

**Analisis Dampak Banjir di Kabupaten Pidie Jaya Menggunakan Citra Sentinel-2,
Tinjauan Hidrologis DAS Krueng Meureudu, dan Dinamika Garis Pantai**

***Flood Impact Analysis in Pidie Jaya Regency Using Sentinel-2 Imagery, Hydrological
Assessment of the Krueng Meureudu Watershed, and Shoreline Dynamics***

Ivan Hadi Santoso*, Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Ammar Al Faruq, Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Nurul Anisah, Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Riza Ariyani Nur Khasanah, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri
Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: ivanhadisantoso@mail.ugm.ac.id

Abstrak. Banjir merupakan ancaman hidrometeorologi utama di Kabupaten Pidie Jaya, Aceh, yang dipengaruhi oleh interaksi faktor hidrologi, topografi, dan dinamika pesisir. Penelitian ini bertujuan menganalisis mekanisme dan dampak banjir melalui pendekatan kuantitatif eksplanatori yang mengintegrasikan tinjauan hidrologis DAS Krueng Meureudu, analisis spasial citra Sentinel-2, evaluasi Digital Elevation Model (DEM), analisis penampang topografi, serta kajian perubahan garis pantai. Data yang digunakan meliputi citra Sentinel-2 resolusi 10 m tanggal 28 Mei 2025 (sebelum banjir) dan 29 November 2025 (setelah banjir), DEM untuk analisis elevasi dan kemiringan lereng, serta referensi dinamika garis pantai periode 2000–2020. Hasil tinjauan hidrologi menunjukkan bahwa debit banjir rencana berpotensi melampaui kapasitas tampung sungai (bankfull capacity), terutama di wilayah hilir seperti Kecamatan Meureudu dan Bandar Baru. Analisis spasial mengidentifikasi genangan dominan pada dataran aluvial rendah dengan elevasi -11 hingga 10 meter dan kemiringan $<8^\circ$. Analisis penampang melintang mengonfirmasi keberadaan cekungan tertutup (basin) yang menghambat drainase alami dan memperpanjang retensi genangan. Di sisi pesisir, dominasi akresi dan sedimentasi di muara Sungai Meureudu berpotensi memicu fenomena *backwater effect* yang semakin memperburuk kondisi banjir. Secara keseluruhan, banjir di Pidie Jaya dikontrol oleh peningkatan debit hulu, keberadaan cekungan topografis di hilir, dan sedimentasi pesisir, sehingga diperlukan pengelolaan DAS dan muara secara terpadu untuk mitigasi berkelanjutan.

Kata Kunci: banjir fluvial, Sentinel-2, DAS Krueng Meureudu, cekungan topografis, sedimentasi muara.

Abstract. Flooding is a major hydrometeorological hazard in Pidie Jaya Regency, Aceh, driven by the interaction of hydrological processes, topographic controls, and coastal dynamics. This study aims to analyze flood mechanisms and impacts using a quantitative explanatory approach integrating hydrological assessment of the Krueng Meureudu watershed, Sentinel-2 spatial analysis, Digital Elevation Model (DEM) evaluation, topographic cross-section analysis, and shoreline change assessment. The data include 10 m resolution Sentinel-2 imagery acquired on May 28, 2025 (pre-flood) and November 29, 2025 (post-flood), DEM data for elevation and slope analysis, and shoreline change references for the 2000–2020 period. Hydrological assessment indicates that the design flood discharge potentially exceeds the river bankfull capacity, particularly in downstream areas such as

Meureudu and Bandar Baru districts. Spatial analysis reveals that inundation predominantly occurs in low-lying alluvial plains with elevations ranging from -11 to 10 meters and slopes below 8°. Cross-sectional topographic analysis confirms the presence of a closed basin morphology that restricts natural drainage and prolongs flood retention. In addition, dominant accretion and sedimentation at the Krueng Meureudu river mouth may induce a backwater effect, further extending flood duration. Overall, flooding in Pidie Jaya is controlled by increased upstream discharge, lowland basin topography, and coastal sedimentation dynamics, highlighting the need for integrated watershed and estuarine management for sustainable flood mitigation.

