



PENDEKATAN *LIVELIHOOD VULNERABILITY INDEX* (LVI) PADA KAWASAN RAWAN ABRASI DI PANTAI TIMUR MINAHASA, SULAWESI UTARA

LIVELIHOOD VULNERABILITY INDEX IN ABRASION-PRONE AREAS ON THE EAST COAST OF MINAHASA, NORTH-SULAWESI

Fela Warouw^{*}, I Nyoman Mahayana¹, Raymond Tarore¹, Verry Lahamendu¹

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas SamRatulangi; Kampus Bahu Manado 95115

*Korespondensi: felawarouw@unsrat.ac.id

Info Artikel:

- Artikel Masuk: 14/10/2025
- Artikel diterima: 30/03/2026
- Tersedia Online: 31/03/2026

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki kerentanan tinggi terhadap abrasi pantai yang memengaruhi kondisi fisik, sosial, dan ekonomi masyarakat pesisir. Kawasan pesisir pantai timur Minahasa juga menghadapi masalah akibat perubahan garis pantai yang mempengaruhi aspek sosial-ekonomi masyarakat yang bermukim di desa-desa pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi sosial dan ekonomi masyarakat yang bermukim di kawasan pesisir rawan abrasi dan tingkat kerentanan masyarakat terhadap abrasi. Metode deskriptif kuantitatif digunakan dengan tahapan analisis berupa perhitungan laju perubahan garis pantai (NSM) dan Livelihood Vulnerability Index (LVI). Hasil penelitian menunjukkan terjadi perubahan garis pantai di bagian timur Kabupaten Minahasa yang berhadapan dengan Laut Maluku dengan nilai rata-rata laju perubahan (NSM) berkisar antara 0,38 m/tahun hingga 4,24 m/tahun selama periode 2005-2025. Laju abrasi relatif rendah terjadi pada periode 2005–2010, sementara laju abrasi tertinggi mencapai 4,24 m/tahun tercatat pada periode 2015–2020. Secara umum, tren menunjukkan bahwa sebagian besar desa mengalami nilai rata-rata laju perubahan sekitar 1–2 m/lima tahun sehingga termasuk dalam klasifikasi sedang. Aspek sosial masyarakat yang terdampak akibat abrasi yaitu menimbulkan kecemasan dalam kehidupan sehari-hari, sementara dampak yang signifikan pada ekonomi masyarakat pesisir berupa pendapatan menurun, mengalami kerugian materiil berupa kerusakan harta benda, dan harus berpindah tempat tinggal. Hasil perhitungan LVI pada sembilan desa pesisir menunjukkan variasi tingkat kerentanan sosial ekonomi, di mana Desa Parentek (0,31) memiliki kerentanan rendah karena relatif lebih baik dalam aspek pangan, kesehatan, dan dampak abrasi, sementara kerentanan tertinggi terdapat pada Ranowangko (0,72) dan Lalumpe (0,94), terutama untuk komponen ketergantungan pada laut, keterbatasan air, serta kerugian akibat abrasi.

Kata Kunci: Abrasi, Perubahan Garis Pantai, Dampak Sosial Ekonomi, Livelihood Vulnerability Index, Pesisir Tondano

ABSTRACT

Indonesia, as an archipelagic nation, faces a high vulnerability to coastal abrasion, a process that profoundly shapes the physical landscape while also disrupting the social fabric and economic stability of coastal communities. Along the eastern coastline of Minahasa, shoreline changes have emerged as a pressing challenge, significantly influencing the socio-economic conditions of residents in seaside villages. This study aims to examine the social and economic conditions of communities living in abrasion-prone coastal areas and to assess their level of vulnerability. A quantitative descriptive approach was employed, incorporating analytical stages such as calculating shoreline change rates using the Net Shoreline Movement (NSM) method and evaluating community resilience through the Livelihood Vulnerability Index (LVI). The findings reveal notable shoreline dynamics along the eastern part of Minahasa Regency, which borders the Maluku Sea, with average rates of change (NSM) ranging from 0.38 m/year to 4.24 m/year over the 2005–2025 period. Relatively low abrasion rates were observed between 2005 and 2010, while the most intense erosion—peaking at 4.24 m/year—occurred during 2015–2020. Overall, the trend indicates that most villages experienced an average shoreline shift of approximately 1–2 meters every five years, placing them within a moderate classification. From a social perspective, coastal abrasion has fostered a persistent sense of anxiety in daily life. Economically, the impacts are far more tangible and severe: declining incomes, material losses due to property damage, and, in some cases, forced relocation. The LVI assessment across nine coastal villages highlights varying degrees of socio-economic vulnerability. Parentek Village (0.31) demonstrates relatively low vulnerability, supported by stronger conditions in food security, health, and resilience to abrasion impacts. In contrast, the highest vulnerability levels are observed in Ranowangko (0.72) and Lalumpe (0.94), largely driven by heavy dependence on marine resources, limited access to water, and substantial losses resulting from coastal erosion.

Keywords: Abrasion, Shoreline Change, Socio-Economic Impact, Livelihood Vulnerability Index, Tondano Coastal Area

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global berdampak pada kenaikan permukaan laut yang dapat memengaruhi wilayah pesisir. Kawasan pesisir mengalami pengaruh dari aktivitas serta fenomena yang terjadi di darat yang dapat memengaruhi laut, seperti kegiatan bermukim masyarakat dengan sarana dan prasarana-nya. Sebaliknya, fenomena laut yang dapat mengganggu kehidupan di darat antara lain pasang surut air laut, gelombang badai, abrasi/erosi pantai dan sebagainya (Hastuti, 2012). Banyak wilayah pesisir dataran rendah menghadapi risiko serius akibat perubahan iklim karena ketinggiannya yang rendah di atas permukaan laut, karakteristik fisik dan ekologis yang sensitif terhadap iklim seperti pantai terumbu karang, serta tingkat paparan dan kerentanan sosial yang tinggi, seperti populasi yang padat dan aset di daerah rawan banjir, serta ekonomi skala kecil yang bergantung pada laut (Magnan et al., 2022). Negara Kepulauan Indonesia dengan garis pantai sepanjang 81.000 km (Arief, 2011) harus menghadapi risiko akibat kenaikan permukaan laut yang terus meningkat rata-rata sebesar 2,5 mm/tahun menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (Vinata et al., 2023).

Perubahan garis pantai merupakan fenomena yang selalu menyertai kawasan pesisir. Garis pantai mengubah kondisi batas di suatu muara atau laut akibat fluktuasi permukaan laut, pola sirkulasi, gelombang dan pasang surut, serta jumlah pasokan sedimen (Narayana, 2015). Abrasi menjadi masalah paling menonjol, yaitu terjadinya erosi pantai akibat ketidakseimbangan suplai sedimen sehingga garis pantai mundur ke arah darat (Tejakusuma, 2011). Gelombang yang pecah di daerah pantai merupakan salah satu penyebab utama terjadinya proses erosi dan sedimentasi di pantai.

Provinsi Sulawesi Utara memiliki lanskap pesisir di bagian timur yang berbatasan langsung dengan Laut Maluku, yang berada di sebelah barat Samudra Pasifik. Fenomena garis pantai mundur ke daratan akibat arus pantai dan gelombang laut telah terjadi di beberapa kawasan pesisir yang berhadapan dengan Laut Maluku. Pengukuran dan pemetaan garis pantai di Desa Bentenan, Kabupaten Minahasa Tenggara, menemukan pergeseran sejauh 165 m ke daratan selama periode tahun 1985–2008. Hal ini setara dengan kehilangan daratan rata-rata 7,17 m per tahun, yang dipicu oleh kekuatan laut seperti badai, gelombang tinggi, dan pola arus yang mempercepat erosi dan pergerakan sedimen (Opa, 2011). Sementara Desa Atep Oki, Kabupaten Minahasa, yang berjarak 44,6 km dari Desa Bentenan, diketahui mengalami proses dinamika abrasi/erosi yang disebabkan oleh karakteristik bentuk gelombang yang membangkitkan arus di perairan. Dari hasil peramalan gelombang dengan data angin selama 11 tahun diketahui transformasi tinggi gelombang berkisar pada 0,7 m sampai 1,723 m pada kedalaman pantai 0,1 m sampai 25 m (Dauhan, 2013). Pengolahan spasial dengan aplikasi DSAS telah menghasilkan peta perubahan garis pantai di Desa Kamenti, Desa Atep Oki, dan Desa Parentek dalam rentang tahun 2003 – 2023. Kemunduran garis pantai terbesar terjadi di Desa Atep Oki dengan panjang abrasi sejauh 7,02 m sampai 42,48 m dengan luas kawasan terdampak sebesar 0,82 ha (Warouw, 2023).

