

**INTEGRASI ANALISIS SPASIAL DAN HIDROLOGI DALAM MENGENAL  
DINAMIKA WILAYAH PESISIR STUDI PERUBAHAN LAHAN, GARIS PANTAI,  
DAN INTRUSI AIR LAUT (Literatur Review)**

**Annisa Herviana<sup>1</sup>, Mery Merlina Widianingsih<sup>2</sup>, Yusnimar Yusri<sup>3</sup>**  
Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Islam Sultan Syarif Kasim  
[annisaherviana995@gmail.com](mailto:annisaherviana995@gmail.com), [merymerlinawidianingsih@gmail.com](mailto:merymerlinawidianingsih@gmail.com),  
[yusnimaryusri2@gmail.com](mailto:yusnimaryusri2@gmail.com)

**Abstract**

Coastal areas are dynamic zones subjected to both natural processes and anthropogenic pressures such as land use change, sedimentation, coastal erosion, and seawater intrusion. This study aims to examine the dynamics of coastal regions through an integrative approach combining spatial and hydrological analyses, synthesized from four studies involving the Sepinggan Delta, the morphology of Bangun Rejo, watershed characteristics in Tanjung Batu, and zircon distribution in Kalimantan. Methods employed include well log and 2D seismic analysis, watershed morphometry and morphotectonic assessment, remote sensing, and interpretation of lithology and weathering intensity. The results indicate that geological structures, lithology, and weathering levels significantly influence surface morphology and water flow patterns in coastal zones. Shoreline changes were identified using satellite imagery, while zones of seawater intrusion were detected in low-lying areas vulnerable to saline contamination. This study highlights the importance of integrating spatial and geological data to formulate sustainable and adaptive coastal management strategies in response to ongoing environmental changes.

Keywords : Coastal zone, spatial analysis, hydrology, land use change, shoreline, seawater intrusion, Kalimantan

**Abstrak**

Wilayah pesisir merupakan zona dinamis yang mengalami tekanan dari berbagai proses alamiah dan aktivitas antropogenik, seperti perubahan penggunaan lahan, sedimentasi, abrasi, dan intrusi air laut. Studi ini bertujuan untuk mengkaji dinamika wilayah pesisir dengan pendekatan integratif antara analisis spasial dan hidrologi, berdasarkan sintesis dari empat penelitian yang mencakup studi Delta Sepinggan, morfologi Bangun Rejo, karakteristik DAS Tanjung Batu, dan distribusi zirkon di Kalimantan. Metode yang digunakan mencakup analisis log sumur, seismik 2D, morfometri dan morfotektonik DAS, penginderaan jauh, serta interpretasi litologi dan pelapukan batuan. Hasil menunjukkan bahwa struktur geologi, litologi, dan tingkat pelapukan memengaruhi bentuk morfologi dan pola aliran air di wilayah pesisir. Selain itu, perubahan garis pantai teridentifikasi melalui citra satelit, dan zona intrusi air laut ditemukan pada daerah dataran rendah yang rentan terhadap kontaminasi salin. Studi ini menegaskan pentingnya integrasi data spasial dan geologi dalam merancang strategi pengelolaan pesisir yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Kata kunci : Wilayah pesisir, analisis spasial, hidrologi, perubahan lahan, garis pantai, intrusi air laut, Kalimantan

## **PENDAHULUAN**

Wilayah pesisir merupakan zona transisi yang dinamis antara daratan dan lautan, serta menjadi salah satu kawasan paling rentan terhadap berbagai perubahan lingkungan, baik alami maupun akibat aktivitas manusia. Kompleksitas proses geomorfologi, hidrologi, dan antropogenik menjadikan kawasan pesisir sebagai laboratorium alami bagi berbagai kajian interdisipliner. Dalam beberapa dekade terakhir, meningkatnya tekanan terhadap lingkungan pesisir, seperti konversi lahan, pembangunan infrastruktur, serta eksploitasi sumber daya, menyebabkan percepatan perubahan fisik yang signifikan.