Keywords: *fluvial flood, Sentinel-2, Krueng Meureudu watershed, basin topography, estuarine sedimentation.*

PENDAHULUAN

Kabupaten Pidie Jaya yang terletak di pesisir utara Provinsi Aceh dan berhadapan langsung dengan Selat Malaka merupakan wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana hidrometeorologi, terutama banjir *fluvial* dan banjir pesisir. Wilayah pesisir tropis pada umumnya dipengaruhi oleh variabilitas curah hujan monsun, dinamika atmosfer tropis, serta interaksi darat–laut yang kompleks (Aldrian & Dwi Susanto, 2003). Kombinasi faktor tersebut menyebabkan fluktuasi curah hujan dan debit sungai yang signifikan sepanjang tahun. Secara geomorfologis, perbedaan morfologi antara wilayah hulu yang relatif lebih terjal dan wilayah hilir berupa dataran aluvial rendah menciptakan gradien topografi yang mempercepat konsentrasi aliran permukaan ke arah pesisir (Chow et al., 1988). Kondisi ini meningkatkan potensi banjir ketika intensitas hujan melampaui kapasitas infiltrasi tanah dan daya tampung sungai.

Salah satu sistem sungai utama yang memengaruhi dinamika hidrologi wilayah ini adalah Sungai Krueng Meureudu, yang mengalir dari kawasan perbukitan di bagian selatan menuju dataran rendah pesisir sebelum bermuara ke Selat Malaka. Karakteristik daerah aliran sungai (DAS) dengan respon hidrologi cepat, sedimentasi tinggi, serta tekanan aktivitas manusia di sempadan sungai meningkatkan kerentanan terhadap luapan (Rahman, 2009). Secara umum, sungai pada dataran aluvial dengan gradien rendah cenderung memiliki *floodplain* luas dan rentan terhadap limpasan lateral ketika debit puncak melebihi kapasitas penampang (Knighton, 1998). Dampak luapan tersebut mencakup gangguan infrastruktur, lahan pertanian, dan permukiman yang berkembang di dataran banjir.

Permasalahan banjir di Kabupaten Pidie Jaya tidak hanya dipicu oleh curah hujan ekstrem, tetapi juga oleh perubahan karakteristik lingkungan di daerah aliran sungai. Degradasi tutupan hutan dan alih fungsi lahan di wilayah hulu meningkatkan koefisien limpasan (*runoff coefficient*) serta menurunkan kapasitas infiltrasi tanah (Baihaqi et al., 2026; Bosch & Hewlett, 1982). Dalam perspektif hidrologi, peningkatan limpasan memperbesar debit puncak dan memperpendek waktu konsentrasi, sehingga meningkatkan probabilitas terjadinya banjir, khususnya pada periode ulang rendah hingga menengah (Chow et al., 1988).

Di wilayah hilir dan pesisir, dinamika garis pantai turut memengaruhi efektivitas sistem drainase alami sungai. Perubahan garis pantai dalam bentuk abrasi dan akresi dapat mengubah morfologi muara sungai serta kapasitas aliran keluar (Bird, 2008). Tingginya suplai sedimen dari hulu berpotensi menyebabkan pendangkalan muara dan penyempitan

penampang aliran, yang menghambat pelepasan debit ke laut. Interaksi antara debit sungai tinggi dan pasang laut dapat memicu fenomena *backwater effect*, yaitu peningkatan muka air sungai akibat hambatan aliran di hilir (Chow et al., 1988; Suhardi et al., 2021). Kondisi ini memperparah genangan di wilayah daratan rendah pesisir.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh memberikan peluang signifikan dalam pemantauan banjir dan dinamika pesisir secara spasial dan temporal. Satelit Sentinel-2 yang dikembangkan oleh European Space Agency (ESA) dalam program Copernicus memiliki resolusi spasial hingga 10 meter dan sensitivitas spektral yang mendukung analisis badan air, vegetasi, serta sedimen tersuspensi (Drusch et al., 2012). Pemanfaatan citra satelit memungkinkan identifikasi genangan air secara visual dan akurat pada citra multitemporal.