Abrasi tidak hanya membawa konsekuensi fisik, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan ekonomi. Ketergantungan tinggi masyarakat pada sumber daya laut, terbatasnya alternatif pekerjaan, serta kapasitas adaptasi yang rendah membuat desa pesisir semakin rentan. Penelitian di Jepara (Ismiyanti & Buchori, 2021) menunjukkan bahwa abrasi tidak hanya menekan pendapatan, tetapi juga memengaruhi pola pekerjaan dan interaksi sosial. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Mahayana et al. (2025) di Bolaang Uki, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur yang berjarak 187 km dari Desa Bentenan, di mana abrasi menimbulkan kecemasan, kerugian ekonomi, hingga relokasi mandiri tanpa dukungan pemerintah. Dampak abrasi pada tiga desa pesisir di pantai timur Minahasa menemukan adanya kerusakan jalan desa, talud dan konstruksi rumah. Warga mengalami kerugian secara ekonomi karena harus mengeluarkan biaya untuk perbaikan properti, bahkan ada yang harus pindah lokasi tempat tinggal (Warouw, 2023; Damaywanti, 2013).

Studi yang menghubungkan dinamika abrasi dengan kerentanan sosial-ekonomi masyarakat pesisir pantai Timur Minahasa masih terbatas, padahal wilayah ini menghadapi tekanan abrasi yang terus meningkat. Fokus pada penelitian kerentanan berbasis komunitas sangat penting dilakukan agar diperoleh hasil yang dapat digunakan secara efektif dalam perencanaan dan adaptasi pada skala lokal (Jones, 2001). Pada tingkat komunitas, persepsi dan pengalaman terhadap kejadian iklim ekstrem dapat mengidentifikasi

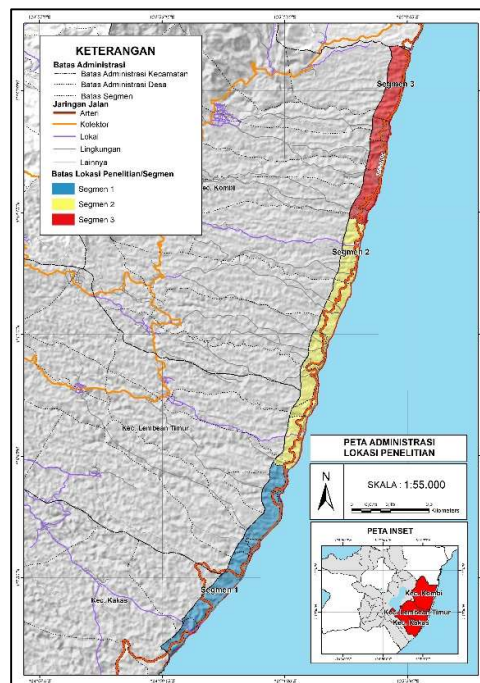
karakteristik bawaan yang memungkinkan atau membatasi suatu komunitas untuk merespons, pulih, dan beradaptasi. Hingga saat ini, sebagian besar penilaian kerentanan yang didasarkan pada metodologi umum belum mempertimbangkan skala yang cukup tepat untuk memberikan panduan yang memadai pada tingkat komunitas terkait adaptasi terhadap perubahan iklim. (Dolan, 2006).

Berdasarkan beberapa hal di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi sosial ekonomi masyarakat yang terdampak abrasi dan menilai kerentanan masyarakat melalui perhitungan *Livelihood Vulnerability Index* (LVI). Metode analisis kerentanan mata pencaharian masyarakat terhadap perubahan iklim ini mengutamakan pendekatan sosial ekonomi berbasis survei rumah tangga. Hasil yang diharapkan adalah mendapatkan pemahaman tentang respons komunitas terdampak abrasi, juga kemampuan beradaptasi masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim. Hal ini dapat menjadi masukan bagi pemerintah Kabupaten Minahasa dalam menentukan pengelolaan ruang yang berbasis mitigasi bencana serta menjamin kesejahteraan masyarakat yang bermukim di kawasan pesisir.

2. DATA DAN METODE

2.1. Wilayah Studi

Dalam buku Risiko Bencana Indonesia tahun 2023 dijelaskan bahwa Kabupaten Minahasa memiliki indeks risiko bencana gelombang ekstrem dan abrasi secara fisik yaitu 19.077 juta rupiah (dikategorikan tinggi) dan indeks risiko bencana sosial sebesar 5.062 jiwa (dikategorikan sedang). Kebijakan tata ruang Kabupaten Minahasa melalui RTRW tahun 2013-2034, Pasal 5 ayat 5 menegaskan kebutuhan strategi peningkatan pengelolaan ruang yang berbasis mitigasi bencana. Kawasan rawan gelombang pasang, dan abrasi/erosi pantai di kawasan pesisir timur Minahasa terdapat di lima Kecamatan yang terdampak dimana 3 kecamatan diantaranya merupakan daerah penelitian yaitu, Kecamatan Kombi, Lembean Timur, dan Kakas.



Sumber: SHP RTRW Sulawesi Utara, Perpetaan RTRW Kabupaten Minahasa

Gambar 1. Peta Administrasi Lokasi Penelitian

Semenjak 10 tahun terakhir, rata-rata masyarakat desa pesisir sudah berinisiatif untuk tinggal menjauh dari bibir pantai demi keamanan dari bahaya abrasi yang terjadi terus-menerus tiap tahunnya. Karakteristik gelombang pecah yang mencapai ketinggian maksimum 1.723 m (Dauhan, 2013; Tampi et al., 2023) menurut

Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) termasuk kategori rendah (0.5-1) sampai tinggi (1.5-2). Faktor alam ini menyebabkan perubahan garis pantai berupa kemunduran pantai dan kerusakan sejumlah rumah di lima desa sebagai berikut: Desa Makalisung sebanyak 5 rumah; Pantai Bulu Rerer sebanyak 8 rumah; Atep Oki sebanyak 14 rumah; dan Parentek sebanyak 10 rumah (Tampi et al., 2023).

Masyarakat di wilayah pesisir Tondano umumnya menggantungkan hidup pada aktivitas perikanan tangkap di laut dan pertanian, perkebunan, serta pariwisata di darat. Pola mata pencaharian ini menunjukkan adanya ketergantungan yang tinggi terhadap sumber daya alam pesisir, baik laut maupun darat. Ketergantungan ini menjadikan masyarakat lebih rentan terhadap perubahan lingkungan, khususnya abrasi pantai yang mengancam permukiman, lahan pertanian, serta sarana pendukung pariwisata. Penelitian yang berada di tiga kecamatan kemudian dikelompokkan menjadi tiga segmen yang terdiri atas sembilan desa pesisir sebagai fokus penelitian, yaitu Desa Tumpaan, Karor, Parentek, Atep Oki, Makalisung, Ranowangko, Lalumpe, serta dua lingkungan di Desa Kapataran Satu. Desa-desa ini dipilih karena merupakan lokasi permukiman masyarakat sekaligus kawasan yang memiliki fasilitas pendukung sosial-ekonomi dan langsung berhadapan dengan garis pantai.