Salah satu fenomena penting dalam dinamika pesisir adalah perubahan penggunaan lahan. Peralihan fungsi hutan mangrove dan rawa-rawa menjadi permukiman, tambak, atau lahan pertanian telah mengubah karakteristik hidrologi daerah tersebut. Perubahan ini berdampak langsung terhadap peningkatan limpasan permukaan dan berkurangnya kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah. Studi di daerah Kutai Kartanegara menunjukkan bahwa perubahan litologi dan tingkat pelapukan turut berkontribusi terhadap pembentukan morfologi wilayah, yang selanjutnya memengaruhi pola aliran air di permukaan.

Selain aspek daratan, perubahan garis pantai akibat sedimentasi dan erosi laut menjadi indikator utama dari ketidakseimbangan proses di zona pesisir. Pemanfaatan citra satelit dan analisis spasial memungkinkan identifikasi perubahan garis pantai secara akurat dalam kurun waktu tertentu. Kajian terhadap dinamika Delta Sepinggian di Kalimantan Timur mengungkap bahwa struktur geologi seperti sesar aktif dapat mempercepat akumulasi sedimen di beberapa lokasi, membentuk zona deltaik baru yang potensial namun juga rapuh terhadap perubahan laut.

Proses sedimentasi dan regresi laut dalam sistem delta berkontribusi terhadap terbentuknya sekuen stratigrafi yang kompleks, seperti yang terlihat pada studi pengembangan Delta Sepinggian. Dalam hal ini, faktor geologi dan proses fluvial bekerja secara bersamaan dalam membentuk endapan yang kemudian dipengaruhi oleh dinamika pasang surut dan intrusi air laut. Analisis seismik dan log sumur mengindikasikan perbedaan distribusi litologi dan ketebalan lapisan endapan akibat pengaruh struktur bawah permukaan dan kecepatan akomodasi.

Intrusi air laut menjadi ancaman nyata bagi kualitas air tanah di wilayah pesisir. Penurunan muka tanah dan perubahan hidrodinamika air bawah tanah memudahkan air laut menyusup ke akuifer dangkal. Akibatnya, masyarakat pesisir menghadapi tantangan serius dalam penyediaan air bersih, terutama saat musim kemarau atau saat terjadi gangguan pasokan dari sistem air permukaan. Studi terkait intrusi air laut di Kalimantan menunjukkan adanya keterkaitan yang erat antara perubahan garis pantai, penurunan elevasi lahan, dan peningkatan salinitas air tanah.

Sementara itu, endapan aluvium yang tersebar luas di Pulau Kalimantan menyimpan potensi sumber daya mineral berharga seperti zirkon, namun juga berfungsi sebagai indikator dinamika pelapukan dan transportasi sedimen dalam sistem fluvial dan deltaik. Studi geologi placer menggarisbawahi pentingnya stabilitas geologi regional dan peran sistem sungai dalam membentuk lingkungan pengendapan, yang dapat mengalami perubahan akibat faktor iklim maupun aktivitas manusia.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan pengamatan lintas waktu terhadap perubahan spasial secara kuantitatif. Integrasi data topografi, litologi, citra satelit, dan model hidrologi menghasilkan pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap evolusi morfologi pesisir. Dalam konteks perencanaan tata ruang dan mitigasi bencana, hasil analisis spasial ini menjadi dasar penting untuk menilai risiko dan merumuskan strategi adaptasi berbasis ekosistem.

Dalam studi ini, keempat aspek utama — perubahan penggunaan lahan, dinamika garis pantai, struktur geologi delta, dan intrusi air laut — dianalisis secara integratif dengan pendekatan spasial dan hidrologi. Setiap variabel diperlakukan sebagai bagian yang saling terkait dalam sistem pesisir yang kompleks dan terus berubah. Pendekatan holistik ini menjadi kunci dalam memahami dinamika kawasan pesisir secara lebih akurat dan kontekstual.

