miliar, terutama pada kategori rendah (Rp8,09 miliar) dan sedang (Rp6,25 miliar). RW 3 mencatat kerugian tertinggi sebesar Rp5,39 miliar, diikuti RW 1 (Rp3,6 miliar). Fasilitas kritis yang terdampak termasuk Kantor Kelurahan Cappa Galung dan instansi lainnya di RW 4 dan RW 5.



Gambar 2. Peta Kerentanan Fisik

3) Kerentanan Ekonomi

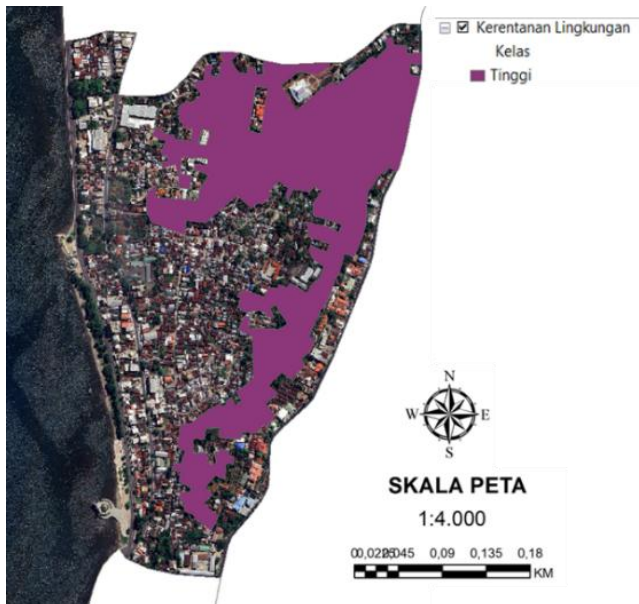
Potensi kerugian ekonomi akibat kerusakan lahan produktif mencapai Rp1,45 miliar, dengan kerugian terbesar pada kategori kerawanan tinggi (Rp1,05 miliar). RW 1, RW 3, dan RW 4 memiliki kontribusi kerugian masing-masing Rp400 juta.



Gambar 3. Peta Kerentanan Ekonomi

4) Kerentanan Lingkungan

Kerusakan lingkungan tercatat sebesar 0,71 ha, hanya terjadi di RW 4, didominasi oleh lahan tegalan yang terdampak genangan air.



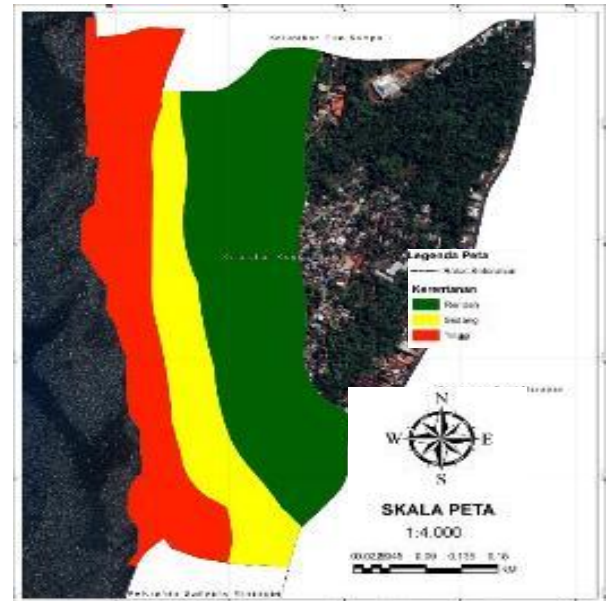
Gambar 4. Peta Kerentanan Lingkungan

5) Hasil Overlay Kerentanan

Hasil overlay analisis pemetaan tingkat kerentanan menggunakan ArcGIS menunjukkan bahwa wilayah Kelurahan Cappa Galung terbagi menjadi tiga tingkatan kerentanan:

- Kerentanan rendah mencakup area seluas $\pm 28,38$ ha, yang didominasi oleh permukiman dengan risiko rendah terhadap banjir rob.
- Kerentanan sedang seluas $\pm 12,61$ ha, berada di zona transisi dengan risiko moderat karena kedekatannya dengan daerah berisiko tinggi.
- Kerentanan tinggi meliputi ± 19 ha, umumnya di wasan pesisir yang rentan terhadap dampak langsung banjir rob dan abrasi.

RW 1 dan RW 3 memiliki tingkat kerentanan tinggi yang signifikan, masing-masing dengan luas 6,01 ha dan 2,95 ha, sementara RW 4 dan RW 5 didominasi oleh kerentanan sedang. Total luas wilayah dengan risiko tertinggi menunjukkan pentingnya prioritas mitigasi pada zona pesisir.