2.2. Data Penelitian

Data yang digunakan untuk menganalisis laju perubahan garis pantai bersumber dari data citra satelit Landsat 7 dan 8, serta didukung oleh observasi langsung di lokasi penelitian. Sementara data hasil kuesioner yang disebarlang langsung kepada masyarakat yang terpapar dan masih bertahan. Pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, dengan metode household survey, yaitu menentukan jumlah rumah tangga yang akan diwawancarai berdasarkan kondisi persebaran penduduk pada tiap desa, di mana hanya terdapat 3 kk di satu desa, sementara di desa lainnya bisa mencapai lebih dari 100 kk (Tabel 1). Terdapat 104 rumah tangga yang menjadi sampel dari total 500 KK di 9 desa pesisir Pantai Timur Minahasa.

Tabel 1. Jumlah KK pada Desa Pesisir Pantai Timur

No	Desa	Jumlah KK
1	Parentek	94
2	Karor	13
3	Atep Oki	132
4	Tumpaan	106
5	Makalisung	3
6	Ranowangko	11
7	Lalumpe	50
8	Kapataran Lingkungan 1	54
9	Kapataran Lingkungan 2	37
Total		500

Penentuan indikator dalam penelitian ini didasarkan pada variabel-variabel yang membentuk kerangka *Livelihood Vulnerability Index* (LVI) guna mengukur tingkat kerentanan masyarakat pesisir secara komprehensif. Kuesioner disebarlang ke tiga kecamatan dengan total sembilan desa pesisir yang terdapat masyarakat bermukim di dalamnya.

2.3. Teknik Analisis

2.3.1 Analisis Perubahan Garis Pantai

Tahapan ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.7 dengan fitur *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Dua metode utama yang digunakan adalah *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR). Untuk memperoleh hasil yang akurat, analisis ini menggunakan data digitasi garis pantai dari tahun 2005, 2010, 2015, 2020 dan 2025 untuk mengklasifikasikan perubahan garis pantai ke dalam 3 kategori berdasarkan Permen KP 21/2018 (Tabel 2.).

Tabel 2. Klasifikasi Perubahan Garis Pantai

No	Laju Perubahan Garis Pantai (m/thn)	Keterangan
1	> 2 meter per lima tahun	Tinggi
2	1 – 2 meter per lima tahun	Sedang
3	< 1 meter per lima tahun	Rendah

Sumber: Permen KP21/2018

2.3.2 Analisis Perubahan Garis Pantai

Untuk mengevaluasi pengaruh abrasi pantai terhadap keadaan sosial dan ekonomi serta dampak pada masyarakat, data yang diperoleh melalui kuesioner (Tabel 3.) tersebut dianalisis menggunakan metode persentase guna mengidentifikasi pola dan kecenderungan perubahan sosial ekonomi akibat abrasi. Selain itu, wawancara dengan tokoh masyarakat dilakukan untuk memperkuat hasil analisis.

Tabel 3. Indikator Pertanyaan Kuesioner terhadap Kondisi Sosial Ekonomi

No.	Indikator Tingkat Sosial	
1.	Abrasi pantai membuat kegiatan sosial dan aktivitas organisasi berhenti atau tidak berjalan lancar.	
2.	Abrasi pantai sampai mengganggu psikologis masyarakat	● Sangat setuju
3.	Abrasi pantai sampai berpengaruh pada hubungan sosial dalam rumah tangga	● Setuju
4.	Abrasi pantai sampai mempengaruhi hubungan sosial dalam kehidupan bermasyarakat	● Ragu-ragu atau netral
5.	Abrasi pantai sampai menimbulkan kecemasan bagi masyarakat	● Tidak setuju
		● Sangat tidak setuju
Indikator Tingkat Ekonomi		
1.	Abrasi pantai berpengaruh pada turunnya pendapatan	Iya Tidak < Rp. 500.000
2.	Banyaknya pendapatan akibat abrasi (apabila jawaban sebelumnya iya)	Rp. 500.000 – Rp. 1000.000 Rp. 1000.000 – Rp. 2000.000 Rp. 2000.000 – Rp. 3000.000 > Rp. 3000.000
3.	Abrasi pantai mampu merubah jenis pekerjaan masyarakat	Iya Tidak
4.	Abrasi pantai menyebabkan kerugian fisik atau kerusakan harta benda (Seperti: rumah, perahu, kebun, peralatan kerja)	Iya Tidak < Rp. 1.000.000
5.	Jika jawaban sebelumnya “Iya”, berapa perkiraan total kerugian yang dialami?	Rp. 1.000.000 – Rp. 5.000.000 Rp. 5.000.000 – Rp. 10.000.000 Rp. 10.000.000 – Rp. 20.000.000 > Rp. 20.000.000
6.	Apakah Anda atau keluarga pernah mengalami relokasi (pindah rumah/permukiman) akibat abrasi pantai?	Iya Tidak Tidak menerima bantuan
7.	Jika jawaban sebelumnya “Iya”, apakah Anda menerima bantuan saat relokasi?	Bantuan uang tunai Bantuan bahan bangunan Bantuan rumah jadi Bantuan kebutuhan pokok

Sumber: Ismiyanti & Buchori, 2021 dan Hasil Analisis, 2025

2.3.3 Analisis Tingkat Kerentanan Sosial Ekonomi Masyarakat Terhadap Abrasi

Tujuan dari analisis ini adalah mengidentifikasi pengaruh abrasi pantai terhadap tingkat kerentanan terhadap penghidupan dan kemampuan masyarakat dalam menghadapi bencana. Pendekatan yang

digunakan adalah metode Livelihood Vulnerability Index LVI (Tabel.4). Metode perhitungan yang digunakan mengacu pada pendekatan (Hahn et al., 2009), di mana setiap sub-indikator dinormalisasi dalam skala 0 – 1. Normalisasi dilakukan agar setiap indikator yang memiliki satuan dan rentang nilai berbeda dapat dibandingkan secara proporsional, yang nantinya menginterpretasi tingkat kerentanan ke dalam tiga kelas: 0 – 0,33 kategori kerentanan rendah, 0,34 – 0,66 kategori sedang, 0,67 – 1,00 kategori kerentanan tinggi.

Tabel 4. Desain Komponen LVI

No.	Komponen Utama	Sub Indikator	Satuan	Penjelasan sub indikator
1.	Profil sosio demografi	Tingkat Ketergantungan Penduduk	Rasio	Rasio antara kelompok usia muda (<15 tahun) dan lansia (>65 tahun) dengan kelompok usia produktif (16–65 tahun)
		Keluarga dengan latar belakang pendidikan SD atau tidak menyelesaikan sekolah	persen	Persentase keluarga yang kepala keluarga mereka berpendidikan rendah, setara Sd atau lebih rendah
		Persentase keluarga yang bergantung pada sumber daya pesisir sebagai mata pencaharian	persen	Persentase keluarga yang mengandalkan aktivitas di wilayah pesisir sebagai sumber penghasilan pokok mereka
2.	Strategi penghidupan	Persentase keluarga yang memiliki memiliki usaha lain selain pekerjaan utama	persen	Persentase keluarga yang memiliki sumber penghasilan tambahan di luar mata pencaharian utama, di sektor pesisir atau lainnya
		Persentase keluarga yang berpenghasilan di bawah UMR	persen	Persentase rumah tangga yang memperoleh pendapatan bulanan di bawah UMR (Upah Minimum Regional)
3.	Jaringan sosial	Rata-rata perbandingan keluarga yang melakukan pinjaman dan memberikan pinjaman	persen	Persentase rumah tangga yang menerima dan mengandalkan bantuan dari lingkungan sosial atau pemerintah daerah dalam bentuk bantuan keuangan atau non keuangan
4.	Kesehatan	Persentase anggota dalam keluarga yang menderita sakit kronis	persen	Persentase rumah tangga yang di huni oleh anggota keluarga yang mengalami gangguan kesehatan dalam jangka panjang
5.	Makanan	Persentase keluarga yang menggantungkan sumber makanan utama dari laut	persen	Persentase rumah tangga yang memperoleh makanan utama dari hasil melaut secara mandiri
6.	Air	Persentase keluarga yang mendapat sumber daya air bersih	persen	Persentase rumah tangga yang menggunakan sumber air bersih non-instansi, seperti air sumur, hujan, sungai, atau pasokan dari pihak lain di luar perusahaan air daerah
7.	Bencana dan variabilitas iklim	Persentase keluarga yang berdampak secara ekonomi akibat abrasi	persen	Persentase rumah tangga yang pendapatannya menurun sebagai dampak dari bencana abrasi

Sumber: Ismiyanti & Buchori, 2021; Amuzu et al., 2018.