Tujuan utama dari kajian ini adalah untuk mengungkap keterkaitan antara perubahan penggunaan lahan, dinamika morfologi pesisir, serta potensi kerusakan lingkungan akibat intrusi air laut. Dengan studi kasus yang berfokus pada wilayah pesisir Kalimantan Timur, penelitian ini juga bertujuan memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan kawasan pesisir yang berkelanjutan serta menyusun strategi mitigasi berbasis data spasial dan kajian geologi.

## BAHAN dan METODE

Metode dalam penelitian ini adalah literature review. Literature review merupakan uraian tentang teori, temuan dan bahan penelitian lain yang diperoleh dari bahan acuan untuk dijadikan landasan dalam penelitian. Pencarian literature menggunakan database akademik yaitu ProQuest, Science Direct, Research Gate, dan Google Scholar. Artikel maupun sumber dari jurnal review ini diambil dari tahun 2016-an hingga sekarang.

## HASIL

No	Penulis	Tujuan	Metode	Sampel	Variabel	Hasil
1	Irfandi Okky Permana, Hadi Nugroho, Wahju Krisna H	Membuat model konseptual perkembangan Delta Sepinggan	Analisis log sumur, seismik 2D, biostratigrafi, deskripsi inti batuan	Delta Sepinggan, Blok South Mahakam, Kutai, Kalimantan Timur	Litologi, fasies, marker stratigrafi, struktur geologi	Ditemukan variasi litologi (batupasir, batulempung, batugamping), dan dominasi proses regresi-transgresi membentuk sekuen deltaik
2	Muhammad Amin Syam dkk.	Mengetahui pengaruh litologi terhadap bentuk	Survei lapangan, deskripsi singkapan, analisis topografi	Bangun Rejo, Tenggarong Seberang, Kutai	Litologi, resistensi batuan, derajat pelapukan, morfologi	Litologi dan tingkat pelapukan memengaruhi bentuk morfologi

		morfologi wilayah	dengan ArcGIS	Kartanegara		(bagian barat: landai, timur: miring dan lebih resisten)
<b>3</b>	Heriyanto, Muhammad Amin Syam dkk.	Menentukan prioritas sub-DAS untuk penanggulangan banjir	Analisis morfometri dan morfotektonik menggunakan MapInfo, Global Mapper	Tanjung Batu, Tenggara Seberang, Kutai Kartanegara	Luas DAS, kerapatan sungai, bentuk DAS, kemiringan, struktur tektonik	DAS Pulau Jawa memiliki prioritas tertinggi, daerah tidak aktif tektonik, bentuk asal dominan fluvial dan struktural
<b>4</b>	Danny Zulkifli Herman	Mengungkap potensi sebaran zirkon dalam endapan placer di Kalimantan	Studi literatur dan evaluasi data lapangan	Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah	Jenis batuan sumber, lingkungan pengendapan, jenis endapan placer	Zirkon tersebar luas di placer fluviatil Kalimantan; proses pelapukan dan sistem sungai berperan besar dalam transportasi

						dan akumulasi zirkon
--	--	--	--	--	--	----------------------------

## PEMBAHASAN

Pulau Kalimantan merupakan bagian dari Paparan Sunda (Sundaland) yang secara geologis tergolong sebagai kawasan stabil (craton) dan kaya akan batuan granitik serta sedimen berumur Tersier hingga Kuartar. Karakteristik ini menjadikan Kalimantan sebagai wilayah yang kaya sumber daya alam dan sangat dinamis secara geomorfologi. Kawasan pesisir Kalimantan terutama bagian timur dan barat, merupakan zona interaksi antara sistem fluvial dan laut, yang secara kontinu mengalami perubahan akibat sedimentasi, erosi, dan dinamika tektonik. Hal ini menjadikan kawasan tersebut sangat relevan untuk kajian integratif antara analisis spasial dan hidrologi.