Integrasi citra Sentinel-2 dengan Digital Elevation Model (DEM) dan analisis kemiringan lereng memungkinkan evaluasi kontrol topografi terhadap distribusi genangan. Wilayah dengan elevasi rendah dan kemiringan $<2^\circ$ cenderung memiliki kapasitas drainase terbatas dan waktu retensi genangan lebih lama (Merz et al., 2007). Ketika dikombinasikan dengan debit puncak tinggi dari hulu dan hambatan aliran di muara, kondisi tersebut memperluas area terdampak di dataran aluvial pesisir.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis dampak banjir di Kabupaten Pidie Jaya melalui integrasi data citra Sentinel-2, tinjauan hidrologis DAS, serta analisis perubahan garis pantai. Pendekatan multidisipliner ini diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara faktor atmosferik, hidrologis, geomorfologis, dan dinamika pesisir dalam membentuk pola genangan banjir. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung penyusunan strategi mitigasi berbasis spasial, pengelolaan DAS berkelanjutan, serta perencanaan tata ruang pesisir yang adaptif terhadap risiko banjir di masa mendatang.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksplanatori yang mengintegrasikan analisis hidrologi, analisis spasial berbasis penginderaan jauh, dan evaluasi perubahan garis pantai untuk mengkaji mekanisme serta dampak banjir di Kabupaten Pidie Jaya (Baihaqi et al., 2026). Wilayah studi meliputi DAS Krueng Meureudu dan kawasan pesisir Kecamatan Bandar Baru hingga Bandar Dua (Suhardi et al., 2021).

Data yang digunakan

Data yang digunakan mencakup citra Sentinel-2 resolusi 10 m tanggal 28 Mei 2025 dan 29 November 2025 untuk analisis genangan, serta Digital Elevation Model (DEM) untuk analisis elevasi dan kemiringan lereng. Citra satelit melalui tahap prapengolahan berupa koreksi geometrik dan radiometrik, pemotongan area kajian (*Area of Interest*), serta komposit band untuk meningkatkan kualitas interpretasi.

Tinjauan hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan dengan tinjauan pada penelitian terdahulu yaitu menghitung curah hujan rencana menggunakan distribusi statistik (Log Pearson Tipe III atau Gumbel), kemudian menentukan debit banjir rencana melalui metode rasional atau

hidrograf satuan sintetis (Baihaqi et all., 2026; Rahman, 2009). Indeks banjir dihitung sebagai rasio antara debit puncak dan kapasitas tampung sungai untuk mengidentifikasi potensi luapan.

Analisis spasial

Analisis spasial dampak banjir dengan membandingkan citra sebelum dan setelah terjadi banjir hasil citra Sentinel-2 untuk melihat kontras luapan air Sungai pada area tergenang. Selanjutnya ditinjau dengan memperhatikan peta DEM untuk menentukan tingkat kerentanan banjir, dan peta kemiringan lereng guna menganalisis pengaruh topografi terhadap distribusi genangan.

Tinjauan garis pantai

Perubahan garis pantai dianalisis secara multitemporal merujuk pada hasil digitasi garis pantai dan overlay antar tahun pengamatan untuk menghitung abrasi dan akresi (Suhardi et all., 2021). Seluruh hasil analisis kemudian diintegrasikan melalui overlay berbobot berdasarkan parameter debit banjir, elevasi, kemiringan lereng, jarak terhadap sungai dan pantai, serta perubahan garis pantai. Output akhir berupa peta zonasi risiko banjir dan interpretasi hubungan antara faktor hidrologi, topografi, dan dinamika pesisir di Kabupaten Pidie Jaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Hidrologis dan Potensi Luapan

Berdasarkan tinjauan hidrologi yang merujuk pada penelitian sebelumnya (Baihaqi et all., 2026; Rahman, 2009), DAS Krueng Meureudu memiliki karakteristik respon hidrologi yang relatif cepat terhadap curah hujan intensitas tinggi. Perhitungan curah hujan rencana menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III atau Gumbel menunjukkan bahwa debit banjir rencana berpotensi melampaui kapasitas tampung penampang sungai (bankfull capacity) pada periode ulang tertentu. Nilai indeks banjir yang merupakan rasio antara debit puncak dan kapasitas sungai mengindikasikan bahwa wilayah hilir DAS, khususnya Kecamatan Meureudu dan Bandar Baru, memiliki potensi luapan paling besar karena berfungsi sebagai zona akumulasi aliran dari hulu.



