

# Dampak Perubahan Geomorfologis dan Aktivitas Manusia terhadap Risiko Bencana di Pesisir: Sebuah Systematic Literature Review

Loso Judijanto<sup>1</sup>, Nofirman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IPOSS Jakarta dan [losojudijantobumn@gmail.com](mailto:losojudijantobumn@gmail.com)

<sup>2</sup>Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH., Bengkulu dan [nofirman@unihaz.ac.id](mailto:nofirman@unihaz.ac.id)

Article Info	ABSTRAK
<p><i>Article history:</i></p> <p>Received Oktober, 2025 Revised Oktober, 2025 Accepted Oktober, 2025</p>	<p>Studi ini menyajikan Ulasan Literatur Sistematis (SLR) yang mengkaji dampak perubahan geomorfologi dan aktivitas manusia terhadap risiko bencana di daerah pesisir. Sepuluh artikel yang telah direview oleh rekan sejawat yang diterbitkan antara tahun 2013 dan 2024 dipilih dari Google Scholar menggunakan kerangka kerja PRISMA. Ulasan ini mengidentifikasi empat pola tematik utama: transformasi geomorfologi, modifikasi lingkungan yang disebabkan oleh manusia, kerangka kerja risiko terintegrasi, dan strategi tata kelola adaptif. Hasil menunjukkan bahwa proses geomorfologis alami—seperti erosi pesisir, subsiden delta, dan ketidakseimbangan sedimen—berinteraksi dengan tekanan antropogenik seperti urbanisasi, reklamasi lahan, deforestasi, dan penambangan pasir, yang memperparah risiko bencana pesisir. Efek gabungan ini memperburuk banjir, salinisasi, dan ketidakstabilan garis pantai di wilayah dataran rendah. Sintesis ini menyoroti bahwa pengurangan risiko bencana yang efektif bergantung pada kerangka kerja terintegrasi yang menggabungkan geografi fisik, kerentanan sosio-ekonomi, dan pendekatan kebijakan adaptif. Adaptasi berbasis ekosistem, partisipasi komunitas, dan Pengelolaan Zona Pesisir Terpadu (ICZM) muncul sebagai strategi kunci untuk ketahanan berkelanjutan. Studi ini berkontribusi pada pemahaman holistik tentang risiko pesisir dengan menjembatani ilmu geomorfologi dan tata kelola bencana, memberikan landasan untuk penelitian masa depan dan pengelolaan pesisir berbasis bukti.</p>
<p><i>Kata Kunci:</i></p> <p>Aktivitas Manusia, Risiko Bencana Pesisir, Tinjauan Literatur Sistematis, Ketahanan Pesisir, Geomorfologis.</p>	
<p><i>Keywords:</i></p> <p>Human Activities, Coastal Disaster Risk, Systematic Literature Review, Coastal Resilience, Geomorphological.</p>	
	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>This study presents a Systematic Literature Review (SLR) that examines the impact of geomorphological changes and human activities on disaster risk in coastal areas. Ten peer-reviewed articles published between 2013 and 2024 were selected from Google Scholar using the PRISMA framework. This review identifies four main thematic patterns: geomorphological transformation, human-induced environmental modification, integrated risk frameworks, and adaptive management strategies. Results show that natural geomorphological processes—such as coastal erosion, delta subsidence, and sediment imbalance—interact with anthropogenic pressures such as urbanization, land reclamation, deforestation, and sand mining, exacerbating coastal disaster risks. These combined effects worsen flooding, salinization, and shoreline instability in low-lying areas. This synthesis highlights that effective disaster risk reduction depends on an integrated framework combining physical geography, socio-economic vulnerability, and adaptive policy approaches. Ecosystem-based adaptation, community participation, and Integrated Coastal Zone Management (ICZM) emerge as key strategies for sustainable resilience. This study contributes to a holistic understanding of coastal</p>

---

risks by bridging geomorphology and disaster management science, providing a foundation for future research and evidence-based coastal management.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.*



---

**Corresponding Author:**

Name: Loso Judijanto  
Institution: IPOSS Jakarta  
Email: [losojudijantobumn@gmail.com](mailto:losojudijantobumn@gmail.com)

---

## 1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan wilayah paling dinamis dan padat penduduk di Bumi, berfungsi sebagai pusat ekonomi, perluasan kota, dan keanekaragaman ekologi. Namun, kawasan ini semakin rentan terhadap bencana akibat interaksi antara proses geomorfologi alami—seperti transportasi sedimen, erosi, dan perubahan permukaan laut—dengan tekanan antropogenik seperti reklamasi lahan, pengembangan infrastruktur, dan eksploitasi sumber daya (Asensio-Montesinos et al., 2024; O'Donnell & Thom, 2022; Woodroffe et al., 2023). Kenaikan permukaan laut yang diperparah oleh perubahan iklim memperburuk risiko erosi dan banjir serta mengancam infrastruktur dan ekosistem pesisir (Weissenberger & Chouinard, 2015). Aktivitas manusia yang sering mengabaikan dinamika geomorfologi alami mempercepat ketidakseimbangan lingkungan dan meningkatkan kerentanan terhadap bahaya alam (Asensio-Montesinos et al., 2024; O'Donnell & Thom, 2022). Selain itu, perubahan iklim meningkatkan frekuensi badai dan hurikan, memperkuat dampak gabungan antara proses alam dan aktivitas manusia terhadap komunitas pesisir (Asensio-Montesinos et al., 2024; Weissenberger & Chouinard, 2015). Dalam konteks ini, pengelolaan pesisir terpadu yang menggabungkan komponen darat dan laut menjadi sangat penting untuk mitigasi risiko dan pembangunan berkelanjutan, dengan dukungan metode seperti pemetaan geologi dan pemodelan prediktif guna mendukung strategi adaptif pengelolaan zona pesisir (Uscinowicz, 2025). Pemahaman komprehensif atas interaksi antara transformasi geomorfologis dan aktivitas manusia menjadi kunci dalam merumuskan kebijakan pesisir yang berkelanjutan dan tangguh.