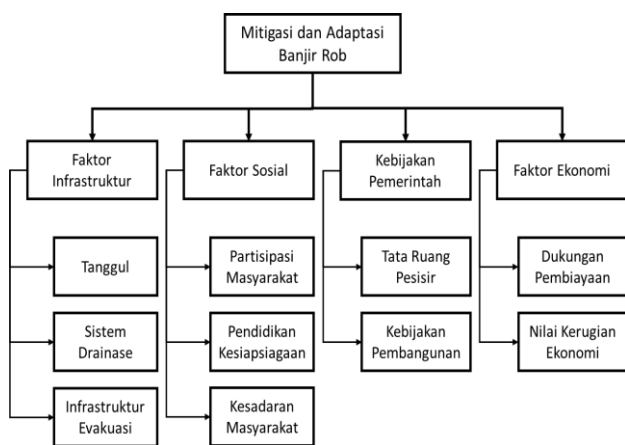


Gambar 5. Peta Tingkat Kerentanan

b. Analisis Penentuan Arah Mitigasi dan Adaptasi

1) Struktur Hirarki AHP

Struktur hierarki AHP digunakan untuk merumuskan strategi mitigasi dan adaptasi banjir rob di Kelurahan Cappa Galung. Pada tingkat pertama, tujuan utamanya adalah mengurangi dampak banjir rob sekaligus meningkatkan kemampuan adaptasi masyarakat. Untuk mencapai tujuan tersebut, analisis dilakukan berdasarkan empat kriteria utama: faktor infrastruktur, sosial, kebijakan pemerintah, dan ekonomi. Faktor infrastruktur mencakup alternatif seperti pembangunan tanggul, sistem drainase, dan infrastruktur evakuasi, yang bertujuan untuk mengurangi risiko banjir secara fisik. Faktor sosial melibatkan partisipasi masyarakat, pendidikan kesiapsiagaan, dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap ancaman bencana. Kebijakan pemerintah mencakup pengelolaan tata ruang pesisir dan kebijakan pembangunan yang mendukung pembangunan berkelanjutan di wilayah pesisir. Sementara itu, faktor ekonomi menilai dukungan pembiayaan dan dampak kerugian ekonomi akibat banjir rob. Melalui pendekatan ini, setiap kriteria dan alternatif dievaluasi secara sistematis untuk memberikan bobot prioritas yang mendukung pengambilan keputusan.



Gambar 6. Struktur Hirarki AHP

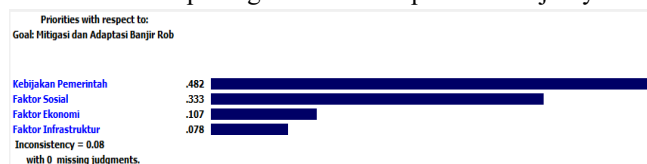
2) Hasil Analisis Antar Kriteria

AHP dapat dikerjakan dengan menggunakan bantuan software Expert Choice. Expert Choice merupakan salah satu software yang secara luas digunakan dalam menganalisis pembobotan Analytic Hierarchy Process (AHP).

	Faktor Infr	Faktor Sos	Kebijakan	Faktor Eko
Faktor Infrastruktur		5.70588	7.56006	1.20112
Faktor Sosial			2.06262	3.65019
Kebijakan Pemerintah				2.56947
Faktor Ekonomi	Incon: 0.08			

Gambar 7. Pairwise Comparison Antar Kriteria

Pada Gambar 7. diatas merupakan hasil penilaian berpasangan gabungan dari 5 responden dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil perhitungan rata-rata geometrik, dan nilai CR nya = 0,08 lebih kecil dari 0,1 maka data konsisten dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya.



Gambar 8. Hasil Sintesi Antar Kriteria

Dari Gambar 8. diatas dapat disimpulkan bahwa kriteria kebijakan pemerintah paling berpengaruh dan paling dipertimbangkan dalam pemilihan mitigasi dan adaptasi banjir rob, karena memiliki bobot prioritas yang paling tinggi, yaitu sebesar 0.482 atau sekitar 48.2%, kedua adalah kriteria faktor sosial dengan bobot prioritas 0.333 atau sekitar 33.3%, ketiga adalah kriteria faktor ekonomi dengan bobot prioritas 0.107 atau sekitar 10.7% dan yang terakhir adalah faktor infrastruktur, yaitu dengan bobot prioritas 0.078 atau sekitar 7.8%.

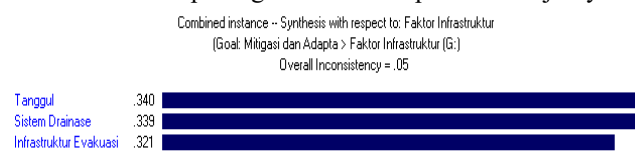
3) Hasil Analisis Antar Alternatif

Setelah melakukan perbandingan pada kriteria, langkah selanjutnya adalah melanjutkan ke perbandingan di level 2, yaitu perbandingan antar alternatif.

	Tanggul	Sistem Dra	Infrastrukt
Tanggul		1.24573	1.31951
Sistem Drainase			1.18466
Infrastruktur Evakuasi	Incon: 0.05		

Gambar 9. Pairwise Comparison Antar Alternatif Faktor Infrastruktur

Pada Gambar 9. diatas merupakan hasil penilaian berpasangan gabungan dari 5 responden dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil perhitungan rata-rat geometrik, dan nilai CR nya = 0,05 lebih kecil dari 0,1 maka data konsisten dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya.



Gambar 10. Hasil Sintesis Alternatif Faktor Infrastruktur

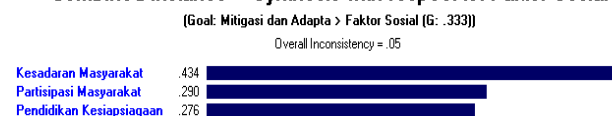
Dari gambar 2 diatas dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas faktor infrastruktur pada tanggul lebih tinggi, yaitu dengan nilai sebesar 0.340 atau sekitar 34%. Yang kedua adalah bobot prioritas faktor infrastruktur pada sistem drainase, yaitu dengan nilai sebesar 0.339 atau sekitar 33.9%. Dan yang terakhir adalah bobot prioritas faktor infrastruktur pada infrastruktur evakuasi, yaitu dengan nilai sebesar 0.321 atau sekitar 32.1%.

	Partisipasi	Pendidikan	Kesadaran
Partisipasi Masyarakat		1.31951	1.88818
Pendidikan Kesiapsiagaan			1.24573
Kesadaran Masyarakat	Incon: 0.05		

Gambar 11. Pairwise Comparison Antar Alternatif Faktor Sosial

Pada Gambar 11. diatas merupakan hasil penilaian berpasangan gabungan dari 5 responden dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil perhitungan rata-rata geometrik, dan nilai CR nya = 0,05 lebih kecil dari 0,1 maka data konsisten dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

Combined instance – Synthesis with respect to: Faktor Sosial



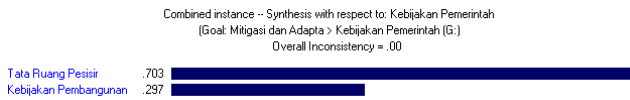
Gambar 12. Hasil Sintesis Alternatif Faktor Sosial

Dari Gambar 12. diatas dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas faktor sosial pada kesadaran masyarakat lebih tinggi, yaitu dengan nilai sebesar 0.434 atau sekitar 43.4%. Yang kedua adalah bobot prioritas faktor sosial pada partisipasi masyarakat, yaitu dengan nilai sebesar 0.290 atau sekitar 29%. Dan yang terakhir adalah bobot prioritas faktor sosial pada pendidikan kesiapsiagaan, yaitu dengan nilai sebesar 0.276 atau sekitar 27.6%.