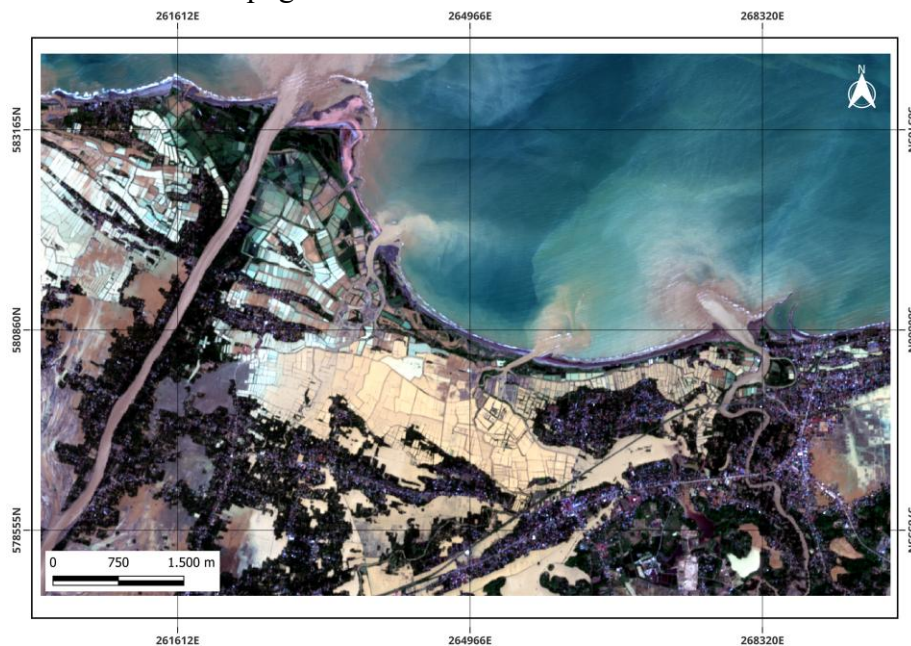
Gambar 1. Area kajian Citra Sentinel-2 tanggal 28 Mei 2025, kabupaten Pidie Jaya sebelum terjadi banjir

Secara hidrologis, ketika debit puncak meningkat akibat hujan ekstrem, air dari wilayah hulu terkonsentrasi menuju dataran rendah hilir. Dengan kapasitas penampang sungai yang terbatas serta gradien topografi yang menurun, aliran cenderung meluap secara lateral ke floodplain. Kondisi ini menjelaskan mengapa genangan banjir lebih dominan terjadi di bagian hilir dibandingkan wilayah hulu.

Analisis Spasial Genangan Berdasarkan Citra Sentinel-2

Perbandingan citra Sentinel-2 tanggal 28 Mei 2025 (sebelum banjir) dan 29 November 2025 (setelah banjir) menunjukkan perubahan spektral yang signifikan pada area dataran rendah pesisir. Pada citra sebelum kejadian banjir, tutupan lahan didominasi oleh sawah, tambak, dan permukiman yang berkembang mengikuti jaringan jalan dan koridor sungai. Pola aliran sungai tampak berkelok (meandering) dengan floodplain yang luas, mencerminkan sistem sungai aluvial (Gambar 1).

Pada citra setelah kejadian banjir, terlihat peningkatan luasan area dengan karakteristik spektral air pada lahan persawahan dan lahan terbuka. Genangan mengikuti pola morfologi dataran rendah serta jaringan sungai utama. Selain itu, peningkatan kekeruhan perairan di sekitar muara menunjukkan tingginya muatan sedimen tersuspensi yang terbawa oleh limpasan permukaan dari hulu (Gambar 2). Hasil ini menegaskan bahwa banjir yang terjadi merupakan banjir fluvial yang dipicu oleh luapan sungai, dengan sebaran genangan yang dikontrol oleh kondisi topografi.