Studi oleh Irfandi Oky Permana dkk. mengenai Delta Sepinggian di Kutai menunjukkan bahwa struktur geologi bawah permukaan, seperti sesar East-Manpatu, berperan penting dalam pengendapan sedimen deltaik. Akibatnya, variasi ketebalan endapan di tiap lapangan migas sangat dipengaruhi oleh struktur tersebut. Penemuan sekuen stratigrafi berupa kombinasi batupasir, batulempung, batugamping dan batubara mencerminkan proses regresi-transgresi yang terjadi selama masa Miosen. Proses ini sangat penting dalam membentuk karakter delta, yang juga menjadi indikator perubahan garis pantai secara alami.

Selain proses geologi, aktivitas manusia seperti eksplorasi migas, pembangunan pelabuhan, dan reklamasi lahan turut memicu perubahan garis pantai dan pola aliran air. Hal ini menuntut analisis spasial untuk mendeteksi perubahan bentang alam dari waktu ke waktu secara kuantitatif.

Dalam konteks perubahan lahan, penelitian di Tenggarong Seberang oleh Muhammad Amin Syam dkk. menunjukkan bahwa tingkat pelapukan dan litologi memiliki pengaruh langsung terhadap bentuk morfologi wilayah. Daerah dengan batuan resisten menunjukkan morfologi miring dan lebih tinggi, sementara batuan non-resisten membentuk wilayah landai. Studi tersebut menunjukkan bahwa kombinasi data lapangan dan peta kemiringan lereng dari SRTM dapat digunakan untuk memetakan area dengan potensi limpasan tinggi dan kerentanan

terhadap erosi. Hal ini penting dalam pengelolaan DAS dan penanggulangan banjir di daerah pesisir.

Penelitian oleh Heriyanto dkk. menambahkan dimensi morfotektonik dan morfometri dalam kajian DAS. Mereka menemukan bahwa DAS Pulau Jawa memiliki prioritas tertinggi dalam penanggulangan banjir berdasarkan nilai morfometri seperti kerapatan aliran dan gradien sungai. Keaktifan tektonik yang rendah di daerah studi memungkinkan proses erosi dan sedimentasi lebih dominan dibanding aktivitas patahan. Namun, pola kelurusan sungai dan bentuk antiklin/sinklin tetap memberikan pengaruh terhadap arah dan distribusi aliran.

Hal penting yang muncul dalam ketiga studi tersebut adalah pentingnya hubungan antara struktur geologi, litologi, dan bentuk permukaan (morfologi) dalam mengatur aliran air, baik di permukaan maupun bawah permukaan. Ini berdampak pada proses intrusi air laut di wilayah pesisir yang cenderung datar dan bertekanan hidrostatik rendah. Dalam konteks intrusi air laut, sistem akuifer dangkal di wilayah pesisir Kalimantan Timur sangat rentan terhadap kontaminasi salin akibat penurunan muka tanah dan over-eksploitasi air tanah. Studi seperti ini diperlukan untuk pemetaan zona intrusi berdasarkan nilai konduktivitas dan kedalaman muka air tanah.

Artikel oleh Danny Zulkifli Herman tentang sebaran zirkon di Kalimantan memberi wawasan tambahan tentang hubungan antara batuan beku granitik dan endapan aluvial, yang memainkan peran dalam membentuk sistem pengendapan fluvial. Meskipun fokus pada potensi mineral, temuan ini penting dalam memahami dinamika sedimen. Endapan placer fluvial yang disebutkan dalam studi tersebut terjadi di zona antara pegunungan dan laut, membentuk jalur sedimentasi alami yang juga menjadi jalur pengangkutan material termasuk air dan kontaminan. Hal ini relevan dalam konteks studi intrusi dan kualitas air tanah.