Indikator dalam mengukur tingkat LVI mencakup karakteristik sosial demografi (SDP), strategi mata pencaharian (LS), taraf kesehatan (H), bahan pangan (F), sumber air bersih (W), interaksi sosial (SN), dan kejadian bencana dan variabilitas iklim (ND). Perhitungan *Livelihood Vulnerability Index* (LVI) dilakukan dengan pendekatan indeks komposit agar setiap komponen memiliki skala yang seragam.

- 1) Proses ini diawali dengan standarisasi nilai subkomponen menggunakan rumus indeks komposit. Hasil standarisasi kemudian digunakan untuk menghitung nilai masing-masing komponen utama dengan cara merata-ratakan indeks seluruh subkomponen yang membentuknya.

$$\text{Indeks} = \frac{\text{Nilai Aktual} - \text{Nilai Minimum}}{\text{Nilai Maksimum} - \text{Nilai Minimum}}$$

- 2) Selanjutnya ketika semua sub komponen melalui proses standarisasi, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai dari masing-masing komponen utama menggunakan rumus berikut:

$$M_b = \frac{\sum_{i=1}^n \text{index}_{b^i}}{n}$$

Keterangan :

Mb = merupakan salah satu dari tujuh komponen utama (SDP, LS, H, F, W, SN dan ND)

Index_{bi} = merupakan skor dari sub komponen utama

n = menunjukkan jumlah total sub komponen utama

- 3) Kemudian setelah didapatkan nilai dari masing – masing komponen indikator tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan akhir LVI menggunakan rumus berikut untuk menghitung nilai LVI per desa.

$$LVI_b = \frac{\sum_{i=1}^7 M_{bi}}{\sum_{i=1}^7 W_{mi}}$$

Keterangan:

LVI_b = Merupakan jumlah bobot dari seluruh sub komponen pada komponen utama *i*

M_{bi} = merupakan ke-tujuh komponen utama (SDP, LS, H, F, W, SN dan ND)

- 4) **LVI_b** = (SDP, LS, H, F, W, SN dan ND) / 7

Setelah itu, nilai akhir LVI diperoleh melalui perhitungan gabungan seluruh komponen utama dengan mempertimbangkan bobotnya, sehingga menghasilkan indeks kerentanan penghidupan masyarakat secara menyeluruh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perubahan Garis Pantai

Untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai yang terjadi di Kawasan Pesisir Pantai Tondano, digunakan metode overlay citra satelit Landsat 7 dan 8,9 Oli/Tris. Berdasarkan Permen KP 21/2018, perubahan garis pantai dihitung dalam rentang waktu 5 tahun. Dalam penelitian ini, rentang waktu yang dipilih adalah 20 tahun, yaitu 2005, 2010, 2015, 2020, dan 2025. Citra yang digunakan untuk melihat perubahan garis pantai berdasarkan kisaran waktu perekaman dan bulan yang sama. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dengan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR) untuk mengetahui rata-rata laju perubahan garis pantai.

Tabel 5. Rata-Rata Laju Perubahan Garis Pantai Timur Minahasa Periode Tahun 2005-2025

No	Segmen/Kecamatan	Rata-Rata Laju Perubahan (NSM)/meter(m)				Rata-rata	Klasifikasi
		2005 - 2010	2010 - 2015	2015 - 2020	2020- 2025		
Segmen 1							
1	Tumpaan	1,41	1,52	2,41	2,44	1,94	Sedang
2	Karor	1,83	1,73	2,24	1,54	1,84	Sedang
3	Parentek	0,61	1,49	4,24	1,23	1,89	Sedang
4	Atep Oki	1,01	0,87	2,55	1,74	1,54	Sedang
Segmen 2							
5	Kapataran 1 Lingkungan 1	0,92	0,78	1,47	2,23	1,35	Sedang
6	Kapataran 1 Lingkungan 2	0,38	1,20	1,69	2,26	1,38	Sedang
7	Lalumpe	0,41	0,48	1,21	1,31	0,85	Rendah
8	Ranowangko 2	0,89	1,33	1,42	1,24	1,22	Sedang
Segmen 3							
9	Makalisung	0,78	1,20	1,58	1,59	1,29	Sedang

Sumber: Pengolahan Citra Landsat 7 Tahun 2005, 2010, Citra Landsat 8 Tahun 2015, 2020 dan 2025

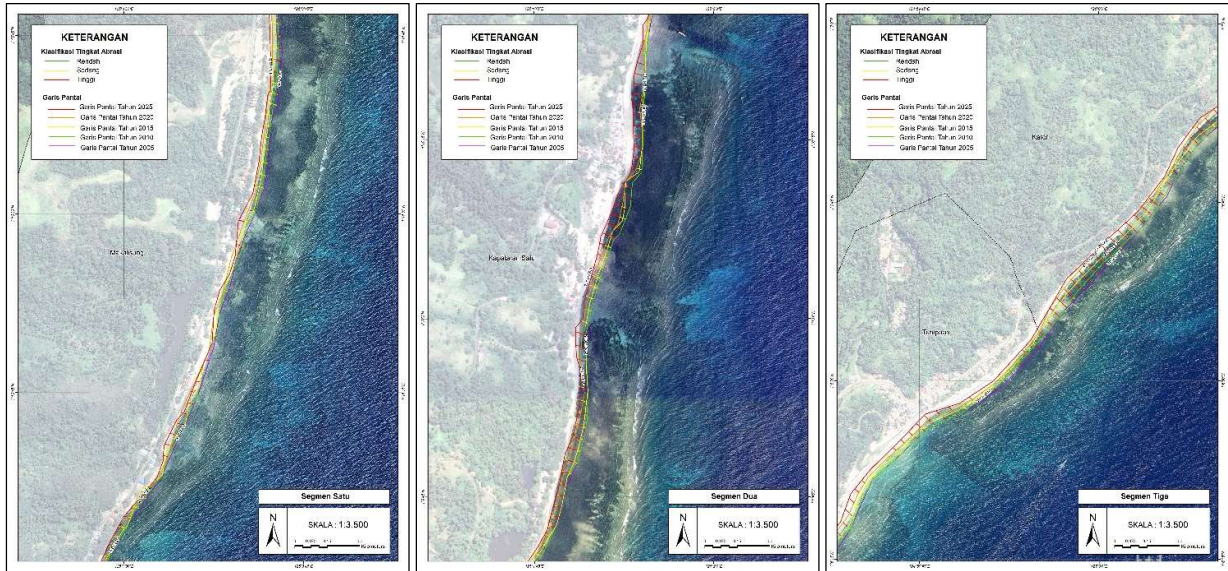
Hasil analisis perubahan garis pantai di pesisir Tondano menunjukkan adanya dinamika abrasi yang bervariasi antardesa (Gambar 2). Pada periode 2005–2025, nilai rata-rata laju perubahan (NSM) berkisar antara 0,38 m/tahun hingga 4,24 m/tahun. Desa dengan laju abrasi relatif rendah ditunjukkan oleh Kapataran Lingkungan 2 (0,38 m/tahun pada 2005–2010) dan Lalumpe (0,41 m/tahun pada 2005–2010), sedangkan abrasi tertinggi tercatat di Parentek pada periode 2015–2020 dengan laju mencapai 4,24 m/tahun. Secara umum, tren menunjukkan bahwa sebagian besar desa mengalami abrasi dengan kategori sedang (sekitar 1–2 m/tahun), meskipun pada beberapa periode tertentu abrasi meningkat secara signifikan, terutama di Parentek, Tumpaan, dan Atep Oki. Hal ini mengindikasikan bahwa tekanan abrasi di pesisir Tondano cenderung konsisten sepanjang periode pengamatan, dengan beberapa titik yang sangat rentan dan memerlukan prioritas penanganan.