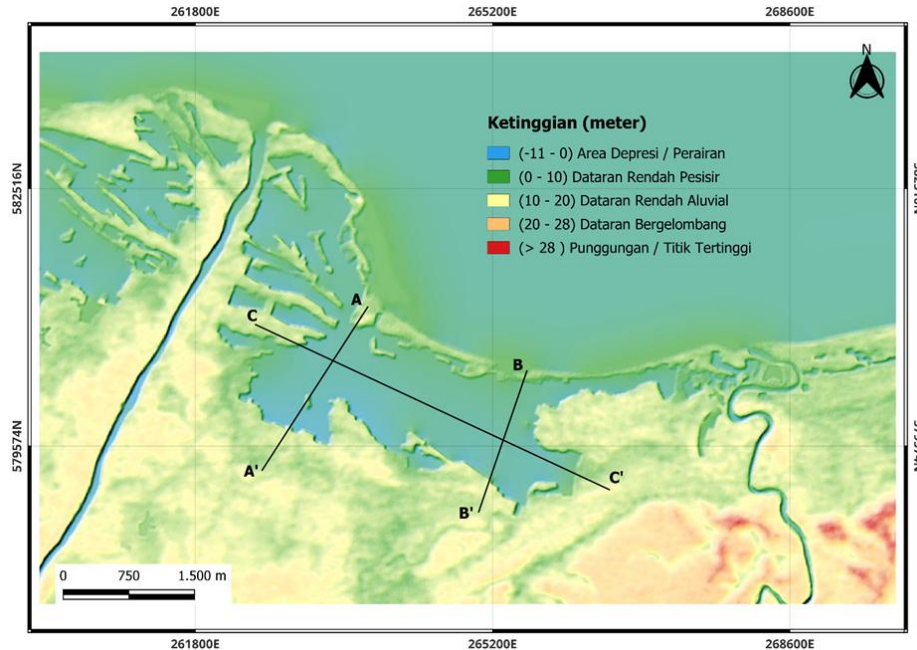


Gambar 2. Area kajian Citra Sentinel-2 tanggal 29 November 2025, kabupaten Pidie Jaya setelah terjadi banjir

Pengaruh Topografi: Elevasi dan Kemiringan Lereng

Berdasarkan Analisis visual pada citra Gambar 2 menunjukkan konsentrasi genangan air yang signifikan di bagian tengah wilayah kajian pasca-kejadian banjir. Kondisi ini dikonfirmasi melalui peta Digital Elevation Model (DEM), yang mengidentifikasi area tersebut sebagai Area Depresi dengan nilai elevasi negatif berkisar antara -11 hingga 0 meter di atas permukaan laut (ditandai dengan warna biru) (Gambar 3). Berdasarkan pengamatan historis melalui Google Earth, area ini memang merupakan daerah rendah yang secara natural cenderung menampung air.

Untuk memvalidasi temuan tersebut secara geospasial, dilakukan analisis profil topografi melalui tiga garis sayatan (A-A', B-B', dan C-C') (Gambar 3). Hasil sayatan tersebut menunjukkan karakteristik bahwa, sayatan A-A' dan B-B' menunjukkan adanya cekungan tajam di mana elevasi turun drastis dari daratan sekitarnya menuju titik terendah yang berada di bawah level 0 meter. Sayatan C-C' memperlihatkan profil memanjang yang mengonfirmasi bahwa area depresi ini memiliki dasar yang relatif landai namun sangat rendah dalam radius yang luas (mencapai sekitar 3000 meter pada elevasi rendah) (Gambar 4).



