

## **Analisis Geologi dan Potensi Geowisata Air Terjun Tembinus Desa Bukit Raya, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara Menggunakan Pendekatan GIS**

**Gena Anastasia Brahim<sup>1)\*</sup>, Yeni Trisnawati <sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Jurusan Geologi, STT Migas Balikpapan

E-mail: genaanastasia21@gmail.com

### **ABSTRAK**

Air Terjun Tembinus merupakan bentang alam fluvial yang berkembang pada satuan sedimen Formasi Balikpapan yang didominasi oleh batupasir dengan sisipan batulanau dan batulempung. Perbedaan tingkat resistensi litologi terhadap erosi berperan penting dalam mengontrol pembentukan morfologi air terjun, di mana batupasir yang relatif resisten membentuk tebing terjal, sementara litologi berbutir halus berfungsi sebagai zona lemah yang memengaruhi posisi dan bentuk jatuhnya air. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi geologi dan geomorfologi kawasan Air Terjun Tembinus serta menilai potensi pengembangannya sebagai kawasan geowisata edukatif melalui pendekatan kuantitatif dan analisis spasial. Metode penelitian meliputi studi literatur, observasi lapangan, analisis geologi, serta pemodelan kelereng berbasis Sistem Informasi Geografis menggunakan data Digital Elevation Model. Penilaian potensi geowisata dilakukan dengan metode skoring kuantitatif yang mencakup parameter nilai ilmiah, nilai pendidikan, nilai ekonomi, nilai konservasi, dan nilai tambahan, kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan kawasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan Air Terjun Tembinus didominasi oleh lereng curam hingga sangat curam yang berperan penting dalam pembentukan morfologi air terjun sekaligus meningkatkan potensi bahaya geomorfologi, seperti longsor dan runtuhnya batuan. Hasil penilaian kuantitatif menunjukkan bahwa Air Terjun Tembinus memperoleh nilai total sebesar 32,5%, yang mengindikasikan potensi geowisata kategori sedang dengan keunggulan utama pada aspek nilai ilmiah dan pendidikan. Namun demikian, keterbatasan aksesibilitas, minimnya fasilitas pendukung, serta tingginya risiko geomorfologi menyebabkan nilai ekonomi dan konservasi kawasan masih relatif rendah. Oleh karena itu, pengembangan Air Terjun Tembinus direkomendasikan sebagai geowisata edukatif berskala terbatas dengan penekanan pada upaya mitigasi risiko geomorfologi, konservasi geologi, serta penyediaan fasilitas interpretatif.

**Kata kunci:** geowisata, Formasi Balikpapan, air terjun, geomorfologi, GIS.

### **ABSTRACT**

*Tembinus Waterfall is a fluvial landform developed within sedimentary units of the Balikpapan Formation dominated by sandstone with intercalations of siltstone and claystone. Variations in lithological resistance to erosion play an important role in controlling waterfall morphology, where relatively resistant sandstone forms steep cliffs, while finer grained lithologies act as weak zones influencing the position and shape of the water drop. This study aims to analyze geological and geomorphological conditions of the Tembinus Waterfall area and to evaluate its potential development as an educational geotourism site using quantitative and spatial approaches. Research methods include literature review, field observation, geological analysis, and slope modeling based on a Geographic Information System using Digital Elevation Model data. Geotourism potential was assessed through a quantitative scoring method covering scientific value, educational value, economic value, conservation value, and additional value, then further analyzed using a SWOT approach to formulate development strategies. Results show that the Tembinus Waterfall area is dominated by steep to very steep slopes that strongly control waterfall morphology and increase geomorphological hazard potential such as landslides and rockfalls. Quantitative assessment indicates that Tembinus Waterfall obtains a total score of 32.5 percent, indicating moderate geotourism potential with main strengths in scientific and educational values. However, limited accessibility, lack of supporting facilities, and high geomorphological risk result in low economic and*

*conservation values. Therefore, development of Tembinus Waterfall is recommended as small scale educational geotourism emphasizing geomorphological risk mitigation, geological conservation, and provision of interpretative facilities to support safe and sustainable utilization long term.*

**Keywords:** *geotourism, Balikpapan Formation, waterfall, geomorphology, GIS.*

## 1. Pendahuluan

Air Terjun Tembinus merupakan bentang alam fluvial yang berkembang pada satuan sedimen Formasi Balikpapan yang didominasi oleh batupasir, dengan sisipan batulanau dan batulempung. Keberadaan batupasir sebagai litologi utama memberikan kontrol yang signifikan terhadap pembentukan morfologi air terjun, terutama dalam membentuk tebing yang relatif resisten terhadap erosi. Singkapan batupasir dengan perlapisan yang jelas serta keberadaan struktur sedimen yang terawat dengan baik menjadikan kawasan ini memiliki potensi sebagai lokasi pembelajaran geologi lapangan sekaligus objek geowisata berbasis edukasi.