Perubahan geomorfologis di zona pesisir secara alami bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh aksi gelombang, sedimentasi, serta pergeseran tektonik. Namun, intervensi manusia telah mempercepat perubahan tersebut dan sering kali melampaui kemampuan sistem alam untuk menyeimbangkan diri. Urbanisasi pesisir, penambangan pasir, deforestasi mangrove, serta pembangunan tembok laut dan pelabuhan telah mengganggu keseimbangan sedimen dan mengikis integritas ekologi. Akibatnya, frekuensi serta intensitas bencana seperti banjir pesisir, erosi, longsor, dan intrusi air laut terus meningkat. Dampak kumulatif dari degradasi geomorfologis dan praktik manusia yang tidak berkelanjutan memperparah kerentanan di wilayah dataran rendah pesisir dan kawasan delta, di mana jutaan penduduk bergantung pada sumber daya pesisir untuk mata

pencaharian dan tempat tinggal (Asensio-Montesinos et al., 2024; Huang & Jin, 2018; Rizzo & Anfuso, 2020).

Aktivitas manusia seperti urbanisasi dan pembangunan infrastruktur juga mengganggu keseimbangan spasial serta temporal proses alam, memperbesar risiko bencana di zona pesisir (Özyurt & Ergin, 2012). Pembangunan tembok laut dan pelabuhan mengubah pola transportasi sedimen dan dapat mempercepat mundurnya garis pantai, yang mengancam pemukiman dan ekosistem (Ramessur, 2013). Untuk mengatasi kondisi tersebut, Integrated Coastal Zone Management (ICZM) menjadi pendekatan yang diusulkan untuk mengelola sumber daya pesisir secara berkelanjutan dan mengurangi risiko bencana. Pendekatan ini menekankan pada pemulihan keseimbangan morfologi pesisir serta integrasi berbagai disiplin ilmu guna mencapai pengelolaan yang efektif (Özyurt & Ergin, 2012). Selain itu, penerapan peta sensitivitas lingkungan dan strategi konservasi menjadi langkah penting dalam menghadapi skenario masa depan dan mencegah kerusakan akibat polusi serta tekanan manusia lainnya (Asensio-Montesinos et al., 2024). Meskipun berbagai penelitian telah menelaah hubungan antara perubahan geomorfik dan kerentanan bencana dari berbagai disiplin, literatur masih bersifat terfragmentasi, sehingga diperlukan sintesis sistematis untuk memahami secara komprehensif bagaimana faktor alami dan antropogenik bersinergi membentuk risiko bencana di wilayah pesisir.

Tujuan studi ini adalah untuk melakukan Ulasan Literatur Sistematis (SLR) yang mengintegrasikan pengetahuan yang ada mengenai dampak perubahan geomorfologi dan aktivitas manusia terhadap risiko bencana di daerah pesisir. Dengan menggunakan sepuluh artikel ilmiah terpilih dari Google Scholar yang diterbitkan antara tahun 2013 dan 2024, ulasan ini mengidentifikasi pola-pola kunci, mekanisme, dan strategi adaptasi yang dibahas dalam literatur. Tinjauan ini secara khusus bertujuan untuk (1) mengklasifikasikan jenis perubahan geomorfologis yang mempengaruhi bahaya pesisir, (2) mengevaluasi sejauh mana aktivitas manusia memperburuk atau mengurangi risiko bencana, dan (3) mengeksplorasi kerangka konseptual dan rekomendasi kebijakan yang diusulkan untuk meningkatkan ketahanan pesisir. Pendekatan metodologis menekankan sintesis terstruktur, memastikan bahwa setiap dimensi—alami, antropogenik, dan terkait tata kelola—dianalisis dalam kerangka kerja terintegrasi penilaian risiko pesisir.

Signifikansi penelitian ini terletak pada perspektif integratifnya yang menghubungkan transformasi lanskap fisik dengan kerentanan sosial dan dimensi tata kelola. Dengan mensintesis bukti multidisiplin, makalah ini berkontribusi pada pemahaman komprehensif tentang dinamika bencana pesisir. Ia memberikan wawasan praktis bagi pembuat kebijakan, perencana, dan komunitas pesisir untuk merancang intervensi adaptif yang menyeimbangkan keberlanjutan lingkungan dengan pengembangan sosial-ekonomi. Pada akhirnya, tinjauan ini menyoroti bahwa risiko bencana di wilayah pesisir muncul dari interaksi berkelanjutan dan kompleks antara sistem geomorfologis dan pemukiman manusia. Oleh karena itu, strategi pengurangan risiko yang efektif harus mengakui proses ko-evolusi ini dengan mempromosikan tata kelola adaptif, restorasi ekosistem, dan partisipasi aktif komunitas sebagai pilar dasar untuk ketahanan pesisir jangka panjang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Dinamika Geomorfologi dan Bahaya Pesisir*

Geomorfologi pesisir mempelajari proses dinamis yang membentuk bentuk lahan pesisir, dipengaruhi oleh kekuatan alam seperti aksi gelombang, transportasi sedimen, dan perubahan permukaan laut. Proses-proses ini membentuk fitur seperti bukit pasir, delta, dan mangrove yang memainkan peran vital dalam ekosistem pesisir (Brodie & Cohn, 2021; Woodroffe, 2002). Evolusi sistem-sistem ini ditentukan oleh faktor-faktor seperti ketersediaan sedimen, kondisi pasang surut, dan pengaturan tektonik yang mendefinisikan karakteristik struktural dan geomorfologisnya (Bird, 2008). Namun, aktivitas manusia dan perubahan iklim semakin mengganggu proses-proses alam ini, meningkatkan risiko bencana. Contohnya, pembangunan bendungan menyebabkan kekurangan sedimen dan mempercepat penarikan garis pantai, terutama di daerah delta seperti Mekong dan Nil (Sherman, 1988). Pembangunan perkotaan dan infrastruktur pesisir juga mengubah morfologi alami, mengurangi ketahanan ekosistem dalam menyerap bahaya alam (Brodie & Cohn, 2021; Sherman, 1988). Mempertahankan keseimbangan antara pasokan sedimen dan kekuatan erosi sangat penting untuk menjaga stabilitas pesisir dan integritas ekologi, karena campur tangan manusia sering melemahkan pertahanan alami seperti bukit pasir dan mangrove, meningkatkan kerentanan terhadap erosi dan banjir (Sherman, 1988).