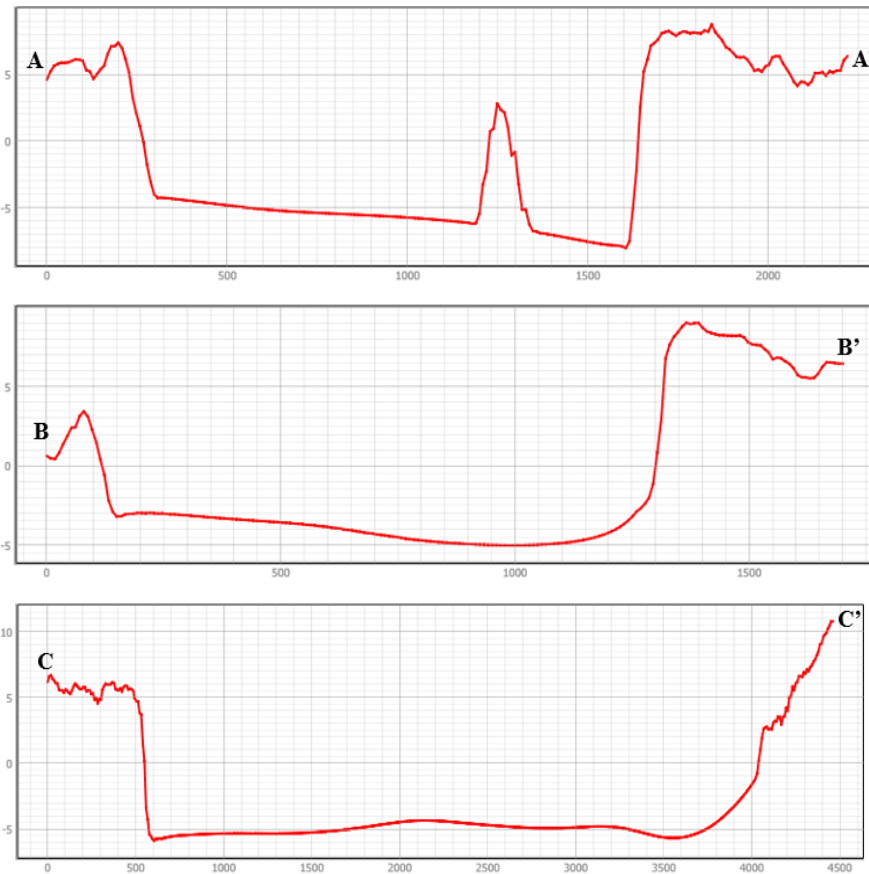
Gambar 3. Area kajian dengan menggunakan peta DEM (Digital Elevation Model) pada kabupaten Pidie Jaya untuk melihat perbedaan elevasi dengan *cross section* pada daerah cekungan

Sinergi antara data citra yang menunjukkan genangan aktual dengan data profil topografi ini membuktikan bahwa morfologi wilayah tersebut merupakan cekungan tertutup (basin). Hal ini menjelaskan mengapa air tetap bertahan sebagai after effect banjir karena elevasi yang berada di bawah permukaan laut menghambat drainase alami menuju laut sehingga area tersebut berfungsi sebagai zona akumulasi air permanen maupun semi-permanen.

Peta kemiringan lereng memperlihatkan bahwa sebagian besar area genangan berada pada kelas kemiringan 0–2° dan 2–8°, yang tergolong datar hingga sangat landai (Gambar 5). Kemiringan yang kecil menyebabkan penurunan kecepatan aliran dan meningkatkan waktu retensi genangan di permukaan. Dengan demikian, kombinasi elevasi rendah dan kemiringan minimal menjadi faktor geomorfologis utama yang mengontrol luas dan durasi genangan banjir di Kabupaten Pidie Jaya.

Tinjauan Dinamika Garis Pantai dan Implikasinya

Berdasarkan analisis multitemporal yang dirujuk dari Suhardi (2021), garis pantai Kabupaten Pidie Jaya periode 2000–2020 menunjukkan kecenderungan dominasi akresi dibandingkan abrasi, dengan peningkatan panjang garis pantai dari 31,56 km menjadi 32,24 km. Dominasi akresi menunjukkan tingginya suplai sedimen dari sistem sungai menuju wilayah pesisir.