	Tata Ruang	Kebijakan
Tata Ruang Pesisir		2.37144
Kebijakan Pembangunan	Incon: 0.00	

Gambar 13. Pairwise Comparison Antar Alternatif Kebijakan Pemerintah

Pada Gambar 13. diatas merupakan hasil penilaian berpasangan gabungan dari 5 responden dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil perhitungan rata-rat geometrik, dan nilai CR nya = 0,00 lebih kecil dari 0,1 maka data konsisten dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya.



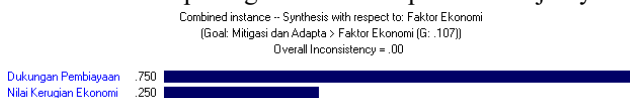
Gambar 14. Hasil Sintesis Alternatif Kebijakan Pemerintah

Dari Gambar 14. diatas dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas kebijakan pemerintah pada tata ruang pesisir lebih tinggi, yaitu dengan nilai sebesar 0.703 atau sekitar 70.3%. Dan yang terakhir adalah bobot prioritas kebijakan pemerintah pada kebijakan pembangunan, yaitu dengan nilai sebesar 0.297 atau sekitar 29.7%.

	Dukungan	Nilai Kerug
Dukungan Pembiayaan		3.00492
Nilai Kerugian Ekonomi	Incon: 0.00	

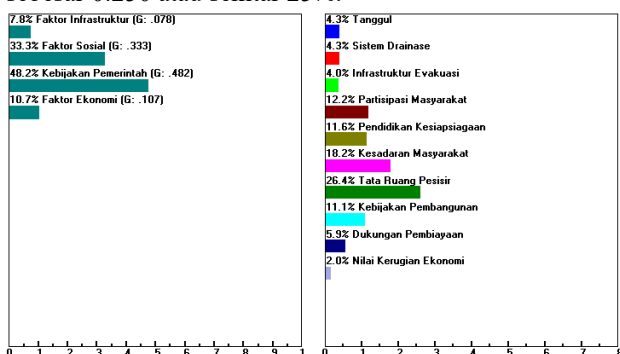
Gambar 15. Pairwise Comparison Antar Alternatif Faktor Ekonomi

Pada Gambar 15. diatas merupakan hasil penilaian berpasangan gabungan dari 5 responden dimana nilai tersebut diperoleh dari hasil perhitungan rata-rata geometrik, dan nilai CR nya = 0,00 lebih kecil dari 0,1 maka data konsisten dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya.



Gambar 16. Hasil Sintesis Alternatif Faktor Ekonomi

Dari Gambar 16. diatas dapat disimpulkan bahwa bobot prioritas faktor ekonomi pada dukungan pembiayaan lebih tinggi, yaitu dengan nilai sebesar 0.750 atau sekitar 75%. Dan yang terakhir adalah bobot prioritas faktor ekonomi pada nilai kerugian ekonomi, yaitu dengan nilai sebesar 0.250 atau sekitar 25%.



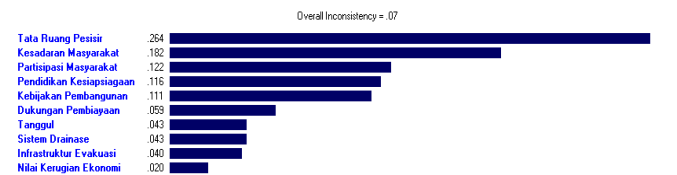
Gambar 17. Sensitivity Graph Dynamic

Gambar 17. *Sensitivity Graph Dynamic* diatas merupakan grafik yang menampilkan hubungan masing-masing alternatif dan kriteria. Diagram ini menunjukan bahwa kebijakan pemerintah paling berperan penting dalam menentukan mitigasi dan adaptasi bencana banjir rob yang akan digunakan, yaitu sebanyak 48.2%. Sedangkan Tata Ruang Pesisir adalah strategi yang paling diminati oleh para responden, yaitu sebesar 26.4%.

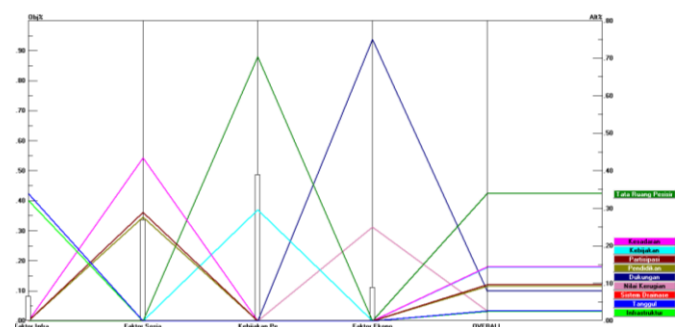
Pada gambar diatas, jika diambil tiga ranking tertinggi maka alternatif tata ruang pesisir mendapatkan bobot

tertinggi, sedangkan ranking kedua adalah alternatif kesadaran masyarakat dan dapat dimengerti selanjutnya ranking ketiga adalah alternatif partisipasi masyarakat terhadap strategi mitigasi dan adaptasi bencana banjir rob. Alternatif dengan bobot tertinggi sebagai dasar penentuan pembuat keputusan.

Combined instance -- Synthesis with respect to: Goal: Mitigasi dan Adaptasi Banjir Rob



Gambar 18. Bobot Alternatif



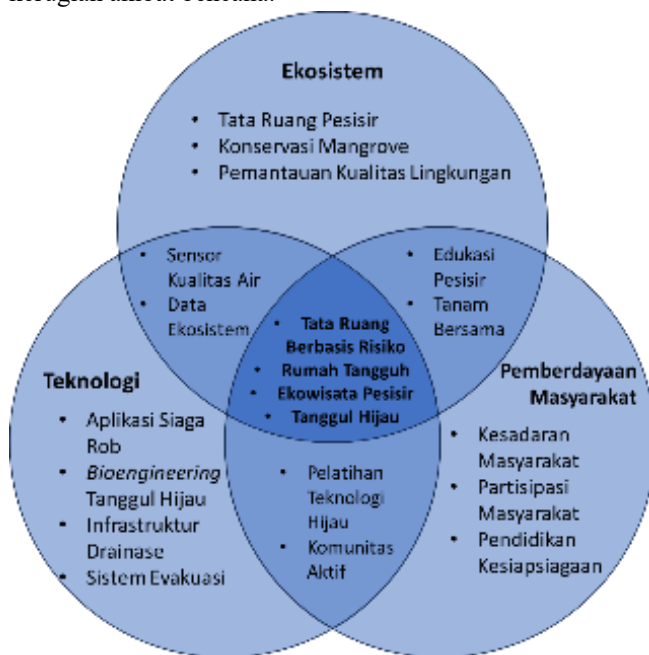
Gambar 19. Sensitivity Graph Performance

Sistem penunjang keputusan dengan metode AHP dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dalam Analisa Strategi Mitigasi dan Adaptasi Bencana Banjir Rob dengan memberikan kriteria dan alternatif. Strategi Mitigasi dan Adaptasi yang lebih unggul pada penelitian ini dari faktor kebijakan pemerintah yaitu Tata Ruang Pesisir dengan bobot prioritas global tertinggi sebesar 0.264 atau sekitar 26.4%. Faktor sosial juga menjadi faktor prioritas dalam strategi mitigasi dan adaptasi bencana banjir rob dengan bobot prioritas 0.333 atau sekitar 33.3%. Pada pengolahan data menggunakan Expert Choice diperoleh derajat inkonsistensi keseluruhan sebesar 0,07 yang berarti tingkat kesalahan dalam pengambilan keputusan pemilihan strategi mitigasi dan adaptasi bencana banjir rob tergolong rendah yaitu $CR < 0,1$.

c. Perumusan Arahan Mitigasi dan Adaptasi

Pengembangan kawasan rentan banjir rob di Kelurahan Cappa Galung, Kecamatan Bacukiki Barat, Kota Parepare, memerlukan pendekatan yang komprehensif untuk mengurangi dampak bencana dan meningkatkan ketahanan masyarakat. Strategi mitigasi dan adaptasi yang diusulkan berbasis pada hasil analisis kerentanan dan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dengan mempertimbangkan aspek fisik, sosial, ekonomi, lingkungan, dan kebijakan tata ruang. Pendekatan ini mengacu pada Pasal 1 Ayat 6 PP No. 21 Tahun 2008 tentang Penanggulangan Bencana, yang menekankan pentingnya

upaya mitigasi dan adaptasi untuk mengurangi risiko dan kerugian akibat bencana.



Gambar 20. Konsep Mitigasi dan Adaptasi Bencana Banjir Rob

1) Strategi Mitigasi

Mitigasi bencana di Kelurahan Cappa Galung mencakup langkah-langkah struktural dan non-struktural yang saling melengkapi untuk meminimalkan dampak banjir rob.

a) Pendekatan Struktural

Pendekatan struktural berfokus pada penguatan infrastruktur untuk melindungi kawasan rentan banjir. Beberapa usulan meliputi:

- **Pembangunan Tanggul Terpadu**
Tanggul dilengkapi dengan pompa air otomatis untuk mempercepat aliran air saat terjadi banjir rob. Pembangunan tanggul ini juga dirancang menggunakan material ramah lingkungan seperti bioengineering untuk meningkatkan keberlanjutan.
- **Peningkatan Sistem Drainase**
Saluran drainase utama dan sekunder perlu diperluas dan ditingkatkan kapasitasnya untuk mengalirkan air dengan lebih efektif. Penempatan drainase di titik-titik strategis bertujuan untuk mengurangi genangan yang sering terjadi saat curah hujan tinggi dan pasang laut bersamaan.
- **Penghijauan dengan Penanaman Mangrove**
Penanaman mangrove di sepanjang garis pantai menjadi langkah penting dalam meredam gelombang pasang dan mencegah abrasi. Mangrove juga berfungsi sebagai habitat alami yang mendukung keseimbangan ekosistem pesisir.
- **Penguatan Infrastruktur Evakuasi**
Penyediaan jalur evakuasi yang jelas, aman, dan terintegrasi dengan fasilitas umum seperti tempat

penampungan darurat perlu dioptimalkan untuk meningkatkan kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana.

b) Pendekatan Non-Struktural

Pendekatan non-struktural menitikberatkan pada penguatan kapasitas masyarakat dan kebijakan pemerintah. Langkah-langkah ini mencakup:

- **Edukasi dan Pelatihan Masyarakat**
Program edukasi tentang kesiapsiagaan bencana, pengelolaan lingkungan, dan simulasi bencana secara rutin dapat meningkatkan kesadaran masyarakat. Pelatihan mitigasi berbasis komunitas memungkinkan masyarakat untuk memahami dan merespons ancaman banjir rob dengan lebih baik.
- **Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Teknologi**
Sistem peringatan dini banjir rob berbasis aplikasi *real-time* yang mudah diakses masyarakat dapat membantu meningkatkan kesiapan lokal. Sistem ini juga dapat mengintegrasikan data meteorologi dan prediksi pasang surut untuk memberikan informasi yang akurat.
- **Pembentukan Kelompok Siaga Bencana di Tingkat RW**
Kelompok ini bertugas untuk mengoordinasikan respons masyarakat terhadap bencana, termasuk penyelamatan darurat dan distribusi bantuan. Pelibatan masyarakat melalui kelompok siaga bencana dapat meningkatkan koordinasi dan tanggap darurat secara lokal.
- **Tata Ruang Pesisir Berbasis Mitigasi**
Kebijakan tata ruang yang mengatur penetapan zona aman untuk permukiman dan larangan pembangunan di area risiko tinggi menjadi langkah penting. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan dampak bencana pada wilayah-wilayah yang paling rentan.

2) Strategi Adaptasi

Adaptasi bencana di Kelurahan Cappa Galung diarahkan pada peningkatan ketahanan masyarakat terhadap dampak banjir rob, yang dilakukan melalui berbagai pendekatan fisik, lingkungan, sosial, dan ekonomi.

a) Pendekatan Fisik

- **Pembangunan Rumah Panggung**
Rumah panggung menjadi solusi untuk mengurangi kerusakan akibat genangan air. Desain rumah ini juga memungkinkan masyarakat tetap beraktivitas selama bencana terjadi.
- **Penyediaan Tambatan Kapal yang Aman**
Bagi masyarakat pesisir yang bekerja sebagai nelayan, tambatan kapal yang aman dapat melindungi aset utama mereka dari kerusakan akibat gelombang pasang.

b) Pendekatan Lingkungan

- Penanaman Mangrove dan Pelestarian Karang
Mangrove berfungsi sebagai pelindung alami dari gelombang pasang dan abrasi, sementara karang membantu memecah gelombang sebelum mencapai daratan. Langkah ini tidak hanya mengurangi risiko bencana tetapi juga memperbaiki kualitas ekosistem pesisir.
- Edukasi Ekosistem
Masyarakat diberi pemahaman tentang pentingnya menjaga ekosistem lokal, seperti mengelola sampah dengan baik untuk mencegah tersumbatnya saluran air dan menjaga keberlanjutan ekosistem laut.

c) Pendekatan Sosial

- Penguatan Kapasitas Masyarakat
Melalui pembentukan kelompok siaga bencana di setiap RW, masyarakat dapat berkoordinasi lebih baik dalam menghadapi bencana. Edukasi berkelanjutan juga dilakukan untuk meningkatkan kesadaran kolektif tentang pentingnya mitigasi dan adaptasi.
- Peningkatan Kesadaran Kolektif
Kampanye rutin dan simulasi bencana dapat membantu masyarakat memahami risiko banjir rob serta cara menghadapinya secara mandiri.

d) Pendekatan Ekonomi

- Diversifikasi Mata Pencarian
Pengembangan ekowisata berbasis mangrove menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan perekonomian masyarakat pesisir sekaligus melestarikan lingkungan. Hal ini juga membantu mengurangi ketergantungan masyarakat pada sektor perikanan yang rentan terhadap bencana.
- Bantuan Keuangan dan Pemulihan Aset
Program bantuan keuangan untuk memperbaiki aset rumah tangga dan kapal nelayan yang terdampak menjadi bagian penting dalam adaptasi ekonomi. Hal ini dapat membantu masyarakat pulih lebih cepat setelah bencana terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi strategi mitigasi dan adaptasi berbasis teknologi, ekosistem, dan pemberdayaan masyarakat menjadi pendekatan yang efektif untuk meningkatkan ketahanan kawasan pesisir terhadap

banjir rob di Kelurahan Cappa Galung. Penerapan teknologi seperti sistem peringatan dini, pemetaan risiko berbasis GIS, serta peningkatan sistem drainase dapat mempercepat respons terhadap ancaman banjir. Beberapa studi, menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam sistem peringatan dini dapat secara signifikan mengurangi dampak bencana di kawasan pesisir yang rentan (Dienemann, 2022; Rajendran & Shankaran, 2021).

Selain itu, pendekatan berbasis ekosistem seperti rehabilitasi mangrove, pengelolaan daerah tangkapan air, dan penguatan sabuk hijau pesisir juga terbukti mampu mereduksi intensitas limpasan dan menahan intrusi air laut. Menurut beberapa penelitian, ekosistem pesisir yang sehat berfungsi sebagai natural buffer dalam mengurangi dampak banjir rob dan menjadi bagian penting dari strategi adaptasi jangka panjang terhadap perubahan iklim (Wedding et al., 2022; Cunha et al., 2021). Di Cappa Galung, upaya pelestarian lingkungan ini perlu diintegrasikan dalam kebijakan tata ruang yang adaptif agar pembangunan tidak memperburuk kerentanan masyarakat terhadap bencana.

Yang tidak kalah penting adalah penguatan kapasitas sosial masyarakat melalui pelatihan kesiapsiagaan, simulasi evakuasi, serta keterlibatan dalam proses perencanaan mitigasi. Pemberdayaan ini dapat menciptakan komunitas yang lebih tangguh dan proaktif dalam menghadapi ancaman banjir rob. Seperti disampaikan oleh beberapa peneliti, keberhasilan adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim sangat bergantung pada kapasitas kelembagaan dan keterlibatan masyarakat lokal dalam pengambilan keputusan (Rudd, 2022; Williams et al., 2020). Dengan demikian, strategi mitigasi dan adaptasi yang diterapkan tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga transformatif dan berkelanjutan.

Implementasi strategi ini secara sinergis berpotensi mengurangi risiko banjir rob baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Hal ini sejalan dengan agenda global untuk pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada Tujuan 11 (Kota dan Pemukiman yang Berkelanjutan) dan Tujuan 13 (Penanganan Perubahan Iklim). Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam menyusun kebijakan daerah yang lebih inklusif dan berbasis bukti untuk mengatasi tantangan lingkungan di masa depan.