Secara aktual, pemanfaatan Air Terjun Tembinus masih terbatas sebagai wisata alam umum tanpa didukung oleh informasi geologi dan geomorfologi yang memadai. Kondisi ini menyebabkan nilai ilmiah kawasan belum teridentifikasi secara optimal, sementara potensi bahaya geomorfologi yang berkaitan dengan kelerengan terjal dan pelapukan pada sisipan litologi halus belum dikaji secara sistematis. Lereng yang curam hingga sangat curam pada satuan batupasir berlapis, khususnya pada zona kontak dengan batulanau dan batulempung, berpotensi memicu ketidakstabilan lereng akibat proses erosi fluvial dan pelapukan diferensial. Upaya pemanfaatan kawasan oleh masyarakat setempat telah berlangsung, namun masih bersifat terbatas dan belum mengintegrasikan aspek konservasi geologi dan edukasi. Padahal, pengembangan geowisata memerlukan pemahaman yang baik mengenai karakter litologi dominan, struktur sedimen, serta proses geomorfologi yang mengontrol pembentukan dan stabilitas bentang alam (Dowling & Newsome, 2006). Oleh karena itu, kajian geologi dan geomorfologi yang terintegrasi menjadi kebutuhan penting sebagai dasar penilaian potensi geowisata.

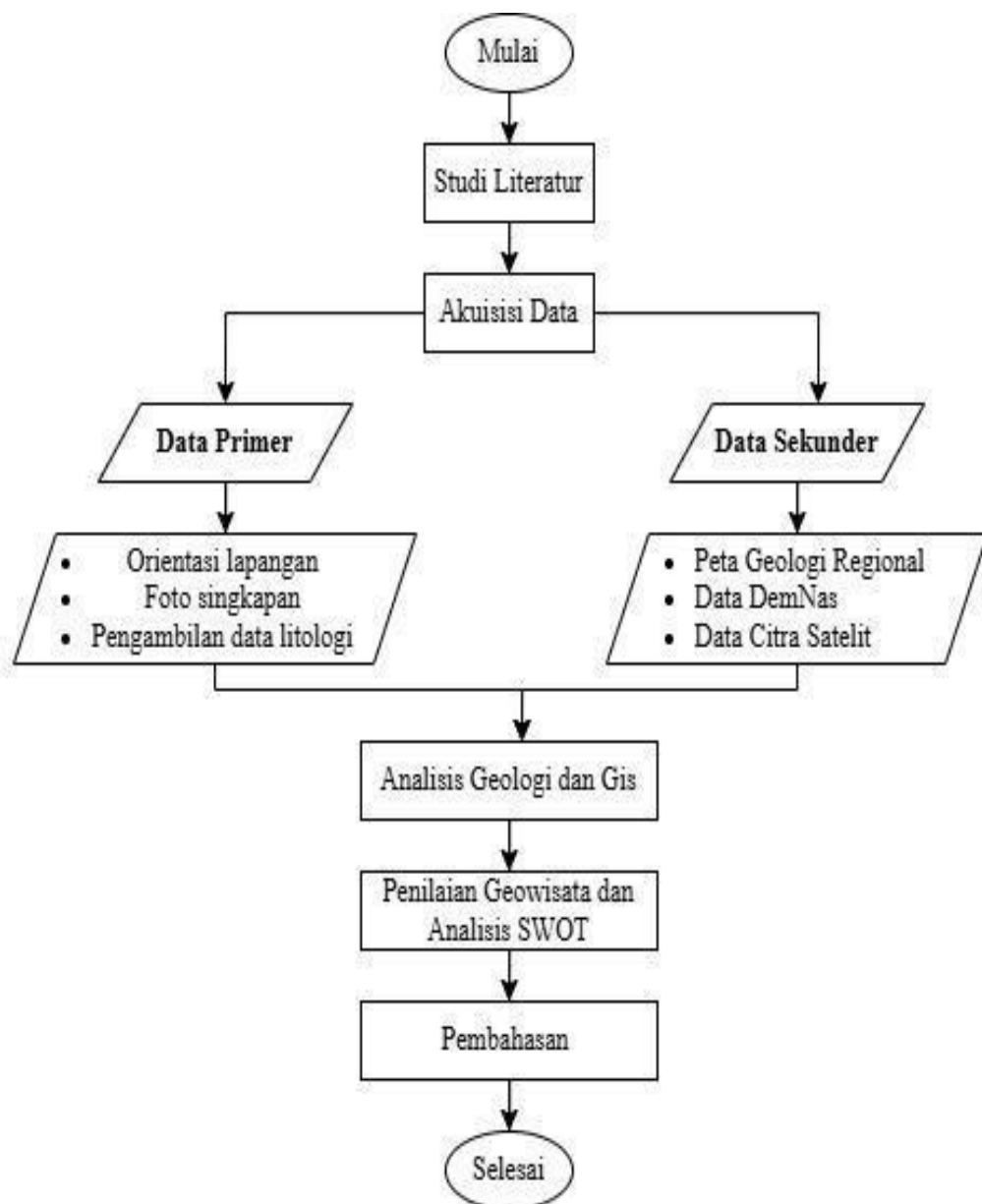
Pendekatan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS) dan pemodelan Digital Elevation Model (DEM) memungkinkan evaluasi objektif terhadap kondisi kelerengan dan morfologi kawasan, yang sangat relevan untuk kawasan dengan dominasi batupasir dan relief terjal. Integrasi hasil pemodelan spasial dengan observasi lapangan diharapkan dapat menghasilkan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan Air Terjun Tembinus sebagai geowisata edukatif yang aman dan berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang tersusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap awal penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh informasi mengenai geologi regional Formasi Balikpapan, konsep geowisata, serta metode analisis geomorfologi berbasis GIS. Tahap berikutnya adalah akuisisi data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan lapangan yang mencakup orientasi lokasi, dokumentasi singkapan batuan, dan pengambilan data litologi. Data sekunder meliputi peta geologi regional, data DEMNAS, serta citra satelit.