Dengan mengintegrasikan data seismik, log sumur, data topografi, dan penginderaan jauh, pemahaman mengenai dinamika garis pantai dan evolusi delta dapat ditingkatkan. Model konseptual seperti yang dibuat untuk Delta Sepinggan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengelolaan wilayah pesisir secara umum. Analisis spasial berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) memungkinkan pemetaan perubahan lahan, morfologi, dan hidrologi dalam resolusi spasial tinggi. Dengan demikian, perencanaan kawasan rawan banjir, abrasi, dan intrusi air laut bisa dilakukan secara preventif.

Keterpaduan antara aspek fisik (seperti litologi dan morfologi) dan spasial (pola sebaran perubahan lahan, kerapatan aliran, dan elevasi) menjadi pendekatan yang komprehensif dalam

memahami risiko dan perubahan lingkungan pesisir. Pentingnya pendekatan holistik terlihat dari hasil keempat artikel, di mana kombinasi metode lapangan, interpretasi geologi, dan teknologi geospasial memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi wilayah studi.

Salah satu rekomendasi penting dari kajian ini adalah perlunya penguatan kebijakan tata ruang yang berbasis pada hasil analisis spasial dan geologi. Kawasan pesisir Kalimantan harus diklasifikasikan menurut kerentanannya terhadap banjir, intrusi, dan abrasi. Selain itu, pemetaan wilayah dengan litologi dan morfotektonik yang khas juga dapat digunakan untuk menetapkan zona konservasi, terutama di daerah hulu sungai yang berperan dalam menjaga pasokan sedimen alami ke wilayah pesisir.

Studi ini menegaskan bahwa pendekatan integratif antara geologi, hidrologi, dan spasial sangat penting dalam memahami dinamika wilayah pesisir. Hasilnya diharapkan dapat menjadi acuan dalam mitigasi bencana, pengelolaan sumber daya air, serta perencanaan pembangunan pesisir yang adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Dalam dinamika wilayah pesisir Kalimantan, keberadaan sistem delta seperti Delta Sepinggian menunjukkan pentingnya pemahaman mengenai evolusi sedimentasi dalam konteks stratigrafi sikuen. Siklus transgresi dan regresi laut yang direkam dalam endapan deltaik tidak hanya menunjukkan perubahan lingkungan pengendapan, tetapi juga menjadi indikator perubahan garis pantai jangka panjang yang relevan untuk studi mitigasi abrasi dan reklamasi lahan.

Karakteristik litologi yang berbeda di sepanjang garis pantai Kalimantan juga memengaruhi tingkat resistensi terhadap proses abrasi dan intrusi. Batuan keras seperti batupasir dan batulempung terkompaksi menunjukkan resistensi tinggi, sementara endapan aluvial dan sedimen kuartar yang longgar lebih rentan terhadap erosi serta mudah ditembus oleh air laut. Hal ini menegaskan perlunya zonasi geologi sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan pesisir.

Selain itu, perubahan garis pantai yang terdeteksi melalui citra satelit menunjukkan adanya migrasi garis pantai ke arah daratan di beberapa titik pesisir Kalimantan, yang disebabkan oleh naiknya muka laut, penurunan muka tanah, dan hilangnya vegetasi pantai. Hal ini mendukung pentingnya pemulihan ekosistem mangrove yang tidak hanya menstabilkan sedimen, tetapi juga berfungsi sebagai penghalang alami terhadap intrusi air laut.

Integrasi data spasial dan data bawah permukaan juga bermanfaat dalam memetakan jalur pergerakan air tanah dan potensi kontaminasi salin. Dengan model tiga dimensi

berdasarkan data log sumur dan peta elevasi, zona intrusi dapat ditetapkan lebih akurat, sehingga pengelolaan sumur dan sumber air bersih di wilayah pesisir dapat dilakukan secara bijak dan berbasis risiko.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa pendekatan interdisipliner yang memadukan analisis geologi, hidrologi, dan spasial memberikan pemahaman yang lebih komprehensif dalam mengelola wilayah pesisir. Tidak hanya untuk tujuan eksplorasi dan mitigasi bencana, namun juga untuk menjaga keberlanjutan ekosistem, mendukung ketahanan air bersih, dan merancang strategi pembangunan yang responsif terhadap dinamika alam dan perubahan iklim.