3.2. Identifikasi Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat

Abrasi tidak hanya berdampak pada lingkungan fisik, tetapi juga memengaruhi dinamika sosial masyarakat. Fenomena ini dapat menghentikan aktivitas sosial tertentu, menimbulkan tekanan psikologis, mengganggu keharmonisan dalam rumah tangga, serta memengaruhi interaksi antarwarga. Selain itu, abrasi juga memicu rasa cemas dan ketidaknyamanan masyarakat dalam bermukim maupun menjalankan aktivitas sehari-hari (Ismiyanti & Buchori, 2021).

Hasil kuesioner menunjukkan bahwa abrasi memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap aspek sosial masyarakat pesisir (Gambar 3). Sebagian besar responden (45%) menyatakan setuju bahwa abrasi berdampak pada berhentinya kegiatan sosial, meskipun terdapat 43% yang menyatakan tidak setuju. Hal ini memperlihatkan bahwa dampak abrasi terhadap keberlangsungan kegiatan sosial tidak merata di seluruh wilayah, tergantung pada kondisi dan aktivitas masyarakat setempat. Kegiatan sosial yang dimaksud antara lain aktivitas masyarakat di pesisir pantai seperti gotong royong, acara keagamaan, serta pengelolaan posko penangkaran penyu yang mengalami kerusakan akibat abrasi sehingga tidak lagi berfungsi optimal.

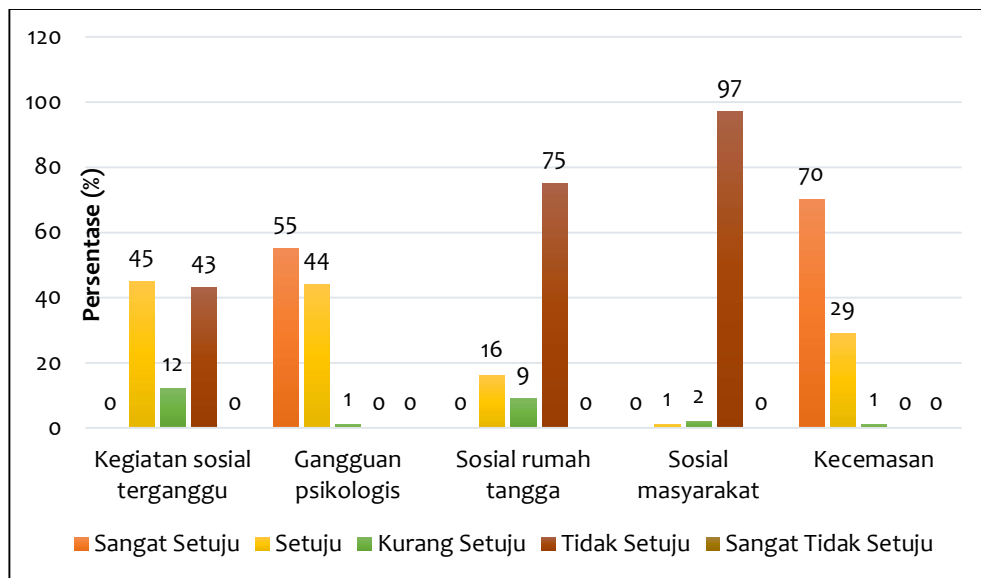
Dari sisi psikologis, mayoritas responden mengakui adanya pengaruh signifikan abrasi. Sebanyak 55% menyatakan sangat setuju dan 44% setuju bahwa abrasi mengganggu kondisi psikologis masyarakat. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa abrasi juga menimbulkan kecemasan dalam kehidupan sehari-hari, sebagaimana diakui oleh 70% responden yang sangat setuju dan 29% setuju. Sementara itu, terkait kehidupan sosial dalam rumah tangga, sebagian besar responden (75%) tidak setuju bahwa abrasi memiliki pengaruh langsung, hanya 16% yang setuju dan 9% yang ragu-ragu. Hal serupa juga terlihat pada aspek kehidupan bermasyarakat, di mana 97% responden tidak setuju bahwa abrasi memengaruhi hubungan sosial di masyarakat.



(A) (B) (C)

Sumber: Pengolahan Citra Landsat 7 Tahun 2005, 2010, Citra Landsat 8 Tahun 2015, 2020 dan 2025
Gambar 2. (A) Perubahan Garis Pantai Segmen 1 Tahun 2005-2025, (B) Perubahan Garis Pantai Segmen 2 Tahun 2005-2025, (C) Perubahan Garis Pantai Segmen 3 Tahun 2005-2025

Sementara, hasil kuesioner terhadap kondisi ekonomi menunjukkan bahwa abrasi pantai berdampak signifikan pada ekonomi masyarakat pesisir (Gambar 4). Sebanyak 96% responden menyatakan pendapatan mereka menurun, dengan variasi kerugian dari < Rp 500.000 (39%), Rp 500.000–Rp 1.000.000 (30%), Rp 1.000.000–Rp 2.000.000 (15%), Rp 2.000.000–Rp 3.000.000 (4%), hingga > Rp 3.000.000 (12%). Kondisi ini menegaskan bahwa abrasi berpengaruh langsung terhadap penghasilan rumah tangga. Selain itu, 68% responden terpaksa beralih pekerjaan, sementara 32% tetap bertahan, menunjukkan adanya tekanan ekonomi yang memaksa diversifikasi mata pencaharian.



Sumber: Hasil Analisis, 2025
Gambar 3. Dampak Abrasi Terhadap Kondisi Sosial Masyarakat

Dari sisi kerugian material, 85% responden mengaku mengalami kerusakan harta benda (Gambar 5), dengan nilai bervariasi: Rp 1.000.000–Rp 5.000.000 (27%), Rp 5.000.000–Rp 10.000.000 (22%), Rp 10.000.000–Rp 20.000.000 (22%), dan > Rp 20.000.000 (11%). Hanya 4% melaporkan kerugian < Rp 1.000.000. Sementara itu, aspek relokasi juga menonjol, di mana 77% responden pernah berpindah tempat tinggal akibat abrasi, namun seluruhnya tidak pernah menerima bantuan, baik berupa uang tunai, bahan bangunan, rumah, maupun kebutuhan pokok. Secara keseluruhan, abrasi pantai menyebabkan penurunan pendapatan, kerugian material dalam jumlah besar, perubahan mata pencaharian, hingga relokasi tanpa dukungan memadai (Gambar 6), yang memperlihatkan tingginya tingkat kerentanan ekonomi masyarakat pesisir.



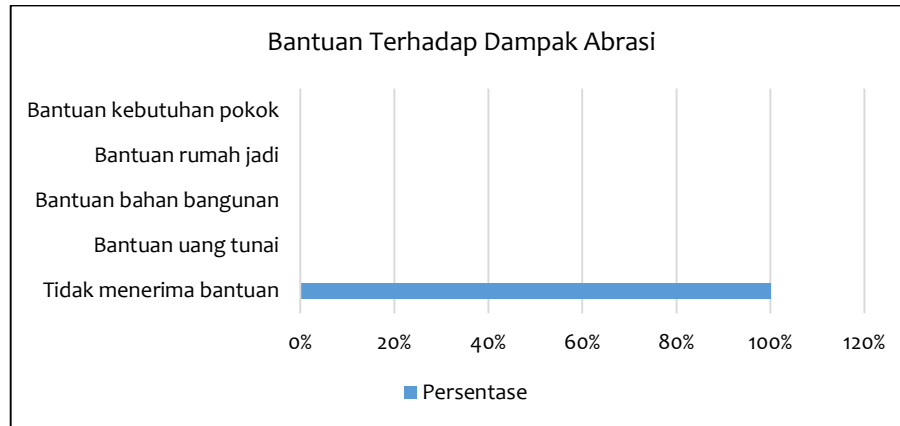
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. Dampak Abrasi Terhadap Kondisi Ekonomi Masyarakat Penurunan Pendapatan



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 5. Dampak Abrasi Terhadap Kondisi Ekonomi Masyarakat Kerugian Akibat Abrasi



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 6. Bantuan Terhadap Dampak Abrasi

3.3. Analisis Tingkat Kerentanan Masyarakat Terhadap Dampak Abrasi Menggunakan Metode LVI

Indeks Livelihood Vulnerability Index (LVI) dihitung untuk mengukur tingkat kerentanan masyarakat pesisir berdasarkan berbagai dimensi kehidupan yang dipengaruhi oleh abrasi pantai. Metode yang digunakan mengacu pada pendekatan (Hahn et al., 2009), yang mengintegrasikan tujuh komponen utama, yaitu; profil sosiodemografi, strategi kehidupan, jaringan sosial, kesehatan, makanan, air serta bencana dan variabilitas iklim.