Analisis data dilakukan melalui integrasi analisis geologi dan GIS. Analisis geologi mencakup identifikasi litologi dominan, struktur sedimen, dan hubungan stratigrafi satuan batuan. Analisis GIS dilakukan dengan mengolah data DEM untuk menghasilkan peta kelerengan dan morfologi kawasan. Penilaian potensi geowisata dilakukan menggunakan metode skoring kuantitatif yang mencakup parameter nilai ilmiah, aksesibilitas, keamanan geomorfologi, dan potensi edukasi. Hasil penilaian tersebut kemudian dianalisis menggunakan pendekatan SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan kawasan.

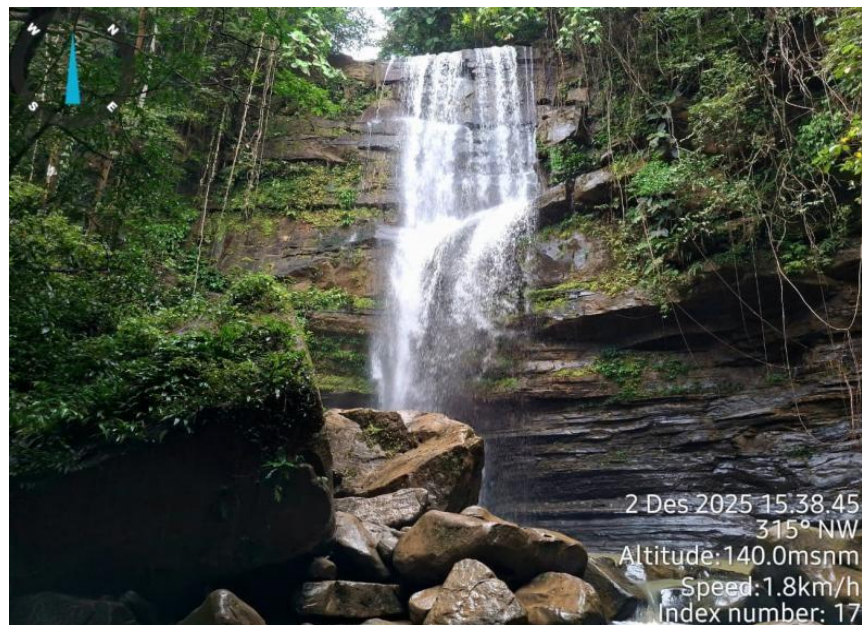


Gambar 1. Diagram Alur Tahapan Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### A. Kondisi Geologi Air Terjun Tembinus