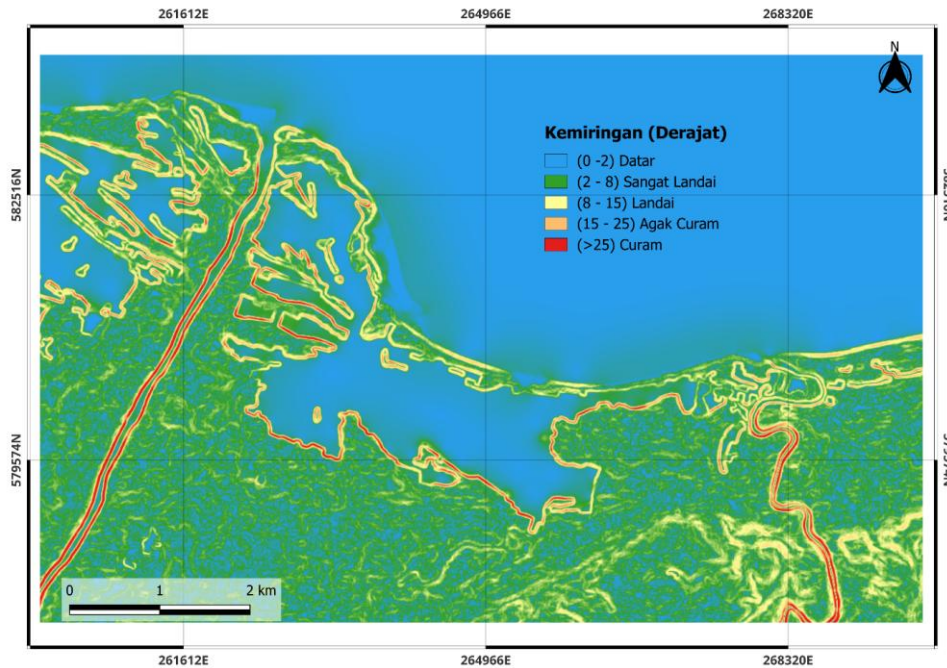
Gambar 4. Gambar penampang cross section penampang A-A' (atas), penampang B-B' (tengah), penampang C-C' (bawah) untuk menampilkan kedalaman area cekungan pada Gambar 3.

Sedimentasi di muara Sungai Meureudu berpotensi menyebabkan pendangkalan dan penyempitan penampang aliran efektif. Dalam kondisi debit tinggi, hambatan aliran menuju laut dapat meningkatkan muka air sungai dan memicu fenomena *backwater effect*. Kondisi ini memperpanjang durasi genangan di wilayah hilir, terutama pada dataran rendah dengan kemiringan sangat landai.

Sintesis Dampak

Integrasi antara tinjauan hidrologi, analisis spasial Sentinel-2, evaluasi DEM dan kemiringan lereng, serta dinamika garis pantai menunjukkan bahwa banjir di Kabupaten Pidie Jaya dikontrol oleh tiga komponen utama: (1) peningkatan debit puncak akibat hujan ekstrem di DAS Krueng Meureudu, (2) kondisi topografi dataran rendah aluvial dengan elevasi <10 meter dan kemiringan <math><8^\circ</math>, serta (3) sedimentasi muara yang berpotensi menghambat aliran keluar ke laut.

Dampak banjir terutama terjadi pada lahan pertanian (sawah dan tambak) serta kawasan permukiman di wilayah hilir. Secara sistemik, banjir di Pidie Jaya merupakan hasil interaksi proses hulu–hilir yang diperkuat oleh kontrol geomorfologi pesisir. Oleh karena itu, pengurangan risiko banjir memerlukan pendekatan terpadu yang mencakup pengelolaan debit di hulu, peningkatan kapasitas penampang sungai, serta pengendalian sedimentasi muara dalam kerangka pengelolaan DAS dan pesisir secara berkelanjutan.



Gambar 5. Area kajian peta kemiringan pada kabupaten Pidi Jaya

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Analisis hidrologi didasarkan pada data dan perhitungan dari penelitian terdahulu, sehingga belum menggunakan pengukuran debit aktual saat kejadian banjir 2025. Interpretasi genangan dari citra Sentinel-2 resolusi 10 m masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi genangan skala kecil dan belum sepenuhnya didukung klasifikasi kuantitatif berbasis indeks air. Selain itu, penggunaan DEM resolusi menengah dapat memengaruhi ketelitian identifikasi mikro-topografi pada area cekungan. Analisis perubahan garis pantai juga merujuk pada periode 2000–2020, sehingga belum merepresentasikan dinamika morfologi pesisir terbaru saat kejadian banjir. Penelitian lanjutan dengan data debit aktual, DEM resolusi tinggi, dan pemodelan hidrodinamika diperlukan untuk meningkatkan akurasi analisis risiko banjir

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hidrologis, interpretasi citra Sentinel-2, evaluasi topografi melalui DEM dan penampang melintang, serta tinjauan dinamika garis pantai, dapat disimpulkan bahwa banjir di Kabupaten Pidie Jaya merupakan hasil interaksi antara faktor hidrologi hulu dan kondisi geomorfologi hilir–pesisir. DAS Krueng Meureudu menunjukkan respon cepat terhadap hujan intensitas tinggi, sehingga debit banjir rencana berpotensi melampaui kapasitas tampung sungai dan memicu luapan, terutama di wilayah hilir seperti Kecamatan Meureudu dan Bandar Baru.