- Kondisi sosiodemografi masyarakat pesisir di wilayah penelitian memiliki tingkat ketergantungan yang cukup tinggi, di mana jumlah penduduk usia tidak produktif (anak-anak dan lansia) jauh lebih besar dibandingkan dengan penduduk usia produktif. Kondisi tersebut berimplikasi pada meningkatnya beban ekonomi keluarga karena sebagian besar anggota rumah tangga bergantung pada pihak lain untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Selain itu, tingkat pendidikan masyarakat masih relatif rendah. Rata-rata 58,56% rumah tangga memiliki pendidikan setingkat SD ke bawah, yang berarti lebih dari separuh penduduk belum menyelesaikan pendidikan menengah. Desa dengan persentase tertinggi adalah Karor (90%), Lalumpe (90%), dan Atep Oki (80%), yang menunjukkan keterbatasan akses maupun capaian pendidikan di wilayah tersebut. Sebaliknya, Desa Tumpaan mencatat persentase terendah (10%), mengindikasikan kondisi pendidikan yang relatif lebih baik dibandingkan dengan desa lainnya.
- Sebagian besar rumah tangga di kawasan pesisir masih sangat bergantung pada sumber daya laut sebagai mata pencaharian utama. Rata-rata 86,31% rumah tangga menggantungkan hidupnya pada laut, dengan persentase tertinggi terdapat di Desa Kapataran Lingkungan 1 (95%), Lalumpe (90%), Ranowangko (90%), dan Kapataran 1 Jaga 1 (90%). Hanya Desa Karor (10%) dan Tumpaan (30%) yang menunjukkan ketergantungan relatif rendah terhadap laut, menandakan adanya diversifikasi pekerjaan di wilayah tersebut. Tingginya ketergantungan pada laut membuat sebagian besar rumah tangga rentan terhadap perubahan lingkungan pesisir, termasuk abrasi dan penurunan hasil tangkapan.
- Dari sisi keragaman sumber pendapatan, hanya sekitar 40% rumah tangga yang memiliki pekerjaan sampingan di luar mata pencaharian utama. Beberapa desa menunjukkan angka tinggi, seperti Ranowangko (100%) dan Makalisung (100%), sedangkan di Karor dan Kapataran Lingkungan 2 tidak ada rumah tangga yang memiliki pekerjaan tambahan. Hal ini menunjukkan masih terbatasnya kemampuan masyarakat untuk mencari alternatif penghasilan di luar sektor perikanan atau pesisir.
- Persentase rata-rata anggota keluarga yang mengalami sakit kronis di wilayah pesisir mencapai 1,11%. Angka ini relatif rendah, namun tetap menunjukkan adanya kerentanan kesehatan di beberapa desa. Desa Lalumpe mencatat persentase tertinggi yaitu 3%, diikuti oleh Tumpaan dan Parentek dengan masing-masing 2%. Sementara itu, beberapa desa seperti Makalisung, Kapataran

- Lingkungan 1, dan Kapataran Lingkungan 2 tidak melaporkan adanya kasus sakit kronis pada keluarga responden.
- e) Hasil survei menunjukkan bahwa rata-rata 54,80% rumah tangga di kawasan pesisir masih bergantung pada laut sebagai sumber makanan utama. Tingkat ketergantungan ini bervariasi antar desa. Desa dengan persentase tertinggi adalah Kapataran Lingkungan 1 (95%) dan Kapataran Lingkungan 2 (95%), diikuti oleh Ranowangko, Lalumpe, dan Kapataran 1 Jaga 1 yang masing-masing mencapai 90%. Sementara itu, desa dengan persentase terendah adalah Karor (5%) dan Atep Oki (5%), menunjukkan ketergantungan yang lebih kecil terhadap laut untuk pemenuhan kebutuhan pangan.
 - f) Melalui survei sarana air bersih diketahui bahwa rata-rata 86,60% rumah tangga di wilayah pesisir telah memperoleh sumber daya air bersih. Sebagian besar desa, seperti Karor, Atep Oki, Tumpa, Ranowangko, Lalumpe, Kapataran Lingkungan 1, dan Kapataran Lingkungan 2, mencapai angka 100%, yang berarti seluruh rumah tangga di desa tersebut memiliki akses terhadap air bersih. Sementara itu, Desa Makalisung berada pada tingkat lebih rendah, yakni 66%, dan Desa Parentek tidak memiliki akses air bersih sama sekali (0%).
 - g) Persentase rata-rata 54,60% rumah tangga di wilayah pesisir telah mengalami kerugian akibat abrasi. Tingkat kerugian ini bervariasi antar desa. Desa dengan persentase tertinggi adalah Lalumpe (95%) dan diikuti oleh Ranowangko (80%) serta Atep Oki (70%). Desa lain seperti Tumpa (55%), Makalisung (66%), dan Kapataran Lingkungan 2 (60%) juga menunjukkan dampak signifikan. Sementara itu, ada desa yang relatif lebih sedikit terdampak, seperti Kapataran Lingkungan 1 (5%) dan Karor (20%). Bahkan, Desa Parentek tidak melaporkan adanya kerugian akibat abrasi (0%).

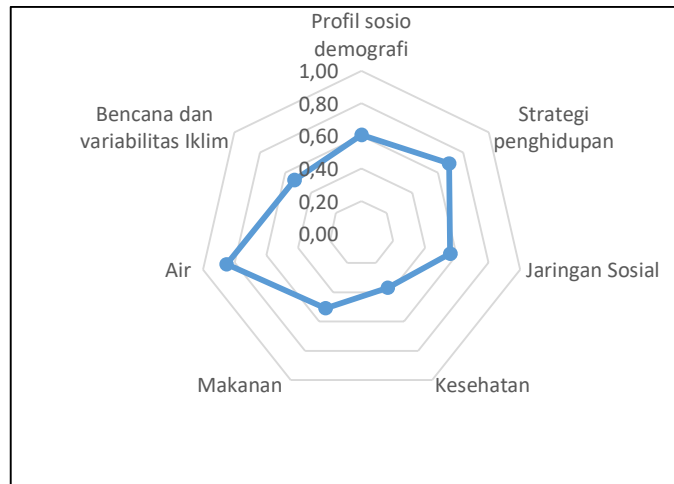
Nilai LVI diperoleh melalui metode perhitungan setiap subindikator berdasarkan data lapangan (persentase atau angka statistik), kemudian dinormalisasi. Nilai tiap komponen selanjutnya dirata-ratakan sehingga menghasilkan nilai akhir LVI untuk setiap desa. Hasil perhitungan LVI pada sembilan desa pesisir menunjukkan variasi tingkat kerentanan yang jelas. Parentek (0,31) memiliki kerentanan rendah karena relatif lebih baik dalam aspek pangan, kesehatan, dan dampak abrasi. Makalisung (0,42), Tumpa (0,52), serta Kapataran L1 (0,54) berada pada kategori sedang, ditandai dengan ketergantungan pada laut, namun masih memiliki strategi penghidupan yang cukup beragam. Karor (0,60), Atep Oki (0,63), dan Kapataran L2 (0,62) menunjukkan kerentanan tinggi akibat tingginya tingkat pendidikan rendah, ketergantungan pada laut, dan kerugian abrasi. Kerentanan tertinggi terdapat pada Ranowangko (0,72) dan Lalumpe (0,94), di mana hampir seluruh komponen bernilai tinggi, khususnya ketergantungan pada laut, keterbatasan air, serta kerugian akibat abrasi.

Tabel 6. Hasil Perhitungan LVI (Livelihood Vulnerability Index)

Desa	Nilai Komponen Per Desa							LVI
	Profil Sosio Demografi	Strategi penghidupan	Jaringan Sosial	Kesehatan	Makanan	Air	Bencana dan variabilitas iklim	
Parentek	0,38	0,61	0,39	0,67	0,11	0,00	0,00	0,31
Karor	1,00	0,67	1,00	0,33	0,00	1,00	0,21	0,60
Atep Oki	0,88	0,80	0,69	0,33	0,00	1,00	0,74	0,63
Tumpa	0,00	0,25	0,85	0,67	0,28	1,00	0,58	0,52
Makalisung	0,29	0,33	0,65	0,00	0,31	0,66	0,70	0,42
Ranowangko	0,55	0,65	0,69	0,33	0,94	1,00	0,84	0,72
Lalumpe	1,00	0,95	0,69	1,00	0,94	1,00	1,00	0,94

Desa	Nilai Komponen Per Desa							LVI
	Profil Sosio Demografi	Strategi penghidupan	Jaringan Sosial	Kesehatan	Makanan	Air	Bencana dan variabilitas iklim	
Kapataran L1	0,75	0,98	0,00	0,00	1,00	1,00	0,05	0,54
Kapataran L2	0,63	0,98	0,08	0,00	1,00	1,00	0,63	0,62

Sumber: Hasil Analisis, 2025



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 7. Kerentanan dalam Diagram Laba-laba (LVI)

4. DISKUSI

Kompleksitas kerentanan tidak hanya berupa dampak perubahan iklim, tetapi yang lebih penting, sensitivitas sosial-ekonomi, sistem infrastruktur yang tidak memadai, dan keterbatasan kapasitas adaptif. Sehingga respon adaptasi terutama ditujukan untuk menangani kerentanan saat ini daripada dampak perubahan iklim di masa depan. Oleh karena itu, adaptasi terhadap perubahan iklim lokal di negara berkembang tidak dapat dipisahkan dari pembangunan sosial-ekonomi dan peningkatan kapasitas (Lee, 2019). Adaptasi merupakan proses sosial yang bersifat dinamis, di mana kemampuan suatu masyarakat untuk beradaptasi sangat dipengaruhi oleh kapasitas mereka dalam bertindak secara kolektif (Adger, 2003). Struktur sosial mencakup pengalaman komunitas dengan bahaya, dan kemampuan komunitas untuk merespons, menghadapi, pulih dari, dan menyesuaikan diri dengan bahaya, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh karakteristik ekonomi, demografis, dan perumahan. Kerentanan sosial dan biofisik berinteraksi untuk menghasilkan kerentanan tempat secara keseluruhan (Cutter et al., 2008).

Secara keseluruhan, tingginya rasio ketergantungan dan rendahnya tingkat pendidikan, ketergantungan tinggi pada laut dan dominasi pendapatan di bawah UMR merupakan faktor-faktor penyebab meningkatnya kerentanan sosial ekonomi masyarakat pesisir. Perubahan iklim menyebabkan beberapa dampak terhadap tangkapan ikan, antara lain jarak tempuh mencari ikan lebih jauh (Ulfa, 2018), berkurangnya produksi ikan, bertambahnya biaya melaut, kurang efektifnya alat tangkap yang digunakan dan sulitnya menentukan wilayah tangkap (Dewiyanti, 2019). Keterbatasan pendidikan berpengaruh pada kemampuan mengelola sumber daya dan melakukan diversifikasi mata pencarian. Ketergantungan tunggal pada satu sektor ekonomi untuk menghasilkan pendapatan menciptakan bentuk kerentanan ekonomi (Cutter et al., 2008). Kondisi minimnya sumber mata pencaharian tambahan dapat menjadikan masyarakat

kurang fleksibel dalam beradaptasi terhadap ancaman abrasi dan perubahan garis pantai (Nicholls et al., 2007).

Sebagian besar masyarakat di wilayah pesisir masih sangat bergantung pada hasil laut sebagai sumber protein dan kebutuhan pangan sehari-hari. Desa-desanya dengan persentase tinggi menunjukkan tingkat ketahanan pangan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi ekosistem pesisir. Keterbatasan air bersih juga memperburuk kondisi sosial-ekonomi masyarakat, mengingat air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Kondisi morfologi dataran pantai dengan kemiringan lereng 0-2%, dapat mengakibatkan potensi sumber pencemar (polutan) masuk lebih cepat. Masuknya air laut ke dalam akuifer air tawar dapat mengakibatkan nilai salinitas meningkat sehingga mengakibatkan rasa air menjadi asin, dan menurunnya kualitas air tanah, hingga tidak dapat dikonsumsi (Febriarta et al., 2020).

Dampak abrasi yang tidak merata di seluruh wilayah, sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis dan tingkat keterpaparan desa terhadap garis pantai. Desa dengan angka tinggi menunjukkan kerentanan besar terhadap bencana pesisir, sehingga membutuhkan perhatian khusus dalam upaya mitigasi maupun penguatan adaptasi masyarakat terhadap variabilitas iklim. Untuk meningkatkan kapasitas adaptasi lokal, maka kerentanan fisik maupun sosial-ekonomi juga harus diminimalkan. Untuk mengurangi kerentanan fisik, dapat menerapkan teknik adaptasi pesisir (IPCC CZMS, 1992): melindungi, menyesuaikan, mundur, menghindari. Untuk mengurangi kerentanan sosial-ekonomi, perlu peningkatan keterlibatan melalui penerapan partisipasi komunitas lokal yang lebih banyak terutama dalam program peningkatan mata pencaharian lokal. Mekanisme non-struktural yang dapat digunakan berupa relokasi bangunan, perumahan adaptif, serta restorasi dan rehabilitasi lahan basah. Sementara untuk pembangunan ketahanan masyarakat lokal adalah dengan meningkatkan kapasitas adaptif lokal dan meminimalkan kerentanan dengan mempertahankan mata pencaharian lokal (Newman, 2022).

Tingkat kerusakan pantai di bagian timur Kabupaten Minahasa yang berhadapan dengan Laut Maluku, yaitu Kecamatan Kombi, Kecamatan Lembean Timur, dan Kecamatan Kakas membutuhkan prioritas penanganan yaitu a. Prioritas A (amat sangat diutamakan) di pantai Atep Oki dan pantai Makalisung; b. Prioritas B (sangat diutamakan) di pantai Bulu. Desa Parentek dan Desa Makalisung di Kecamatan Kombi dengan nilai LVI kategori sedang, melalui wawancara diketahui adanya keinginan masyarakat untuk tetap bertahan. Pada zona ini, abrasi terjadi dengan intensitas menengah dan masyarakat masih memiliki kapasitas sosial-ekonomi untuk beradaptasi. Pemanfaatan ruang pesisir diperbolehkan dengan penerapan sempadan pantai dan penataan area permukiman yang aman. Juga penguatan kapasitas masyarakat melalui penyuluhan dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya hutan mangrove sebagai penahan abrasi, perikanan, maupun kelestarian lingkungan (Tampi et al., 2023). Zona ini masih memungkinkan pemanfaatan adaptif untuk menjaga keberlanjutan aktivitas masyarakat tanpa mengabaikan prinsip mitigasi risiko.

Pada desa dengan nilai LVI yang cukup tinggi seperti Tumpaan, Kapataran 1 L1, Kapataran 1 L2, Karor, dan Lalumpe, masyarakat masih dapat memanfaatkan pesisir dengan upaya pengendalian berupa pembatasan pembangunan permanen di wilayah rawan, rehabilitasi ekosistem pantai, serta diversifikasi mata pencaharian. Zona ini lebih menekankan pada pengendalian aktivitas dan perlindungan lingkungan, sehingga masyarakat tetap dapat bertahan dengan risiko yang lebih terkelola. Desa Atep Oki dan Ranowanko 2 memiliki nilai LVI mendekati tinggi dengan tekanan abrasi yang signifikan, di mana preferensi masyarakat masih memilih bertahan, namun membutuhkan perlindungan ekstra. Pada zona ini, kegiatan pemanfaatan hanya diperbolehkan secara terbatas karena risiko terhadap keselamatan masyarakat dan infrastruktur sangat besar. Arahannya meliputi pembangunan proteksi pantai, penguatan ekonomi non-pesisir, serta opsi relokasi bila ancaman terus meningkat. Melarang pembukaan lahan baru untuk usaha perkebunan, pertanian dan usaha lainnya dengan batas minimal 500 m dari pinggir pantai serta membatasi aktivitas sosial ekonomi yang dapat menimbulkan kerusakan lebih lanjut. Serta menetapkan kebijakan jalur hijau berdasarkan peraturan terakhir mengenai jalur hijau adalah Inmendagri No. 2 tahun 1997 tentang Penetapan Jalur Hijau Hutan Mangrove (Tampi et al., 2023). Zona ini bersifat restriktif, dengan fokus utama meminimalkan dampak abrasi dan melindungi masyarakat dari ancaman langsung.

5. KESIMPULAN

Dalam periode 2005-2025 terjadi perubahan garis pantai di bagian timur Kabupaten Minahasa yang berhadapan dengan Laut Maluku dengan nilai rata-rata laju perubahan (NSM) berkisar antara 0,38 m/tahun hingga 4,24 m/tahun. Desa Kapataran dan Lalumpe mencatat laju abrasi relatif rendah pada periode 2005-2010. Sementara laju abrasi tertinggi mencapai 4,24 m/tahun tercatat di Desa Parentek pada periode 2015-2020. Secara umum, tren menunjukkan bahwa sebagian besar desa mengalami nilai rata-rata laju perubahan sekitar 1-2 m/lima tahun sehingga termasuk dalam klasifikasi sedang. Aspek sosial masyarakat yang terdampak akibat abrasi yaitu menimbulkan kecemasan dalam kehidupan sehari-hari, sebagaimana diakui oleh 70% responden yang sangat setuju dan 29% setuju. Dampak yang signifikan pada ekonomi masyarakat pesisir tercatat: 96% responden menyatakan pendapatan mereka menurun, 85% mengalami kerugian materiil berupa kerusakan harta benda, dan 77% responden pernah berpindah tempat tinggal. Hasil perhitungan LVI pada sembilan desa pesisir menunjukkan variasi tingkat kerentanan sosial ekonomi, di mana Desa Parentek (0,31) memiliki kerentanan rendah karena relatif lebih baik dalam aspek pangan, kesehatan, dan dampak abrasi, sementara kerentanan tertinggi terdapat pada Ranowangko (0,72) dan Lalumpe (0,94), terutama untuk komponen ketergantungan pada laut, keterbatasan air, serta kerugian akibat abrasi.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan analisis lanjut dari penelitian dengan judul “Studi Penetapan Zonasi Kawasan Pesisir Pantai Timur Minahasa Berbasis Mitigasi Bencana” yang didanai oleh DIPA BLU No. 198-023.17.2.677519/2024 Universitas Sam Ratulangi tahun 2024. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNSRAT yang telah memfasilitasi dan mendukung penelitian ini.

7. REFERENSI

- Adger, W. N. (2003). Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. *Economic Geography*, 79(4), 387-404.
- Amuzu, J., & Kabo-bah, A. T. (2018). Households' Livelihood Vulnerability to Climate Change and Climate Variability: A Case Study of the Coastal Zone, The Gambia. *Journal of Environment and Earth Science*, 8(1), 35-46.
- Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. (2011). Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 8(1), 71-80.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2008). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 89(2), 242-261.
- Damaywanti, K. (2013). Dampak Abrasi Pantai terhadap Lingkungan Sosial (Studi Kasus di Desa Bedono, Sayung, Demak). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 363-367.
- Dauhan S.K., Tawas H., et all. (2013). Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai di Atepe Oki. *Jurnal Sipil Statik*, 1(12), 784-796.
- Dewiyanti, S., Ma'ruf, A., & Indriyani, L. (2019). Adaptasi Nelayan Bajau terhadap Dampak Perubahan Iklim di Pesisir Soropia Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. *Ecogreen*, 5 (1), 23-29. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/green/article/view/4796>
- Dolan, A. H., & Walker, I. J. (2006). Understanding Vulnerability of Coastal Communities to Climate Change Related Risks, 2004(39), 1317-1324.
- Febriarta, E., Marfai, M. A., Hizbaron, D. R., & Larasati, A. (2020). Kajian Spasial Multi Kriteria DRASTIC Kerentanan Air Tanah Pesisir Akuifer Batugamping di Tanjungbuni Madura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 476-487
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A Pragmatic Approach to Assessing Risks from Climate Variability and Change - A Case Study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74-88. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ismiyanti, D., & Buchori, I. (2021). Dampak Abrasi terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Kecamatan Kedung, Jepara. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 17(3), 251-265. <https://doi.org/10.14710/pwk.17.3.251-265>

- Jones, R.N. An Environmental Risk Assessment/Management Framework for Climate Change Impact Assessments. *Natural Hazards* 23, 197–230 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1011148019213>
- Lee, T. D. N. (2020). Climate Adaptation in Coastal Cities of Developing Countries: Characterizing Types of Vulnerability and Adaptation Options. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(5), 739-761. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09888-z>
- Magnan, A.K., Oppenheimer, M., Garschagen, M. et al. (2022). Sea Level Rise Risks and Societal Adaptation Benefits in Low-Lying Coastal Areas. *Sci Rep* 12, 10677. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14303-w>
- Mahayana, I. N., Sangkertadi, & Karongkong, H. H. (2025). Dampak perubahan garis pantai akibat abrasi terhadap sosial ekonomi masyarakat Kecamatan Bolaang Uki. Skripsi, Universitas Sam Ratulangi.
- Newman, D.G., Qiao, Z. (2022). Landscape Architecture for Sea Level Rise, Innovative Global Solutions, New York Routledge, 1st Edition, 136-143
- Nicholls, R. J., Wong, P. P., Burkett, V. R., et al. (2007). Coastal Systems and Low-Lying Areas. *IPCC Fourth Assessment Report*.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2018 tentang Penetapan Batas Sempadan Pantai.
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2016 tentang Rencana Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2010 tentang Mitigasi Bencana di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Tampi S.Q., Tawas, H.J., Tangkudung, N.J.A. (2023). Analisis Sistem Pantai Di Kabupaten Minahasa. *Jurnal TEKNO*, 21(86), 2091-210. <https://doi.org/10.35793/jts.v21i86.52882>
- Ulfa, M. (2018). Persepsi Masyarakat Nelayan dalam Menghadapi Perubahan Iklim (Ditinjau dalam Aspek Sosial Ekonomi). *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, Dan Praktik Dalam Bidang Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 23(1), 5. <https://doi.org/https://doi.org/10.17977/um017v23i12018p041>
- Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Vinata R.T., Kumala, M.T., Serfiyani, C.Y. (2023). Climate Change and Reconstruction of Indonesia's Geographic Baselines: Reconfiguration of Baselines and Indonesian Archipelagic Sea lanes. *Marine Policy*, 148 (105443), ISSN 0308-597X, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105443>
- Warouw, F., Rondonuwu, D.M., Sondakh, J.R. (2024). Study of The Impact of Coastline Changes on Coastal Settlement Along the East Coast of Minahasa. *Devotion: Journal of Research and Community Service*, 5(2), 203-212. <https://doi.org/10.59188/devotion.v5i2.681>