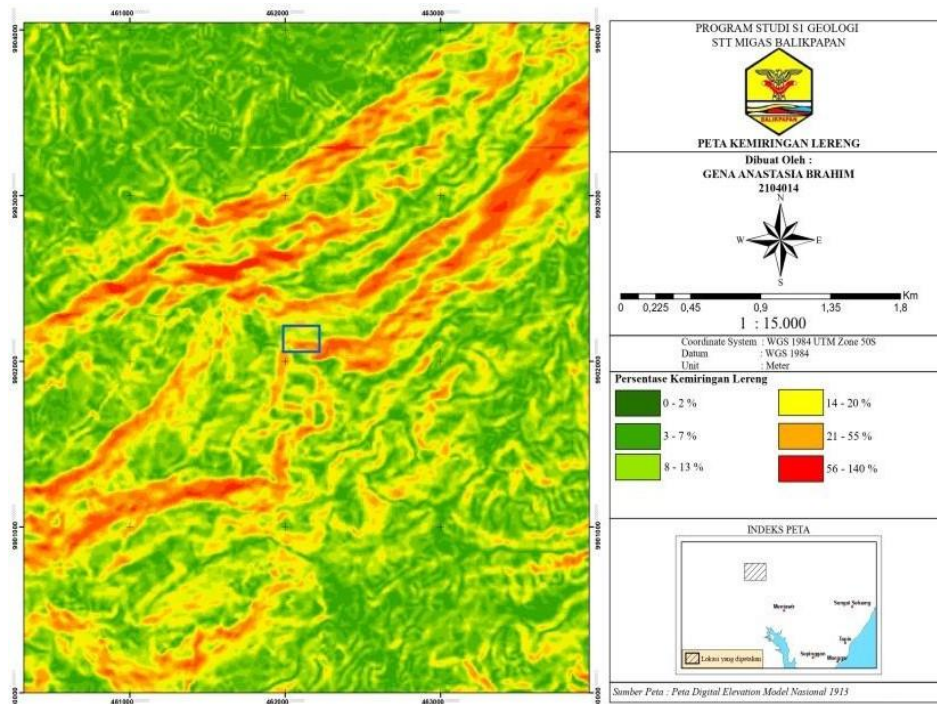
Air Terjun Tembinus berkembang pada satuan batupasir Formasi Balikpapan dengan sisipan batulanau dan batulempung. Batupasir berbutir sedang hingga kasar bersifat lebih resisten terhadap erosi, sehingga membentuk tebing air terjun, sementara litologi yang lebih halus berperan sebagai zona lemah yang mengalami erosi lebih intensif. Struktur sedimen berupa *cross-bedding*, laminasi sejajar, dan perlapisan berulang menunjukkan lingkungan pengendapan pesisir hingga laut dangkal yang dinamis.



Gambar 2. Air terjun tembinus

### B. Analisis Geomorfologi dan Kelerengan

Hasil pemodelan kelerengan berbasis DEM menunjukkan bahwa kawasan Air Terjun Tembinus didominasi oleh lereng curam hingga sangat curam. Kondisi ini mengontrol pembentukan tebing air terjun dan pola aliran sungai. Lereng terjal pada satuan batupasir berlapis meningkatkan potensi bahaya geomorfologi, khususnya longsor dan runtuh batuan, terutama pada kondisi kejenuhan air yang tinggi.