Tabel 1. Arahan Mitigasi dan Adaptasi Pada Kawasan Rentan Bencana Banjir Rob

No	Kelas Kerentanan	Arahan Pengembangan	
		Mitigasi	Adaptasi
1	Rendah (Aman) - RW 5	<ul style="list-style-type: none"> • Zonasi kawasan aman untuk permukiman tahan banjir. • Penghijauan dengan penanaman vegetasi pesisir dan ruang terbuka hijau (RTH) minimal 20% dari luas wilayah. • Perawatan sistem drainase dengan pelebaran minimal 1 meter dan kedalaman 1,5 meter. 	<ul style="list-style-type: none"> • Edukasi masyarakat tentang bahaya banjir rob dan langkah-langkah kesiapsiagaan. • Pelaksanaan sosialisasi mitigasi banjir secara berkala. • Simulasi kesiapsiagaan bencana minimal 2 kali setahun.

No	Kelas Kerentanan	Arahan Pengembangan	
		Mitigasi	Adaptasi
2	Sedang (Waspada) - RW 2 - RW 4	<ul style="list-style-type: none">• Penguatan infrastruktur drainase dan sistem pengendalian banjir.• Zonasi pembangunan untuk membatasi area permukiman di zona rawan.• Peningkatan kapasitas tanggul atau kombinasi dengan <i>bioengineering</i> seperti tanggul hijau.	<ul style="list-style-type: none">• Pelatihan kesiapsiagaan bencana bagi masyarakat.• Penerapan teknologi sederhana seperti rumah panggung dengan ketinggian lantai minimal 1 meter.• Pembentukan kelompok siaga bencana tingkat RW.
3	Tinggi (Siaga) - RW 1 - RW 3	<ul style="list-style-type: none">• Integrasi kebijakan tata ruang berbasis risiko untuk menghindari pembangunan di zona berisiko tinggi.• Pembangunan tanggul beton dengan tinggi minimal 2 meter di sepanjang garis pantai.• Konservasi pesisir dengan ekosistem mangrove untuk mengurangi abrasi dan dampak banjir rob.	<ul style="list-style-type: none">• Relokasi permukiman dari zona risiko tinggi ke lokasi yang lebih aman.• Pengembangan ekowisata pesisir berbasis mangrove sebagai alternatif ekonomi masyarakat terdampak.• Pemberdayaan masyarakat dalam rehabilitasi ekosistem pesisir.

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Strategi pengembangan wilayah berdasarkan kelas kerentanan banjir di suatu kawasan terbagi ke dalam tiga kategori, yaitu rendah (aman), sedang (waspada), dan tinggi (siaga), dengan pendekatan mitigasi dan adaptasi yang disesuaikan dengan tingkat kerawanan. Untuk kawasan dengan tingkat kerentanan rendah atau aman, seperti RW 5, pengembangan diarahkan pada upaya pelestarian dan penguatan kapasitas kawasan agar tetap aman. Mitigasi dilakukan melalui penetapan zonasi kawasan sebagai permukiman tahan banjir, pelaksanaan penghijauan dengan vegetasi pesisir serta ruang terbuka hijau minimal 20% dari luas wilayah, dan perawatan sistem drainase dengan pelebaran minimal 1 meter dan kedalaman 1,5 meter. Adaptasi dilaksanakan melalui edukasi masyarakat tentang bahaya banjir rob dan kesiapsiagaan, sosialisasi mitigasi banjir secara berkala, serta penyelenggaraan simulasi bencana setidaknya dua kali dalam setahun guna meningkatkan kesadaran kolektif terhadap risiko.

Sementara itu, untuk kawasan dengan tingkat kerentanan sedang atau waspada seperti RW 2 dan RW 4, langkah mitigasi lebih difokuskan pada penguatan infrastruktur, seperti perbaikan sistem drainase dan pengendalian banjir, serta zonasi pembangunan untuk membatasi ekspansi permukiman di area rawan. Pendekatan inovatif seperti tanggul hijau melalui kombinasi rekayasa teknik dan vegetasi juga dianjurkan. Adaptasi dilakukan dengan pelatihan kesiapsiagaan bagi masyarakat, penerapan teknologi sederhana seperti pembangunan rumah panggung dengan ketinggian lantai minimal satu meter, serta pembentukan kelompok siaga bencana di tingkat RW untuk mempercepat respons lokal saat terjadi bencana.

Pada tingkat kerentanan tinggi atau siaga, seperti di RW 1 dan RW 3, pendekatan mitigasi dilakukan secara struktural dan berbasis kebijakan. Hal ini meliputi integrasi kebijakan tata ruang berbasis risiko untuk mencegah pembangunan di zona sangat rawan, pembangunan tanggul beton setinggi minimal dua meter di sepanjang garis pantai, serta konservasi pesisir melalui ekosistem mangrove guna menahan abrasi dan banjir rob. Adaptasi diarahkan pada relokasi penduduk dari zona berisiko tinggi ke wilayah yang lebih aman, disertai dengan pengembangan ekowisata

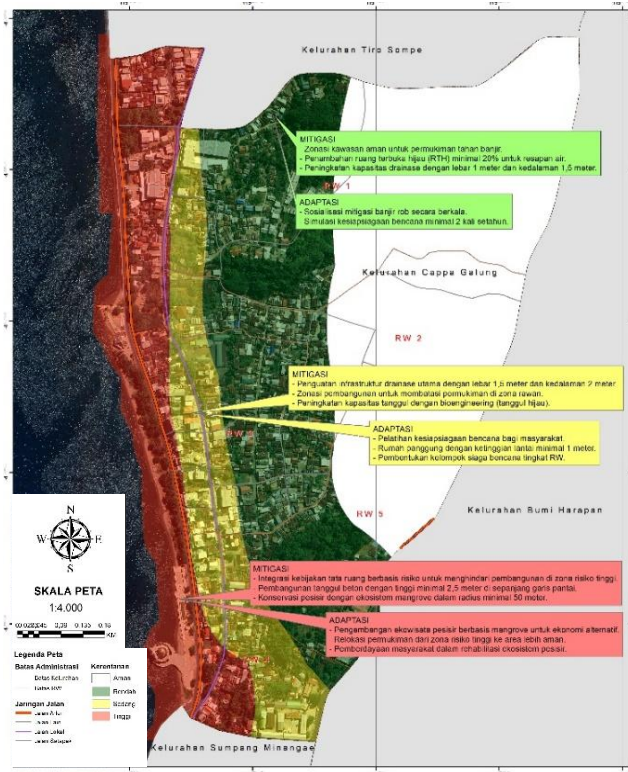
pesisir berbasis mangrove sebagai alternatif ekonomi bagi masyarakat terdampak. Pemberdayaan masyarakat dalam rehabilitasi pesisir juga menjadi bagian penting dalam memperkuat ketahanan jangka panjang kawasan. Dengan demikian, strategi mitigasi dan adaptasi ini tidak hanya menjaga keselamatan warga, tetapi juga membuka peluang transformasi sosial dan ekonomi yang berkelanjutan.

Berdasarkan hasil analisis kerentanan wilayah terhadap banjir rob, strategi mitigasi dan adaptasi di Kelurahan Cappa Galung dirancang secara berjenjang sesuai tingkat kerentanan masing-masing zona. Untuk wilayah dengan tingkat kerentanan rendah, langkah-langkah preventif yang bersifat promotif menjadi prioritas, seperti edukasi kebencanaan, kampanye kesadaran lingkungan, serta penghijauan kawasan. Upaya ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat dan memperkuat daya dukung ekologis kawasan secara berkelanjutan (Sazali et al., 2022).

Pada wilayah dengan tingkat kerentanan sedang, strategi difokuskan pada penguatan infrastruktur dasar, seperti peningkatan kualitas drainase dan jalan lingkungan, serta penerapan teknologi adaptif berskala lokal. Di samping itu, pelibatan aktif masyarakat dalam program pelatihan kebencanaan sangat penting untuk membangun ketahanan sosial. Menurut beberapa penelitian, partisipasi komunitas dalam pengurangan risiko bencana terbukti meningkatkan efektivitas respons lokal dan mempercepat proses pemulihan pascabencana (Nkombi & Wentink, 2022; Suryani et al., 2022).

Untuk zona dengan kerentanan tinggi, dibutuhkan pendekatan yang lebih komprehensif dan transformatif. Strategi yang disarankan meliputi relokasi berbasis partisipatif untuk permukiman yang berada pada zona paling rawan, pembangunan infrastruktur protektif seperti tanggul laut dan sistem kanal adaptif, serta integrasi kebijakan tata ruang berbasis risiko. Hal ini sejalan dengan pandangan beberapa peneliti, yang menekankan bahwa integrasi antara rencana tata ruang dan skenario risiko bencana merupakan fondasi utama dalam menciptakan sistem kota pesisir yang adaptif terhadap perubahan iklim ekstrem (Le & Awal, 2021; Lazoglou, 2022).

Keunggulan (novelty) penelitian ini terletak pada pendekatan kombinatorik yang digunakan, yaitu pemanfaatan metode spasial berbasis GIS yang dikombinasikan dengan Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk pengambilan keputusan berbasis multikriteria. Pendekatan ini diperkuat dengan strategi mitigasi dan adaptasi berbasis ekosistem, serta integrasi kebijakan tata ruang yang sensitif terhadap risiko banjir rob. Model ini tidak hanya relevan diterapkan di Kelurahan Cappa Galung, tetapi juga memiliki potensi sebagai kerangka referensi bagi wilayah pesisir lainnya yang memiliki karakteristik geografis dan sosial-ekonomi serupa.



Gambar 21. Peta Arahan Mitigasi dan Adaptasi Bencana Banjir Rob

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tingkat kerentanan bencana banjir rob di Kelurahan Cappa Galung menunjukkan variasi antar wilayah, dengan prioritas tertinggi berada di RW 1, diikuti secara berurutan oleh RW 3, RW 4, dan RW 2. Urutan ini memberikan dasar yang kuat untuk penyusunan strategi mitigasi dan adaptasi yang terarah dan efektif. Melalui pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP), diketahui bahwa kebijakan tata ruang pesisir merupakan faktor paling dominan dalam upaya mitigasi banjir rob, diikuti oleh keterlibatan masyarakat dan edukasi kebencanaan. Penanganan yang disesuaikan dengan tingkat kerentanan wilayah menjadi penting: pada zona rendah, langkah-langkah preventif seperti edukasi dan penghijauan lingkungan menjadi fokus; di zona sedang, penguatan infrastruktur dan pelatihan masyarakat menjadi prioritas; sementara pada zona tinggi, strategi adaptasi dan mitigasi perlu lebih komprehensif, termasuk pengembangan

ekowisata mangrove, pembangunan tanggul, dan integrasi kebijakan tata ruang berbasis risiko.

Penelitian ini menyarankan penguatan implementasi kebijakan mitigasi dengan penegakan pengawasan terhadap pembangunan di zona rawan serta integrasi mitigasi ke dalam perencanaan tata ruang wilayah pesisir. Alokasi anggaran yang memadai untuk pembangunan infrastruktur pendukung seperti tanggul, sistem drainase, dan jalur evakuasi juga menjadi kebutuhan mendesak. Di sisi lain, peningkatan partisipasi masyarakat melalui edukasi berkelanjutan, simulasi kebencanaan, dan pemanfaatan sistem peringatan dini menjadi langkah penting dalam meningkatkan kesiapsiagaan komunitas. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk kajian lanjutan, khususnya dalam menilai efektivitas dan keberlanjutan strategi mitigasi dan adaptasi bencana banjir rob di wilayah pesisir lain yang memiliki karakteristik lingkungan dan sosial-ekonomi serupa.

Daftar Pustaka

- Cunha, J., Cunha, J., Cardona, F. S., Bio, A., & Ramos, S. (2021). Importance of Protection Service Against Erosion and Storm Events Provided by Coastal Ecosystems Under Climate Change Scenarios. *Frontiers in Marine Science*.
- Deria, A., Ghannad, P., & Lee, Y.-C. (2020). Evaluating implications of flood vulnerability factors with respect to income levels for building long-term disaster resilience of low-income communities. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Dienemann, C. (2022). Disaster Early Warning Communication Systems. *Disaster Resilience and Green Growth*.
- Ghorbani, A., Siddiki, S., & Bravo, G. (2023). Editorial: Institutional adaptation and transformation for climate resilience. *Frontiers in Environmental Science*.
- Huang, X.-X., Zhang, R., Li, X., Dadashova, B., Irada, Zhu, L., Zhang, K., Li, Y., & Shen, B. (2022). Health-Based Geographic Information Systems for Mapping and Risk Modeling of Infectious Diseases and COVID-19 to Support Spatial Decision-Making.
- Jarillo, S., & Barnett, J. (2021). Contingent communality and community-based adaptation to climate change: Insights from a Pacific rural atoll. *Journal of Rural Studies*.
- Lazoglou, M. (2022). Strengthening the Resilience of Coastal Cities against Climate Change through Spatial Planning: Evidence from Greece. *Current Urban Studies*.
- Le, T. D. N., & Awal, R. (2021). Adaptation to climate extremes and sea level rise in coastal cities of developing countries.
- MOHAMED, M. A. (2023). Data analysis and integrated modeling of compound flooding impacts on coastal drainage infrastructure under a changing climate. *Journal of Hydrology*.
- Muktiali, M., & Setiadi, R. (2022). Strategy to improve regional resilience against flood disasters in the North

- Coast of Central Java.IOP Conference Series.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012039>
- Ng, D. P. L., Blanco, L., & Achurra, V. P. (2022, October 1).Proposal for the use of the multicriteria decision method (AHP) for the selection of risk mitigation projects.
- Nkombi, Z., & Wentink, G. J. (2022). The role of public participation in disaster risk reduction initiatives: The case of Katlehong township. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*.
- Pradana, A. R., Yew, Y. Y., Delgado, R. C., Gonzalez, P., & Utami, R. D. (2023). Risk Mapping of Coastal Cities that Sinking Faster than Sea-Level Rise by 2050: The Case of Jakarta and Semarang.*Prehospital and Disaster Medicine*.
- Purnomo, S. N., & Widiyanto, W. (2023). Landfilling as individual adaptation for coastal flooding (Rob) countermeasures in North Central Java.IOP Conference Series.
- Rajendran, L., & Shankaran, S. (2021, January 20). ICT enabled Early Warning Dissemination System for Disaster Management.*International Conference on Inventive Computation Technologies*.
- Rudd, M. D. (2022). Contributions of Local Authorities to Community Adaptive Capacity to Impacts of Climate Change; A Case Study of Sea Level Rise in Pangani Division, Pangani District.
- Sazali, S., Anggraeni, S., & Muhtadi, M. (2022). Pembentukan Kelompok Sadar Lingkungan Wisata Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Lingkungan di Lokawisata Pemandian Cirahab.*Populis: Jurnal Ilmu Sosiohumaniora*.
- Setiyono, H., Sugianto, D. N., Helmi, M., Handoyo, G., Pratikto, I., & Ario, R. (2023). Rob analysis on the coast of semarang city (central java, indonesia) on may 23, 2022 based on tidal data and inundation distribution.
- Sharma, R. (2021). Community Based Flood Risk Management: Local Knowledge and Actor's Involvement Approach from Lower Karnali River Basin of Nepal.*Journal of Geoscience and Environment Protection*.
- Singh, R. K., Singh, R. K., Bhardwaj, R., Bhardwaj, R., Sureja, A. K., Sureja, A. K., Kumar, A., Singh, A., Hazarika, B. N., Hussain, S. M., Singh, A., Singh, A., Lego, Y. J., & Rallen, O. (2021). Livelihood resilience in the face of multiple stressors: biocultural resource-based adaptive strategies among the vulnerable communities. *Sustainability Science*.
- Suryani, Y. E., Darupratomo, D., Ratnanik, R., Anghraini, K. R., Ambarsari, D. W., & Nisfa, S. (2022). Community Participation In Disaster Risk Reduction "Peseduluran Village." *Social, Humanities, and Educational Studies*.
- Taena, L. (2023). Impacts and Efforts to Preserve Local Wisdom of the Bajo Tribe in the Conservation of Marine Resources in Wakatobi Regency, Southeast Sulawesi Province, Indonesia.*International Journal of Social Science and Human Research*.
- Tang, J., Zhao, C., Shen, Y., & Shen, Y. (2019). Numerical investigation of the effects of coastal vegetation zone width on wave run-up attenuation. *Ocean Engineering*.
- Toffolo, M. M., Grilli, F., Prandi, C., Goffredo, S., & Marini, M. (2022). Extreme Flooding Events in Coastal Lagoons: Seawater Parameters and Rainfall over A Six-Year Period in the Mar Menor (SE Spain). *Journal of Marine Science and Engineering*.
- Usmankulovna, T. K. (2023). Establishment and survival of coastal mangrove trees under mechanical disturbances.
- Wedding, L. M., Reiter, S. M., Moritsch, M. M., Hartge, E., Reiblich, J., Gourlie, D., & Guerry, A. D. (2022). Embedding the value of coastal ecosystem services into climate change adaptation planning. *PeerJ*.
- Williams, D. S., Celliers, L., Unverzagt, K., Videira, N., Costa, M. M., & Giordano, R. (2020). A Method for Enhancing Capacity of Local Governance for Climate Change Adaptation.*Earth's Future*.