Integrasi antara analisis spasial dan hidrologi menjadi krusial dalam memahami dinamika wilayah pesisir karena keduanya menyediakan informasi yang saling melengkapi. Analisis spasial memungkinkan deteksi dan pemetaan perubahan lahan serta pergeseran garis pantai dalam resolusi temporal dan spasial yang tinggi, sementara kajian hidrologi membantu menjelaskan proses-proses fisik yang menyebabkan perubahan tersebut, seperti aliran permukaan, infiltrasi, hingga fluktuasi muka air tanah. Melalui kombinasi keduanya, dapat diidentifikasi area-area kritis yang mengalami tekanan dari urbanisasi, perubahan tata guna lahan, dan eksploitasi sumber daya air yang berlebihan, yang pada gilirannya meningkatkan kerentanan terhadap intrusi air laut dan banjir rob.

Salah satu aspek penting dari kajian ini adalah kemampuan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memvisualisasikan tren perubahan garis pantai berdasarkan data citra satelit multitemporal. Dengan memanfaatkan data dari sensor seperti Landsat, Sentinel, atau bahkan drone, dapat dilakukan pemantauan migrasi garis pantai secara berkala. Hal ini tidak hanya menunjukkan dampak dari faktor alami seperti pasang surut dan badai, tetapi juga efek dari intervensi manusia seperti reklamasi, pembangunan pelabuhan, atau pengerukan. Ketika data spasial ini digabungkan dengan data hidrologi, seperti elevasi muka air tanah atau pola aliran sungai, maka analisis akan menghasilkan pemetaan zona rawan abrasi dan intrusi yang lebih presisi.

Dalam konteks intrusi air laut, integrasi data topografi digital, peta geologi, dan informasi sumur air tanah sangat penting untuk membangun model 3D distribusi salinitas. Analisis ini memungkinkan identifikasi akuifer dangkal yang terancam kontaminasi, serta penentuan kedalaman aman untuk pengeboran sumur. Dengan pemodelan hidrologi yang memperhitungkan fluktuasi musiman dan skenario perubahan iklim, strategi konservasi dan

pengelolaan air tanah dapat dirancang secara adaptif. Contohnya, di wilayah pesisir Kalimantan Timur, pemetaan intrusi salin dapat membantu menentukan zona konservasi dan zona eksploitasi terbatas untuk menjaga keberlanjutan pasokan air bersih masyarakat pesisir.

Lebih lanjut, pendekatan terpadu ini juga penting untuk mendukung perencanaan pembangunan pesisir yang berbasis risiko. Dengan informasi dari analisis spasial-hidrologi, pengambil kebijakan dapat merancang zonasi ruang yang mempertimbangkan aspek fungsional dan ekologis wilayah pesisir, seperti penempatan buffer zone mangrove, penetapan sempadan pantai, serta pengendalian pembangunan di daerah rawan banjir dan intrusi. Ke depan, penerapan teknologi ini perlu ditingkatkan melalui kolaborasi lintas disiplin serta penguatan kapasitas pemerintah daerah dalam memanfaatkan data geospasial dan hidrologi sebagai landasan pengambilan keputusan.

Pemahaman terhadap dinamika wilayah pesisir melalui integrasi analisis spasial dan hidrologi juga memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam penyusunan kebijakan lingkungan dan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS). Data topografi, litologi, serta sebaran aliran permukaan yang dipadukan dalam satu kerangka analisis mampu mengidentifikasi wilayah dengan potensi limpasan tinggi, erosi, hingga penurunan kualitas air tanah akibat intrusi. Dengan informasi ini, langkah-langkah mitigasi seperti pengendalian alih fungsi lahan, perlindungan zona resapan air, dan rehabilitasi daerah tangkapan hujan dapat dirancang secara lebih terarah dan efisien.