Gambar 3. Peta kelerengan daerah penelitian

### C. Penilaian Kuantitatif Potensi Geowisata

Berdasarkan hasil penilaian kuantitatif sebagaimana disajikan pada Tabel 1, Air Terjun Tembinus memperoleh nilai total sebesar 32,5%, yang mengindikasikan bahwa lokasi ini memiliki potensi geowisata kategori sedang. Penilaian dilakukan terhadap lima parameter utama, yaitu pendekatan ilmiah dan intrinsik, nilai pendidikan, nilai ekonomis, nilai konservasi, dan nilai tambahan. Parameter pendekatan ilmiah dan intrinsik menunjukkan nilai sebesar 50%, yang mencerminkan tingginya kualitas objek geologi di kawasan penelitian. Kejelasan singkapan batupasir Formasi Balikpapan, keberadaan struktur sedimen yang terawetkan dengan baik, serta proses geomorfologi fluvial yang mudah diamati menjadikan Air Terjun Tembinus memiliki nilai ilmiah yang signifikan. Kondisi ini mendukung pemanfaatan kawasan sebagai objek kajian geologi dan geomorfologi. Parameter nilai pendidikan juga memperoleh skor 50%, yang menunjukkan bahwa kawasan ini sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran geologi lapangan. Keberagaman litologi, struktur sedimen, serta bentuklahan yang berkembang memungkinkan interpretasi proses geologi secara langsung, sehingga relevan untuk kegiatan edukasi, penelitian, dan praktikum lapangan. Sebaliknya, nilai ekonomis memperoleh skor 0%, yang mengindikasikan bahwa hingga saat ini Air Terjun Tembinus belum memberikan kontribusi ekonomi yang nyata. Kondisi ini disebabkan oleh keterbatasan aksesibilitas, belum tersedianya fasilitas wisata dasar, serta ketiadaan sistem pengelolaan kawasan yang terintegrasi. Parameter nilai konservasi menunjukkan skor 37,5%, yang menandakan bahwa kawasan ini masih relatif alami namun belum didukung oleh upaya konservasi geologi yang terencana. Dominasi lereng curam hingga sangat curam meningkatkan kerentanan kawasan terhadap degradasi lingkungan dan potensi bahaya geomorfologi apabila pemanfaatan dilakukan tanpa pengelolaan yang memadai. Sementara itu, nilai tambahan memperoleh skor 25%, yang mencerminkan adanya potensi estetika dan daya tarik lanskap alami, namun belum diperkuat oleh elemen pendukung seperti fasilitas interpretasi, papan informasi geologi, maupun pengelolaan wisata yang berorientasi edukasi.

Tabel 1. Analisis kuantitatif air terjun tembinus

| Air Terjun Tembinus             |     |     |     |     |     |              |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
|                                 | A   | B   | C   | D   | E   | Nilai<br>(%) |
| Pendekatan Ilmiah dan Intrinsik | 1   | 0,5 | 0,5 | 0   |     | 50%          |
| Nilai Pendidikan                | 1   | 0   | 0,5 |     |     | 50%          |
| Nilai Ekonomis                  | 0   | 0   | 0   |     |     | 0%           |
| Nilai Konservasi                | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   |     | 37,5%        |
| Nilai Tambahan                  | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 25%          |
| Total                           |     |     |     |     |     | 32,5%        |

### D. Analisis SWOT

Hasil analisis SWOT menunjukkan bahwa kekuatan utama Air Terjun Tembinus terletak pada kualitas singkapan geologi dan keunikan geomorfologi air terjun yang memiliki nilai ilmiah dan edukatif tinggi. Kelemahan utama kawasan ini berkaitan dengan keterbatasan aksesibilitas dan potensi bahaya geomorfologi akibat dominasi lereng terjal. Peluang pengembangan muncul

dari potensi pemanfaatan kawasan sebagai geowisata edukatif yang mendukung kegiatan pembelajaran dan penelitian, sedangkan ancaman utama berasal dari risiko degradasi lingkungan dan keselamatan pengunjung apabila pengelolaan kawasan tidak dilakukan secara terencana. Oleh karena itu, strategi pengembangan kawasan perlu difokuskan pada peningkatan keselamatan, penyediaan fasilitas interpretatif, dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Tabel 2. Analisis SWOT air terjun tembinus

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kekuatan (Strenght)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variasi pemandangan alami dan geomorfologi.</li> <li>2. Atraksi alam utama berupa air terjun dan singkapan geologi.</li> <li>3. Singkapan batuan jelas dan bernilai edukatif.</li> <li>4. Lingkungan relatif alami.</li> </ol>      | <b>Kelemahan (Weaknesses)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aksesibilitas menuju lokasi sulit.</li> <li>2. Tidak tersedia fasilitas wisata dasar.</li> <li>3. Risiko keselamatan akibat lereng curam.</li> <li>4. Ketiadaan sistem pengelolaan.</li> </ol>           |
| <b>Peluang (Opportunities)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Minat masyarakat terhadap wisata alam edukatif.</li> <li>2. Dukungan potensial dari akademisi dan institusi.</li> <li>3. Pelibatan masyarakat local sebagai pemandu.</li> <li>4. Pengembangan geowisata skala kecil.</li> </ol> | <b>Ancaman (Threats)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ancaman longsor dan erosi.</li> <li>2. Kerusakan lingkungan akibat kunjungan.</li> <li>3. Persaingan destinasi yang lebih mudah diakses.</li> <li>4. Perubahan tata guna lahan di sekitar kawasan.</li> </ol> |