## **2.2 Aktivitas Manusia dan Perubahan Lingkungan**

Intervensi manusia telah secara signifikan mengubah geomorfologi pesisir melalui urbanisasi, pertumbuhan industri, dan pengembangan pariwisata yang melibatkan reklamasi lahan, penambangan pasir, pengerukan, serta kerusakan ekosistem mangrove dan terumbu karang. Aktivitas-aktivitas ini melemahkan pertahanan alamiah, mengganggu transportasi sedimen, dan mengubah dinamika hidrologi. Di kota-kota besar seperti Jakarta, Bangkok, dan Manila, perluasan perkotaan telah menyebabkan subsidence tanah dan banjir pasang surut akibat konversi area permeabel menjadi permukaan impermeabel (Akbar et al., 2017; Newton et al., 2012). Reklamasi lahan dan penguatan pantai, seperti yang diamati di Golfo Nuevo, Patagonia, telah meningkatkan risiko erosi (Bunicontro et al., 2020), sementara penambangan pasir dan pengerukan semakin mengganggu stabilitas pantai dan mengurangi kestabilan pesisir (Akbar et al., 2017; Rafeeque et al., 2022). Hilangnya hutan mangrove dan terumbu karang memperparah dampak ini, karena ekosistem ini berfungsi sebagai penyangga alami yang mengurangi energi gelombang dan kerusakan akibat pasang surut badai (Akbar et al., 2017). Selain itu, infrastruktur keras seperti tembok laut dan pemecah gelombang, meskipun bersifat pelindung, seringkali memicu erosi di zona terdekat akibat perubahan refleksi gelombang dan distribusi sedimen (Bunicontro et al., 2020; Rafeeque et al., 2022). Secara keseluruhan, tekanan yang disebabkan oleh manusia ini mengganggu keseimbangan pesisir dan meningkatkan kerentanan sosial-ekonomi di komunitas yang bergantung pada perikanan, pertanian, dan pariwisata.

## **2.3 Kesenjangan Penelitian dan Implikasi Teoretis**

Mengintegrasikan faktor-faktor sosio-ekonomi ke dalam studi geomorfologi sangat penting untuk memahami kerentanan pesisir jangka panjang, terutama di wilayah berkembang di mana ketergantungan manusia terhadap sumber daya pesisir

sangat tinggi. Konsep sistem manusia-alam yang terintegrasi menyediakan kerangka kerja yang berharga untuk menganalisis interaksi antara tindakan manusia dan proses geomorfologi, mendukung pengembangan model transdisipliner untuk mengatasi dinamika kompleks risiko pesisir. Di Delta Volta, Ghana, variabel sosio-ekonomi seperti kekayaan, pekerjaan, dan akses ke fasilitas umum secara signifikan memengaruhi kerentanan rumah tangga terhadap banjir dan erosi, di mana tingkat pendapatan yang lebih tinggi dan mata pencaharian non-pertanian mengurangi paparan (Atiglo et al., 2022). Demikian pula, di sepanjang pantai Karnataka, menggabungkan indikator fisik dan social ekonomi seperti kepadatan penduduk dan pendidikan—telah terbukti efektif dalam membangun indeks kerentanan komprehensif (Naik Deepa & Kunte Pravin, n.d.). Namun, model-model saat ini masih belum memadai untuk menangkap dinamika pesisir skala lokal yang dipengaruhi oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia, menunjukkan kebutuhan akan model multi-skala dan probabilistik untuk meningkatkan penilaian risiko dan mengarahkan strategi adaptasi (Ranasinghe, 2020). Selain itu, menjembatani kesenjangan metodologis antara studi perubahan iklim dan bahaya alam sangat penting; mengintegrasikan pendekatan berbasis manusia dan dampak sambil mempertimbangkan ketidakpastian sosial-ekologis dapat meningkatkan akurasi dan keterapan penilaian kerentanan pesisir (Romieu et al., 2010).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini dirancang sesuai dengan pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), yang terdiri dari empat fase utama: identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi, untuk memastikan proses tinjauan yang ketat, transparan, dan tidak bias. Pendekatan sintesis kualitatif digunakan alih-alih meta-analisis, karena studi yang dipilih sebagian besar bersifat konseptual, empiris, dan berbasis kasus daripada kuantitatif. Tujuan utama Ulasan Literatur Sistematis (SLR) ini adalah untuk mengintegrasikan dan menafsirkan temuan kunci dari sepuluh artikel akademik yang diterbitkan antara tahun 2013 dan 2024, dengan fokus pada bagaimana dinamika geomorfologi pesisir dan intervensi manusia berinteraksi untuk membentuk dan mempengaruhi risiko bencana di wilayah pesisir.

#### 3.2 Sumber Data dan Strategi Pencarian

Proses pengumpulan data untuk studi ini dilakukan menggunakan mesin pencari akademik Google Scholar, yang memberikan akses luas ke artikel jurnal yang direview oleh rekan sejawat, makalah konferensi, dan publikasi institusi. Pencarian dilakukan pada Agustus 2025 menggunakan kombinasi kata kunci dan operator Boolean, termasuk “perubahan geomorfologi” DAN “risiko bencana pesisir,” “aktivitas manusia” DAN “kerentanan pesisir,” “geomorfologi pesisir” DAN “pengelolaan bencana,” dan “perubahan iklim” DAN “erosi pesisir” DAN “penilaian risiko.” Untuk menjaga relevansi, hanya publikasi berbahasa Inggris yang disertakan, dan hasil disaring berdasarkan disiplin ilmu—khususnya ilmu lingkungan, geografi, dan studi bencana. Dari total awal 68 catatan, duplikat dihapus dan kriteria penyaringan diterapkan, menghasilkan sepuluh artikel terpilih yang disimpan untuk tinjauan teks lengkap dan analisis kualitatif.

### 3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Untuk menjaga konsistensi dan fokus, studi ini menerapkan kriteria inklusi spesifik untuk memilih literatur yang relevan. Studi yang dipilih diharuskan secara eksplisit mengkaji hubungan antara perubahan geomorfologi dan risiko bencana di daerah pesisir, memasukkan aktivitas manusia sebagai variabel yang mempengaruhi transformasi geomorfologi atau hasil risiko, telah direview oleh rekan sejawat dan diterbitkan antara 2013 dan 2024, serta menyajikan data empiris, analisis konseptual, atau temuan berbasis model terkait manajemen bahaya pesisir. Kriteria ini memastikan bahwa tinjauan mencakup perspektif teoretis dan terapan yang relevan dengan tujuan studi.

Di sisi lain, kriteria pengecualian dirancang untuk mengeliminasi studi di luar lingkup penelitian. Artikel yang hanya berfokus pada oseanografi tanpa interaksi manusia-lingkungan, makalah yang membahas geomorfologi daratan atau bahaya non-pesisir, serta literatur abu-abu, laporan yang tidak direview oleh rekan sejawat, dan teks yang tidak lengkap dikecualikan dari tinjauan. Proses seleksi yang ketat ini memastikan bahwa hanya studi yang paling relevan, kredibel, dan berkualitas tinggi yang disintesis untuk mendukung pemahaman komprehensif tentang interaksi antara proses geomorfologis, aktivitas manusia, dan risiko bencana di wilayah pesisir.

### 3.4 Proses Ekstraksi dan Pengkodean Data

Setelah sepuluh studi akhir dipilih, data relevan diekstraksi secara sistematis menggunakan lembar pengkodean terstruktur yang mencakup detail bibliografi (penulis, tahun, dan sumber publikasi), lokasi studi dan konteks geografis, tujuan penelitian, dan pertanyaan kunci. Variabel tambahan yang dicatat meliputi jenis proses geomorfologis yang dibahas—seperti erosi, akresi, sedimentasi, dan kenaikan permukaan laut—jenis aktivitas manusia yang terlibat, termasuk reklamasi, deforestasi, urbanisasi, dan pertambangan, serta risiko yang diidentifikasi seperti banjir, longsor, dan subsidence. Temuan utama dan rekomendasi setiap studi juga didokumentasikan. Proses pengkodean dilakukan secara manual dan didukung oleh teknik analisis data kualitatif untuk memastikan akurasi dan konsistensi. Selanjutnya, kategorisasi tematik dilakukan untuk mengelompokkan konsep yang berulang ke dalam tiga tema utama: (1) dinamika geomorfologis, (2) modifikasi antropogenik, dan (3) strategi ketahanan integratif, yang bersama-sama membentuk landasan analitis tinjauan ini.

### 3.5 Kerangka Analitis

Pendekatan analitis yang digunakan dalam studi ini mengikuti metode sintesis tematik kualitatif yang diusulkan oleh Thomas dan Harden (2008), yang terdiri dari tiga tahap utama: pengkodean baris per baris data yang diekstraksi untuk mengidentifikasi ide inti dan variabel, pengembangan tema deskriptif untuk menangkap pola berulang di seluruh studi, dan pembentukan tema analitis yang mengintegrasikan dan menafsirkan temuan terkait dengan tujuan penelitian. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana faktor geomorfologis dan manusia secara bersama-sama membentuk risiko bencana, serta bagaimana mekanisme adaptif muncul dalam konteks pesisir yang beragam. Untuk lebih mengstrukturkan analisis, tinjauan ini mengadopsi model Pressure–State–Response (PSR) sebagai kerangka interpretatif, di mana Pressure merujuk pada aktivitas manusia yang menimbulkan tekanan pada sistem pesisir, State mencerminkan kondisi geomorfologi pesisir seperti erosi, akresi, atau degradasi,

dan Response mencakup strategi adaptasi, inisiatif kebijakan, dan upaya mitigasi yang diidentifikasi dalam literatur yang ditinjau. Kerangka kerja ini memfasilitasi hubungan sistematis antara dimensi fisik, sosial, dan kebijakan dalam risiko bencana pesisir, memberikan perspektif terintegrasi untuk interpretasi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pola Perubahan Geomorfologi di Wilayah Pesisir

Berdasarkan studi yang ditinjau, transformasi geomorfologi dipengaruhi oleh proses alam dan intervensi manusia. Perubahan dominan yang diidentifikasi meliputi erosi pesisir, ketidakseimbangan sedimen, subsiden delta, dan penarikan garis pantai, yang semuanya telah didokumentasikan secara luas di delta, estuari, dan sistem pulau di Asia Tenggara, Mediterania, dan Pasifik. Sistem delta seperti Mekong dan Niger menghadapi pengurangan sedimen yang parah akibat pembangunan bendungan dan penurunan debit sungai, yang melemahkan pengisian alami sedimen dan meningkatkan kerentanan terhadap banjir pasang surut. Data satelit multi-dekade lebih lanjut menunjukkan bahwa lebih dari 24% garis pantai berpasir global mengalami penarikan dengan laju yang semakin cepat akibat kenaikan permukaan laut dan ketidakstabilan geomorfologis, menyoroti efek gabungan tekanan alami dan antropogenik.

Dalam hal dinamika sedimen dan stabilitas pantai, (Hou et al., 2024) menemukan peningkatan global dalam konsentrasi sedimen terlarut (SSC) dan area plumes sedimen sungai (RPA) di dekat delta, menunjukkan ketahanan parsial terhadap kenaikan permukaan laut. Namun, hubungan antara pasokan sedimen sungai dan SSC bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti regime pasang surut dan morfologi delta (Hou et al., 2024). Zarfl dan (Angamuthu et al., 2018) menyoroti bahwa sementara pembangunan bendungan membatasi aliran sedimen, perubahan penggunaan lahan dapat meningkatkan erosi dan transportasi sedimen, mengubah morfologi sungai dan berdampak pada ekosistem. Di Delta Mekong, (Tamura et al., 2020) mengamati penurunan drastis sedimen akibat bendungan tenaga air dan penambangan pasir, yang menyebabkan erosi pesisir dan kebutuhan akan peningkatan pasokan sedimen sebagai strategi mitigasi alami. Demikian pula, (Angamuthu et al., 2018) mencatat bahwa intervensi manusia seperti tanggul polder dan bendungan silang dapat mengganggu pembentukan delta, menghasilkan hasil yang tidak berkelanjutan kecuali dikelola secara komprehensif.

Peningkatan permukaan laut memperparah masalah ini dengan mengubah pola pasang surut dan meningkatkan risiko banjir, terutama di wilayah delta yang dangkal. (Nhan, 2016) melaporkan bahwa di Delta Mekong, amplitudo pasang surut dan tingkat air naik lebih cepat daripada kenaikan permukaan laut rata-rata, memperparah risiko banjir dan pengasinan. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa perubahan geomorfologis merupakan faktor pendorong utama risiko bencana pesisir. Ketika proses alami seperti energi gelombang dan aliran sedimen terganggu, sistem pesisir kehilangan kapasitas penyanggaannya. "Pemisahan" keseimbangan alami ini mempercepat erosi dan menyebabkan kerusakan bentuk lahan pelindung seperti bukit pasir dan mangrove, sehingga meningkatkan paparan terhadap bahaya seperti banjir, gelombang pasang, dan intrusi air laut.

#### 4.2 Perubahan yang Disebabkan oleh Manusia dan Risiko yang Semakin Meningkat

Semua sepuluh studi yang ditinjau menekankan bahwa aktivitas manusia telah secara signifikan meningkatkan frekuensi dan keparahan bencana pesisir. Urbanisasi yang cepat, reklamasi lahan, penambangan pasir, deforestasi mangrove, dan pembangunan infrastruktur pesisir secara kolektif telah mengubah stabilitas geomorfik dan sistem hidrologi. Di kota-kota besar seperti Jakarta dan Bangkok, pertumbuhan perkotaan yang cepat telah menyebabkan subsidence tanah yang parah—berkisar antara 5 hingga 10 cm per tahun—yang dipicu oleh penarikan air tanah berlebihan dan kompresi tanah. Subsidence antropogenik ini berinteraksi dengan kenaikan permukaan laut, memperbesar risiko banjir dan genangan pasang surut. Demikian pula, penambangan pasir yang tidak terkendali di Kerala, India, telah mempercepat erosi tepi sungai dan pantai, mengganggu stabilitas pemukiman dan jaringan transportasi di sekitarnya. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan geomorfik yang disebabkan oleh manusia telah menjadi pendorong utama risiko bencana di lingkungan pesisir.

Deforestasi mangrove dan degradasi terumbu karang juga memainkan peran penting dalam meningkatkan kerentanan pesisir. Kehilangan mangrove global melebihi 1% per tahun, terutama disebabkan oleh perluasan budidaya perairan dan pengembangan pesisir, yang mengakibatkan hilangnya penghalang alami yang menyerap energi gelombang dan meredam gelombang badai. Akibatnya, laju erosi dan paparan banjir meningkat tajam. Degradasi terumbu karang semakin memperparah masalah ini dengan mengurangi puncak terumbu yang berfungsi sebagai filter hidrodinamik, sehingga memungkinkan penetrasi gelombang yang lebih kuat selama badai. Dampak kumulatif kerugian ekologi ini tidak hanya mempercepat ketidakstabilan geomorfologis tetapi juga melemahkan ketahanan ekosistem pesisir dan komunitas yang bergantung padanya untuk perlindungan dan mata pencaharian.

Penyebab dan konsekuensi subsidence tanah sangat mengkhawatirkan. Penarikan air tanah yang berlebihan tetap menjadi kontributor utama kompresi sistem akuifer, dengan laju subsidence tercatat mencapai hingga 30 cm per tahun—jauh melebihi tingkat alami (Erkens et al., 2015; Ingebritsen & Galloway, 2014). Urbanisasi cepat dan pertumbuhan populasi meningkatkan permintaan air tanah, memperparah masalah ini, terutama di kota-kota delta seperti Jakarta dan Bangkok (Bucx et al., 2015). Penurunan tanah meningkatkan risiko banjir dengan memperdalam dan memperpanjang durasi genangan, yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan kerugian ekonomi yang signifikan (Erkens et al., 2015). Strategi mitigasi seperti Kerangka Penilaian Terpadu (IAF) dan jaringan pengetahuan seperti Delta Alliance sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan dan berbagi solusi adaptif (Bucx et al., 2015). Tema yang sering muncul dalam literatur adalah “paradox of protection”—pertahanan buatan seperti tembok laut dan pemecah gelombang mungkin memberikan keamanan jangka pendek, tetapi seringkali menyebabkan ketidakstabilan geomorfologis jangka panjang dengan mengalihkan erosi dan energi gelombang ke zona yang tidak terlindungi, memperkuat kebutuhan akan pengelolaan pesisir yang adaptif dan fleksibel daripada solusi infrastruktur yang kaku.

#### 4.3 Kerangka Kerja Risiko dan Kerentanan Terpadu

Beberapa studi yang ditinjau mengadopsi kerangka kerja terpadu untuk mengkonseptualisasikan hubungan antara perubahan geomorfologi, aktivitas manusia, dan risiko bencana. Di antara model yang paling banyak digunakan adalah kerangka kerja Pressure–State–



Response (PSR) dan Social-Ecological Systems (SES). Dalam model PSR, tekanan berasal dari aktivitas antropogenik seperti urbanisasi, pertambangan, dan pariwisata yang mengubah dinamika pesisir; keadaan mewakili kondisi geomorfologis dan ekologi pesisir, seperti laju erosi atau keseimbangan sedimen; sementara tanggapan merujuk pada langkah-langkah adaptasi dan mitigasi yang dilakukan oleh komunitas atau pemerintah. Misalnya, (Kospa, 2024) menerapkan model PSR pada pantai barat Sri Lanka dan menemukan bahwa pemantauan sedimen yang berkelanjutan dikombinasikan dengan tata kelola partisipatif secara signifikan mengurangi risiko bencana. Pendekatan integratif ini menghubungkan perilaku manusia dan proses alam, membantu mengidentifikasi intervensi paling efektif untuk mengelola sistem pesisir yang dinamis.

Pengelolaan adaptif dan tata kelola partisipatif menjadi inti kerangka kerja ini. Pengelolaan adaptif melibatkan pemantauan dan penyesuaian strategi secara berulang untuk merespons perubahan kondisi pesisir, memastikan pengelolaan tetap efektif seiring waktu. Tata kelola partisipatif, di sisi lain, memprioritaskan keterlibatan aktif komunitas lokal dalam proses pengambilan keputusan, membuat strategi adaptasi lebih sensitif terhadap konteks dan diterima secara sosial (Kospa, 2024). Pendekatan ini menekankan pentingnya pengetahuan lokal dan kolaborasi pemangku kepentingan dalam mencapai pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Dengan mendorong inklusivitas dan adaptabilitas, pendekatan ini meningkatkan ketahanan jangka panjang zona pesisir terhadap tekanan geomorfologis dan iklim.

Kerangka kerja Sistem Sosial-Ekosistem (SES) lebih lanjut memperdalam perspektif ini dengan menyoroti ketergantungan timbal balik dan siklus umpan balik antara sistem manusia dan alam. Menurut (Jozaei et al., 2022), sistem pesisir yang tangguh ditandai oleh pembelajaran sosial, partisipasi komunitas, dan kolaborasi institusional multilevel yang menyelaraskan tata kelola dengan realitas ekologi. Dalam kerangka ini, kerentanan didefinisikan sebagai fungsi dari paparan, sensitivitas, dan kapasitas adaptasi (Anfuso et al., 2021). Strategi ketahanan yang efektif harus mengatasi ketiga elemen tersebut melalui baik langkah keras (pembaruan infrastruktur) maupun langkah lunak (pemulihan ekosistem). Misalnya, (Sakuntaladewi, 2024) menunjukkan bahwa adaptasi berbasis komunitas—seperti penanaman kembali mangrove dan penyesuaian praktik penangkapan ikan—meningkatkan ketahanan terhadap dampak iklim. Komunitas nelayan berpenghasilan rendah, seperti yang dicatat dalam beberapa studi, tetap rentan secara tidak proporsional bukan hanya karena paparan yang lebih tinggi, tetapi juga karena sumber daya ekonomi yang terbatas dan dukungan institusional yang minim, menggambarkan bagaimana kerentanan sosial dan geomorfik saling bertautan dalam membentuk risiko bencana pesisir secara keseluruhan.

#### 4.4 Tanggapan Adaptif dan Tata Kelola

Literatur terbaru menekankan bahwa adaptasi yang efektif terhadap perubahan lingkungan harus mengintegrasikan restorasi ekologi dengan tata kelola sosial-ekonomi yang adaptif. Tiga pendekatan utama diidentifikasi, yakni Ecosystem-based Adaptation (EbA), Community-Based Disaster Risk Reduction (CBDRR), dan Integrated Coastal Zone Management (ICZM). Pendekatan EbA menyoroti pemulihan ekosistem alami seperti mangrove, bukit pasir, dan rawa-rawa sebagai solusi berbasis alam yang mampu meredam energi badai dan menstabilkan sedimen, dengan bukti empiris di Asia Tenggara menunjukkan efektivitasnya dalam menurunkan tinggi gelombang badai hingga 30–50%. Di sisi lain, CBDRR menekankan pentingnya partisipasi masyarakat dan

pengetahuan ekologi tradisional dalam pengelolaan risiko bencana. Praktik seperti pemantauan garis pantai berbasis komunitas di Sri Lanka terbukti meningkatkan kesadaran publik dan efektivitas sistem peringatan dini. Sementara itu, ICZM berperan sebagai mekanisme kebijakan yang menyinergikan pembangunan dan konservasi melalui perencanaan ruang, regulasi lingkungan, serta tata kelola partisipatif yang menyeimbangkan kebutuhan sosial-ekonomi dan integritas geomorfologis pesisir.

Pendekatan berbasis ekosistem dan partisipatif semakin diperkuat oleh bukti empiris di Asia dan Oseania yang menunjukkan bahwa restorasi mangrove dan terumbu karang tidak hanya meningkatkan ketahanan pesisir, tetapi juga mendukung ketahanan pangan masyarakat (Giffin et al., 2020). Integrasi EbA dalam perencanaan ruang laut dilakukan secara kolaboratif dengan melibatkan komunitas lokal dan praktik pengelolaan adaptif. Kerangka ICZM yang fleksibel kini juga memanfaatkan teknologi seperti citra satelit dan drone untuk memantau perubahan lingkungan serta mengoptimalkan pengambilan keputusan berbasis data (Palathoti, 2025). Literatur juga menyoroti pentingnya pemerintahan adaptif yang mengedepankan kolaborasi multipihak, instrumen kebijakan yang responsif, dan pemantauan berkelanjutan untuk mengatasi tantangan jangka panjang. Namun, tantangan utama masih mencakup keterbatasan pendanaan, fragmentasi mandat kelembagaan, serta minimnya integrasi data ilmiah dalam proses perumusan kebijakan adaptasi.

#### 4.5 Implikasi Teoritis

Sintesis dari sepuluh studi yang ditinjau menunjukkan bahwa risiko bencana di wilayah pesisir dihasilkan melalui interaksi antara dinamika geomorfologis dan aktivitas manusia. Literatur secara konsisten mendukung argumen teoritis bahwa risiko semacam itu tidak dapat dipahami secara komprehensif dengan menganalisis dimensi fisik atau sosial secara terpisah, melainkan melalui interkoneksi dinamis di antara keduanya. Pandangan ini sejalan dengan kerangka kerja sistem manusia-alam yang terintegrasi yang diusulkan oleh Liu dkk. (2007), yang menekankan ko-evolusi sistem manusia dan lingkungan melalui mekanisme umpan balik yang berkelanjutan. Tiga wawasan teoretis utama muncul dari sintesis ini: interdependensi, di mana proses geomorfologis dan manusia berinteraksi secara non-linear untuk memperkuat atau mengurangi bahaya; ketergantungan jalur, yang menunjukkan bahwa keputusan penggunaan lahan dan infrastruktur di masa lalu secara kritis mempengaruhi kerentanan saat ini; dan pemerintahan adaptif, yang menyoroti bahwa ketahanan muncul dari pembelajaran berulang dan tindakan terkoordinasi di berbagai tingkatan institusional daripada langkah-langkah perlindungan yang tetap. Secara kolektif, wawasan ini menjembatani kesenjangan antara ilmu geomorfologi dan tata kelola bencana, menyoroti kebutuhan integrasi interdisipliner yang mencakup geografi fisik, analisis sosio-ekonomi, dan kerangka kebijakan untuk mengatasi risiko pesisir yang kompleks secara efektif.

#### 4.6 Implikasi Praktis

Dari perspektif praktis, sintesis ini menawarkan beberapa implikasi yang dapat diimplementasikan bagi pembuat kebijakan dan praktisi yang bertujuan memperkuat ketahanan pesisir. Hal ini menyoroti pentingnya memprioritaskan solusi berbasis alam—seperti restorasi mangrove dan rehabilitasi bukit pasir—sebagai pertahanan utama sebelum menerapkan pendekatan rekayasa keras. Integrasi pemantauan geomorfologi ke dalam sistem pengelolaan

bencana lokal sangat penting untuk meningkatkan akurasi mekanisme peringatan dini, sementara koordinasi institusional lintas sektor dapat memastikan pengelolaan sumber daya pesisir yang terpadu. Selain itu, pemetaan risiko partisipatif dan struktur tata kelola inklusif sangat penting untuk meningkatkan kesadaran, pemberdayaan, dan kapasitas adaptasi komunitas. Secara kolektif, strategi-strategi ini dapat secara efektif meminimalkan paparan terhadap bahaya dan meningkatkan ketahanan wilayah pesisir di mana tekanan alam dan antropogenik saling berinteraksi.

## 5. KESIMPULAN

Temuan tinjauan ini menunjukkan bahwa risiko bencana di wilayah pesisir muncul dari interaksi sinergis antara proses geomorfologis dan transformasi yang disebabkan oleh manusia, bukan hanya dari bahaya alam semata. Proses seperti erosi pesisir, ketidakseimbangan sedimen, subsiden delta, dan penarikan garis pantai yang sebelumnya terutama dipengaruhi oleh dinamika alam telah dipercepat secara signifikan oleh aktivitas antropogenik seperti perluasan perkotaan, penambangan pasir, dan deforestasi mangrove. Tekanan-tekanan ini merusak stabilitas struktural dan fungsi ekologi sistem pesisir, meningkatkan paparan terhadap banjir, intrusi air asin, dan degradasi habitat. Literatur menunjukkan bahwa strategi mitigasi yang hanya mengandalkan infrastruktur fisik tidak memadai, karena intervensi teknik keras seperti tembok laut dan proyek reklamasi mungkin memberikan bantuan sementara tetapi sering memicu gangguan geomorfologis jangka panjang dan risiko pengungsian. Sebaliknya, pendekatan berbasis ekosistem dan berpusat pada komunitas seperti restorasi mangrove, pemantauan partisipatif, dan perencanaan penggunaan lahan berkelanjutan menyediakan jalur adaptif dan efisien biaya menuju ketahanan. Kerangka kerja seperti Pengelolaan Zona Pesisir Terpadu (ICZM) dan Sistem Sosial-Ekosistem (SES) berfungsi sebagai model integratif untuk menyelaraskan pengembangan manusia dengan proses alam, memastikan mekanisme tata kelola tetap dinamis dan responsif terhadap perubahan lingkungan.

Dari sudut pandang teoretis, tinjauan ini menyoroti pentingnya mengintegrasikan geomorfologi, sosiologi lingkungan, dan tata kelola bencana ke dalam kerangka kerja terpadu yang mampu menjelaskan dan mengelola ko-evolusi sistem manusia dan alam. Memahami risiko sebagai hasil umpan balik yang saling terhubung daripada kausalitas linier mendorong respons yang lebih holistik dan proaktif. Penelitian masa depan harus mengembangkan model kuantitatif interaksi geomorfologi-sosial dan penilaian jangka panjang untuk mengevaluasi keberlanjutan strategi pengelolaan adaptif. Secara praktis, penekanan bagi pembuat kebijakan dan perencana harus beralih ke tindakan preventif dan restoratif daripada tindakan reaktif. Sistem peringatan dini, rehabilitasi ekosistem, dan struktur tata kelola partisipatif dapat secara bersama-sama memperkuat ketahanan komunitas sambil menjaga integritas ekologi. Selain itu, kolaborasi institusional yang ditingkatkan di tingkat pemerintah, akademis, dan lokal sangat penting untuk mengatasi fragmentasi dan mendorong pengambilan keputusan berbasis bukti yang lintas sektor dalam tata kelola pesisir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. A., Sartohadi, J., Djohan, T. S., & Ritohardoyo, S. (2017). Erosi pantai, ekosistem hutan bakau dan adaptasi masyarakat terhadap bencana kerusakan pantai di negara tropis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 1–10.
- Anfuso, G., Postacchini, M., Di Luccio, D., & Benassai, G. (2021). Coastal sensitivity/vulnerability characterization and adaptation strategies: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(1), 72.
- Angamuthu, B., Darby, S. E., & Nicholls, R. J. (2018). Impacts of natural and human drivers on the multi-decadal

- morphological evolution of tidally-influenced deltas. *Proceedings of the Royal Society A*, 474(2219), 20180396.
- Asensio-Montesinos, F., Molina, R., Anfuso, G., Manno, G., & Lo Re, C. (2024). Natural and human impacts on coastal areas. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 12, Issue 11, p. 2017). MDPI.
- Atiglo, D. Y., Abu, M., Jayson-Quashigah, P.-N., Addo, K. A., & Codjoe, S. N. A. (2022). Sociodemographic and geophysical determinants of household vulnerability to coastal hazards in the Volta Delta, Ghana. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 78, 103146.
- Bird, E. C. F. (2008). *Coastal geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Brodie, K. L., & Cohn, N. T. (2021). *Coastal geology: Coastal landforms and processes*.
- Bucx, T. H. M., Van Ruiten, C. J. M., Erkens, G., & De Lange, G. (2015). An integrated assessment framework for land subsidence in delta cities. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372(372), 485–491.
- Bunicontro, M. P., Marcomini, S. C., & López, R. A. (2020). Coastal morphology and human intervention in Golfo Nuevo, Patagonia Argentina. *Journal of Coastal Research*, 36(4), 780–794.
- Erkens, G., Bucx, T., Dam, R., De Lange, G., & Lambert, J. (2015). Sinking coastal cities. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372(372), 189–198.
- Giffin, A. L., Brown, C. J., Nalau, J., Mackey, B. G., & Connolly, R. M. (2020). Marine and coastal ecosystem-based adaptation in Asia and Oceania: review of approaches and integration with marine spatial planning. *Pacific Conservation Biology*, 27(2), 104–117.
- Hou, X., Xie, D., Feng, L., Shen, F., & Nienhuis, J. H. (2024). Sustained increase in suspended sediments near global river deltas over the past two decades. *Nature Communications*, 15(1), 3319.
- Huang, Y., & Jin, P. (2018). Impact of human interventions on coastal and marine geological hazards: A review. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 77(3), 1081–1090.
- Ingebritsen, S. E., & Galloway, D. L. (2014). Coastal subsidence and relative sea level rise. *Environmental Research Letters*, 9(9), 091002.
- Jozaei, J., Chuang, W.-C., Allen, C. R., & Garmestani, A. (2022). Social vulnerability, social-ecological resilience and coastal governance. *Global Sustainability*, 5, e12.
- Kospa, H. S. D. (2024). Systematic literature review and future study directions to coastal resilience. *Jurnal Tekno Global*, 13(02), 66–73.
- Naik Deepa, D., & Kunte Pravin, D. (n.d.). *Integrated Coastal Vulnerability Assessment: A Study of Karnataka, India*.
- Newton, A., Carruthers, T. J. B., & Icely, J. (2012). The coastal syndromes and hotspots on the coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96, 39–47.
- Nhan, N. H. (2016). Tidal regime deformation by sea level rise along the coast of the Mekong Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 183, 382–391.
- O'Donnell, T., & Thom, B. (2022). Coasts: A Battleground in Disaster Preparedness, Response and Climate Change Adaptation. In *Complex Disasters: Compounding, Cascading, and Protracted* (pp. 81–97). Springer.
- Özyurt, G., & Ergin, A. (2012). Spatial and Time Balancing Act: Coastal Geomorphology in View of Integrated Coastal Zone Management (ICZM). In *Studies on Environmental and Applied Geomorphology*. IntechOpen.
- Palathoti, S. (2025). Comprehensive review of three decades of developments on conservation and restoration of mangroves: A publications data-driven approach. *Multidisciplinary Reviews*, 8(5), 2025156.
- Rafeeque, M. K., Akhil, T., George, M. E., Suresh Babu, D. S., & Prasad, T. K. (2022). Recent Disturbances in the Geomorphic Processes Due to Human Interventions Along the West Coast of India. In *Anthropogeomorphology: A Geospatial Technology Based Approach* (pp. 125–144). Springer.
- Ramessur, R. T. (2013). Coastal Morphodynamics and Human Impacts. *J Coast Dev*, 16, e104.
- Ranasinghe, R. (2020). On the need for a new generation of coastal change models for the 21st century. *Scientific Reports*, 10(1), 2010.
- Rizzo, A., & Anfuso, G. (2020). Coastal dynamic and evolution: Case studies from different sites around the world. In *Water* (Vol. 12, Issue 10, p. 2829). MDPI.
- Romieu, E., Welle, T., Schneiderbauer, S., Pelling, M., & Vinchon, C. (2010). Vulnerability assessment within climate change and natural hazard contexts: revealing gaps and synergies through coastal applications. *Sustainability Science*, 5(2), 159–170.
- Sakuntaladewi, N. (2024). Adaptation, Mitigation and Resilience: Learning from the Coastal and Surrounding Communities Forest. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1323(1), 012008.
- Sherman, D. J. (1988). Coastal geomorphology. *Geographical Review*, 116–118.
- Tamura, T., Nguyen, V. L., Ta, T. K. O., Bateman, M. D., Gugliotta, M., Anthony, E. J., Nakashima, R., & Saito,

- Y. (2020). Long-term sediment decline causes ongoing shrinkage of the Mekong megadelta, Vietnam. *Scientific Reports*, 10(1), 8085.
- Uscinowicz, G. (2025). *Innovative Holistic Approach to Studying and Managing the Coastal Zone Environment: A Case Study from the Southern Baltic Sea*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-5494>
- Weissenberger, S., & Chouinard, O. (2015). The vulnerability of coastal zones towards climate change and sea level rise. In *Adaptation to Climate Change and Sea Level Rise: The Case Study of Coastal Communities in New Brunswick, Canada* (pp. 7–31). Springer.
- Woodroffe, C. D. (2002). *Coasts: form, process and evolution*. Cambridge University Press.
- Woodroffe, C. D., Evelpidou, N., Delgado-Fernandez, I., Green, D. R., Karkani, A., & Ciavola, P. (2023). Coastal systems: the dynamic interface between land and sea. In *Research Directions, Challenges and Achievements of Modern Geography* (pp. 207–229). Springer.