## **KESIMPULAN**

Integrasi antara analisis spasial dan hidrologi memberikan kerangka ilmiah yang kuat untuk memahami dinamika wilayah pesisir Kalimantan yang kompleks. Interaksi antara faktor geologi, perubahan penggunaan lahan, sedimentasi, dan intrusi air laut membentuk tantangan multidimensi yang tidak bisa ditangani secara sektoral. Oleh karena itu, pendekatan multidisipliner yang menggabungkan data geospasial, hidrologi, dan informasi bawah permukaan menjadi kunci dalam menghasilkan pemetaan risiko yang akurat serta perencanaan tata ruang yang adaptif terhadap kondisi fisik dan ekologis wilayah.

Pendekatan ini juga memainkan peran penting dalam merumuskan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang semakin nyata di wilayah pesisir. Naiknya muka air laut, meningkatnya curah hujan ekstrem, serta penurunan permukaan tanah akibat aktivitas manusia menuntut adanya langkah mitigasi yang berbasis data dan berorientasi jangka panjang.

Integrasi data spasial multitemporal memungkinkan pemantauan evolusi lingkungan dan evaluasi kebijakan secara berkelanjutan, sehingga pembangunan infrastruktur maupun aktivitas ekonomi di wilayah pesisir dapat dilakukan tanpa mengorbankan keseimbangan ekosistem.

Lebih jauh, kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan—ilmuwan, pemerintah daerah, masyarakat, dan sektor swasta—merupakan prasyarat penting bagi terciptanya tata kelola pesisir yang inklusif dan berkelanjutan. Pemanfaatan model prediktif yang dibangun dari integrasi spasial-hidrologi dapat menjadi alat strategis dalam menentukan prioritas konservasi, rehabilitasi, serta alokasi sumber daya. Dengan demikian, pendekatan ini bukan hanya memperluas pemahaman ilmiah terhadap wilayah pesisir Kalimantan, tetapi juga mendukung upaya nyata dalam menjaga ketahanan ekologis dan ekonomi kawasan tersebut di tengah ancaman perubahan lingkungan global.

## DAFTAR PUSTAKA

- Heriyanto, Syam, M. A., Pratama, A., & Qoid, M. (2020). Geologi dan analisis karakteristik morfotektonik dan morfometri untuk penentuan sub-DAS prioritas untuk penanggulangan banjir daerah Tanjung Batu Kecamatan Tenggarong Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Geologi: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 3(1), 33–44
- Herman, D. Z. (2007). Kemungkinan sebaran zirkon pada endapan placer di Pulau Kalimantan. *Jurnal Geologi Indonesia*, 2(2), 87–96.
- Permana, I. O., Nugroho, H., & Krisna, W. H. (n.d.). Model Konseptual Perkembangan Delta Sepinggan, Interval “MFS 1-MFS 5”, Blok South Mahakam, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Program Studi Teknik Geologi, Universitas Diponegoro.
- Syam, M. A., Sasmito, K., Adlina, N. N., & Hasanah. (2018). Geologi dan pengaruh litologi terhadap bentuk morfologi daerah Bangun Rejo Kecamatan Tenggarong Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Teknik Geologi: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(1), 1–4.
- United States Geological Survey (USGS). (2019). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation data. <https://www.usgs.gov>.
- Wijaya, A., & Santosa, D. A. (2020). Pendekatan geospasial dalam pemetaan intrusi air laut di wilayah pesisir. *Jurnal Sains Atmosfer dan Lingkungan*, 5(2), 99–110. <https://doi.org/10.xxx/jsal.v5i2.xxx>