#### E. Analisis Integratif Potensi Geowisata Berdasarkan Pendekatan Kuantitatif

Hasil penilaian kuantitatif yang dikombinasikan dengan analisis geomorfologi berbasis GIS menunjukkan bahwa Air Terjun Tembinus memiliki karakteristik yang kuat sebagai geowisata edukatif, namun dengan keterbatasan dari aspek pengembangan wisata massal. Nilai ilmiah dan pendidikan yang relatif tinggi berkorelasi dengan kondisi geologi yang representatif, terutama keberadaan singkapan batupasir Formasi Balikpapan dan struktur sedimen yang mencerminkan dinamika lingkungan pengendapan pesisir hingga laut dangkal. Di sisi lain, hasil pemodelan kelerengan menunjukkan dominasi lereng curam hingga sangat curam, yang secara langsung memengaruhi rendahnya nilai ekonomis dan konservasi. Kondisi geomorfologi tersebut meningkatkan potensi bahaya seperti longsor dan runtuh batuan, sehingga membatasi pengembangan infrastruktur wisata dan meningkatkan kebutuhan mitigasi risiko. Hal ini menjelaskan mengapa aspek keamanan dan aksesibilitas menjadi faktor pembatas utama dalam pengembangan kawasan. Integrasi hasil kuantitatif dan analisis SWOT menunjukkan bahwa strategi pengembangan Air Terjun Tembinus sebaiknya diarahkan pada geowisata berskala kecil hingga terbatas, dengan fokus pada kegiatan edukasi dan penelitian. Pengembangan fasilitas interpretatif, jalur aman pengunjung, serta pelibatan masyarakat lokal sebagai pemandu geowisata dapat meningkatkan nilai tambahan dan konservasi tanpa mengurangi keaslian bentang alam.

#### 4. Kesimpulan

Air Terjun Tembinus merupakan bentang alam fluvial yang terbentuk akibat proses erosi diferensial pada satuan batupasir Formasi Balikpapan dengan sisipan batulanau dan batulempung. Dominasi litologi batupasir yang relatif resisten terhadap erosi berperan dalam pembentukan tebing air terjun, sementara litologi yang lebih halus berfungsi sebagai zona lemah yang mengontrol posisi dan morfologi jatuhnya air.

Keberadaan struktur sedimen yang terawetkan dengan baik mencerminkan lingkungan pengendapan pesisir hingga laut dangkal dan memberikan nilai ilmiah yang signifikan. Hasil analisis geomorfologi berbasis GIS menunjukkan bahwa kawasan Air Terjun Tembinus didominasi oleh lereng curam hingga sangat curam yang mengontrol perkembangan morfologi air terjun sekaligus meningkatkan potensi bahaya geomorfologi. Kondisi ini menjadi faktor pembatas utama dalam pengembangan kawasan sebagai destinasi wisata konvensional. Penilaian kuantitatif potensi geowisata menghasilkan nilai total sebesar 32,5%, yang mengindikasikan bahwa Air Terjun Tembinus memiliki potensi geowisata kategori sedang, dengan keunggulan utama pada aspek nilai ilmiah dan pendidikan. Namun, aspek ekonomi dan konservasi masih tergolong rendah akibat keterbatasan aksesibilitas, fasilitas, dan pengelolaan kawasan. Berdasarkan hasil tersebut, pengembangan Air Terjun Tembinus disarankan diarahkan sebagai geowisata edukatif berskala terbatas, dengan penekanan pada mitigasi risiko geomorfologi, peningkatan aspek konservasi geologi, serta penyediaan fasilitas interpretatif yang mendukung pemanfaatan kawasan secara aman dan berkelanjutan.

## 5. Daftar Pustaka

- Dowling, R. K., & Newsome, D. (2006). *Geotourism*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Huggett, R. J. (2011). *Fundamentals of Geomorphology* (3rd ed.). London: Routledge.
- Kubaliková, L. (2013). Geomorphosite assessment for geotourism purposes. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 80–104.
- Pradhan, B., Oh, H. J., & Buchroithner, M. F. (2010). Weights-of-evidence model applied to landslide susceptibility mapping in a tropical hilly area. *Geomorphology*, 124(3–4), 310–325.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia*. The Hague: Government Printing Office.
- Badan Geologi. (1995). *Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2020). *Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS)*. Dowling, R. K. (2011). Geotourism's global growth. *Geoheritage*, 3(1), 1–13.