Sebaran genangan yang teridentifikasi pada citra pascabanjir terkonsentrasi pada dataran aluvial rendah dengan elevasi -11 hingga 10 meter dan kemiringan $<8^\circ$. Analisis penampang topografi mengonfirmasi keberadaan cekungan tertutup (basin) yang berada di bawah permukaan laut, sehingga menghambat drainase alami dan menyebabkan air bertahan lebih lama sebagai efek lanjutan banjir.

Selain itu, dominasi akresi dan tingginya sedimentasi di muara Sungai Meureudu berpotensi mempersempit penampang aliran dan memicu backwater effect, yang semakin memperpanjang durasi genangan. Dengan demikian, banjir di Pidie Jaya dikontrol oleh peningkatan debit hulu, keberadaan cekungan topografis di hilir, serta sedimentasi pesisir. Upaya mitigasi memerlukan pendekatan terpadu melalui pengelolaan DAS, peningkatan kapasitas sungai, dan pengendalian sedimentasi muara secara berkelanjutan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, BPBD Kabupaten Pidie Jaya, dan Badan Informasi Geospasial atas dukungan dan fasilitasi data yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., & Dwi Susanto, R. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Baihaqi, Setiyaningsih, S. I., & Jannah, M. (2026). Analisis Pola Banjir di Kabupaten Pidie Jaya Menggunakan Data Mining dan Visualisasi Data. *Jurnal Kolaborasi Akademika*, 3(1), 126–140. <https://doi.org/10.64826/ygk9r455>
- Bird, E. C. F. (Eric C. F. (with Internet Archive). (2008). *Coastal geomorphology: An introduction*. Chichester, England; Hoboken, NJ: Wiley. http://archive.org/details/coastalgeomorpho0000bird_b7z8
- Bosch, J. M., & Hewlett, J. D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55(1), 3–23. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90117-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2)
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Chow's Handbook of Applied Hydrology*. <https://www.researchgate.net/publication/306097368>
Chow's_Handbook_of_Applied_Hydrology
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment, The Sentinel Missions - New Opportunities for Science*, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- Knighton, D. (1998). Knighton, David (1998) *Fluvial Forms & Processes. A New Perspective*. Don Mills, Ontario, Oxford University Press, 383 p. (ISBN 0-340-66313-8). <https://www.researchgate.net/publication/269671485>
[Knighton David 1998 Fluvial Forms Processes A New Perspective Don Mills Ontario Oxford University Press 383 p ISBN 0-340-66313-8](https://www.researchgate.net/publication/269671485)
- Merz, B., Thielen, A. H., & Gocht, M. (2007). Flood Risk Mapping At The Local Scale: Concepts and Challenges. Dalam S. Begum, M. J. F. Stive, & J. W. Hall (Ed.), *Flood Risk Management in Europe: Innovation in Policy and Practice* (hlm. 231–251). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4200-3_13

- Rahman, J. T. A. (2009). Model Indeks Banjir Dan Probabilitas Resiko Pada Daerah Bantaran Banjir Krueng Meureudu di Pidie Jaya Provinsi Aceh—Indonesia. *Dinamika TEKNIK SIPIL*/Vol. 11/No. 2/Mei 2011/Azmeri, et all./Halaman : 112 - 117 113.
- Suhardi, I., Saraswati, R., Andanusa, R. M., Hidayat, P. M., Priyambodo, A., & Mahasiswa Kelas Geomorfologi Pantai 2020-2021 Departemen Geografi UI. (2021). *Perubahan Garis Pantai Pesisir Timur Sumatra*. Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia.