

## Analisis Spasial Jalur Pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu Berbasis SIG

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v15i2.3583>

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



**Andin Ayu Oksilia Ramadhani<sup>1\*</sup>, Nur Ariesanto Ramdhan<sup>2</sup>, Bambang Irawan<sup>3</sup>**

Teknik Informatika, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

\*e-mail *Corresponding Author*: oksiliaandin279@gmail.com

### Abstract

*This study analyzes the spatial characteristics of the Mount Lawu hiking trail via Cemoro Sewu based on Geographic Information Systems (GIS) by utilizing National Digital Elevation Model (DEMNAS) data. The methods used include the collection of trail and hiking post point data, spatial processing using QGIS, overlay with DEMNAS, as well as elevation profile extraction and slope analysis. The results of the study show that the hiking trail has an elevation range from approximately 1,913 meters to approximately 3,229 meters above sea level with a total elevation gain of around 1,316 meters. Elevation profile analysis shows a gradual increase pattern, with the most significant segment being from Post 1 to Post 2, which has the highest elevation gain. In addition, slope analysis results show that the trail is dominated by moderate to steep slope classes (approximately 23°–30°), especially in the middle sections up to near the summit. The spatial information produced in the form of route maps, elevation profiles, and slope distribution is able to provide a quantitative picture of the difficulty level of the route.*

**Keywords:** *Geographic information system; Demnas; Hiking trails; Elevation profile; Mount Lawu*

### Abstrak

Penelitian ini menganalisis karakteristik spasial jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan memanfaatkan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS). Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data jalur dan titik pos pendakian, pengolahan spasial menggunakan QGIS, overlay dengan DEMNAS, serta ekstraksi profil elevasi dan analisis kemiringan lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jalur pendakian memiliki rentang elevasi dari ±1.913 mdpl hingga ±3.229 mdpl dengan total kenaikan elevasi sekitar ±1.316 meter. Analisis profil elevasi menunjukkan pola kenaikan bertahap dengan segmen paling signifikan berada pada Pos 1–Pos 2 sebagai bagian dengan kenaikan elevasi tertinggi. Selain itu, hasil analisis kemiringan lereng menunjukkan bahwa jalur didominasi oleh kelas lereng sedang hingga curam (±23°–30°), terutama pada bagian tengah hingga mendekati puncak. Informasi spasial yang dihasilkan berupa peta jalur, profil elevasi, dan distribusi kemiringan lereng mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat kesulitan jalur.

**Kata kunci:** *Sistem informasi geografis; Demnas; Jalur pendakian; Profil elevasi; Gunung Lawu*

### 1. Pendahuluan

Wilayah pegunungan memiliki karakteristik topografi yang kompleks dengan variasi elevasi dan kemiringan lereng yang signifikan, sehingga berpengaruh langsung terhadap aktivitas pendakian gunung. Jalur pendakian merupakan elemen penting dalam aktivitas tersebut karena berkaitan dengan aspek keselamatan, efisiensi waktu tempuh, serta tingkat kesulitan medan. Data kuantitatif mengenai elevasi, panjang jalur dan perubahan ketinggian menjadi informasi dasar diperlukan untuk memahami kondisi fisik jalur pendakian secara objektif [1]. Oleh karena itu, penyediaan informasi jalur pendakian yang bersifat kuantitatif dan mudah dipahami menjadi kebutuhan penting dalam mendukung keselamatan pendaki serta pengelolaan kawasan pegunungan. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografi (SIG) memungkinkan integrasi data spasial dan atribut secara sistematis untuk menganalisis kondisi topografi jalur pendakian. SIG mampu mengolah data jalur dan data elevasi sehingga menghasilkan informasi visual dan

numerik yang dapat digunakan untuk memahami perubahan ketinggian dan karakteristik medan [2]. Salah satu data elevasi yang banyak digunakan di Indonesia adalah *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial dan memiliki resolusi yang memadai untuk analisis topografi wilayah pegunungan skala menengah [3]. Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan analisis spasial terhadap kondisi topografi secara lebih akurat melalui pemanfaatan *Digital Elevation Model* (DEM). DEM menyediakan representasi permukaan bumi dalam bentuk data numerik yang dapat digunakan untuk analisis ketinggian, kemiringan lereng, serta pembuatan profil elevasi jalur [4]. Di Indonesia, Badan Informasi Geospasial telah menyediakan *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) yang memiliki resolusi spasial relatif tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk wilayah pegunungan secara detail.

Gunung Lawu merupakan salah satu gunung api stratovolcano di Pulau Jawa yang memiliki jalur pendakian populer, salah satunya melalui Cemoro Sewu. Jalur ini memiliki variasi elevasi yang cukup signifikan dari *basecamp* hingga puncak, sehingga analisis profil elevasi menjadi penting untuk menggambarkan karakteristik jalur secara kuantitatif. Jalur ini dikenal memiliki karakteristik lintasan yang cukup panjang dengan variasi elevasi yang signifikan dan *basecamp* hingga puncak Hargo Dumilah [5]. Perbedaan elevasi yang cukup ekstrem pada beberapa segmen jalur pendakian menyebabkan variasi tingkat kesulitan yang dapat mempengaruhi kondisi fisik pendaki, durasi perjalanan, serta potensi risiko yang dihadapi selama pendakian. Namun, informasi yang tersedia saat ini mengenai jalur pendakian Gunung Lawu masih didominasi oleh deskripsi umum, baik dalam bentuk peta konvensional maupun informasi naratif yang belum memberikan gambaran kuantitatif terkait kondisi medan secara detail. Selain itu, masih banyak pendaki yang mengalami kesulitan dalam memahami kondisi jalur karena keterbatasan informasi spasial yang terintegrasi. Sebagian besar pendaki hanya mengandalkan peta sederhana atau informasi dari pengalaman orang lain tanpa didukung oleh data yang akurat mengenai posisi elevasi, tingkat kemiringan lereng, maupun karakteristik segmen jalur. Hal ini berpotensi menyebabkan berbagai permasalahan seperti tersesat, kelelahan akibat salah estimasi energi, hingga kecelakaan akibat tidak memahami kondisi medan yang sebenarnya. Di sisi lain, visualisasi jalur yang tersedia saat ini belum mampu mengintegrasikan informasi penting seperti lokasi pos pendakian, sumber air, zona rawan, serta estimasi waktu tempuh secara komprehensif dalam satu sistem. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan informasi pendaki di lapangan dengan ketersediaan data spasial yang ada, sehingga diperlukan suatu pendekatan yang mampu menyajikan informasi jalur pendakian secara lebih sistematis, terukur, dan mudah diakses. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum tersedianya informasi spasial yang terintegrasi dan kuantitatif mengenai karakteristik jalur pendakian, khususnya yang mencakup perubahan elevasi, kemiringan lereng, serta kondisi medan secara menyeluruh. Kondisi ini menyebabkan keterbatasan dalam mendukung perencanaan pendakian yang aman dan efisien.

Berbagai penelitian terdahulu telah mencoba memanfaatkan Sistem informasi geografis dalam pemetaan jalur pendakian dan pengembangan sistem informasi berbasis spasial. Penelitian yang dilakukan oleh Tri Rahmawan, Riga Yuda Perwira Adi, Tiara Rizka Anindhita, dan Rizki Aula Ramadzani pada tahun 2022 menyusun peta jalur pendakian Gunung Sindoro melalui jalur Jumprit dengan memanfaatkan survei lapangan, pengambilan koordinat menggunakan GPS, serta pengolahan data spasial menggunakan perangkat lunak SIG [1]. Hasil penelitian menghasilkan peta yang memuat informasi rute, pos pendakian, shelter, sumber air, dan zona rawan bahaya. Fokus penelitian tersebut terletak pada penyediaan informasi visual jalur pendakian. Berbeda dengan penelitian tersebut, kajian ini tidak hanya menyusun peta jalur, tetapi juga melakukan analisis spasial yang mencakup perhitungan panjang jalur, perubahan elevasi, serta estimasi waktu tempuh berbasis data elevasi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Martha Yogi Yuda Rifendy dan Paramitha Nerisafitra pada tahun 2023 mengembangkan sistem informasi jalur pendakian Gunung Penanggungan dengan mengintegrasikan algoritma *Dijkstra* dan metode *Fuzzy* untuk menentukan jalur optimal [6]. Pendekatan tersebut menitikberatkan pada optimasi rute dan pengambilan keputusan (*decision support system*) guna merekomendasikan jalur terbaik bagi pendaki. Perbedaan utama dengan penelitian ini terletak pada pendekatan analisis, di mana penelitian ini tidak berfokus pada optimasi algoritmik, melainkan pada analisis karakteristik jalur berdasarkan profil elevasi dan data topografi. Penelitian oleh Jody Mulyadi Podomia, Muhammad Rifai Katili, Budiyanto Ahaliki pada tahun 2024 mengembangkan sistem informasi pariwisata berbasis *Web GIS* menggunakan metode prototipe untuk memetakan destinasi wisata di

Kabupaten Bone Bolango [7]. Fokus penelitian tersebut adalah penyediaan informasi lokasi wisata secara umum. Sementara itu, penelitian ini lebih spesifik pada jalur pendakian gunung dan mengintegrasikan analisis spasial berbasis elevasi dalam penyusunan peta digital Selanjutnya, penelitian oleh Septian Nur Hidayat, Yuswanti Ariani Wirahayu, I Komang Astina, dan Nailul Insani pada tahun 2025 memetakan jalur pendakian Gunung Lawu melalui jalur Babar berbasis SIG dengan tujuan mendukung wisata minat khusus [8]. Penelitian tersebut menghasilkan peta digital yang memuat informasi *basecamp*, pos, *shelter*, sumber air, jarak, serta estimasi waktu tempuh menggunakan QGIS. Perbedaan dengan penelitian ini terletak pada lokasi jalur dan pendekatan analisis. Penelitian ini berfokus pada jalur Cemoro Sewu serta menekankan analisis profil elevasi berbasis DEMNAS sebagai dasar evaluasi karakteristik medan secara kuantitatif. Berdasarkan kajian penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada pemetaan jalur atau pengembangan sistem berbasis *web*. Analisis yang secara khusus mengintegrasikan data elevasi nasional (DEMNAS) dengan kajian profil elevasi pada satu jalur pendakian tertentu masih relatif terbatas. Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menunjukkan pemanfaatan SIG dalam pemetaan jalur pendakian, sebagian besar masih berfokus pada visualisasi jalur atau pengembangan sistem informasi tanpa mengintegrasikan analisis spasial berbasis data elevasi secara mendalam. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengkaji profil elevasi jalur pendakian menggunakan data DEMNAS pada satu jalur spesifik masih relatif terbatas. Oleh karena itu, terdapat kesenjangan penelitian berupa belum adanya analisis spasial yang mengintegrasikan data elevasi nasional dengan evaluasi karakteristik medan jalur pendakian secara kuantitatif dan aplikatif.

*State of the art* penelitian ini terletak pada pemanfaatan DEMNAS resolusi nasional yang dikombinasikan dengan perangkat lunak QGIS untuk menghasilkan analisis profil elevasi jalur pendakian secara detail dan aplikatif. Pendekatan ini tidak hanya menampilkan informasi spasial secara visual, tetapi juga menyajikan data kuantitatif elevasi sepanjang jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu sebagai dasar evaluasi karakteristik medan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu berdasarkan profil elevasi menggunakan data DEMNAS dan Sistem Informasi Geografis.

## 2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menganalisis karakteristik jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengolah data spasial secara terintegrasi, sehingga informasi yang dihasilkan lebih detail dan mudah dipahami.

Dalam penelitian ini, analisis tidak hanya berfokus pada profil elevasi, tetapi juga mencakup turunan dari data DEM seperti kemiringan lereng (*slope*) dan arah lereng (*aspect*). Selain itu, dilakukan juga identifikasi kondisi jalur, area yang berpotensi rawan, serta titik-titik penting pendakian agar hasilnya tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga bisa dimanfaatkan secara langsung di lapangan. Seluruh proses pengolahan data dilakukan menggunakan software QGIS.

### 2.1 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data utama dan data pendukung. Data utama berupa jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu dalam vektor (*polyline*), yang diperoleh dari hasil digitalisasi menggunakan Avenza Map.

Selain itu, digunakan data *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial sebagai sumber data elevasi dalam format raster. Data *Digital Elevation Model* (DEM) digunakan sebagai dasar dalam analisis topografi karena mampu merepresentasikan bentuk permukaan bumi secara digital dalam bentuk tiga dimensi. Melalui data ini, informasi seperti elevasi, kemiringan lereng, dan arah lereng dapat diperoleh secara kuantitatif dan sistematis [9]. Data pendukung lainnya meliputi informasi titik-titik penting seperti *basecamp*, pos pendakian, serta puncak yang digunakan sebagai referensi dalam analisis.

### 2.2 Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara bertahap menggunakan QGIS. Tahap awal dimulai dengan memasukkan data jalur pendakian dan data DEMNAS ke dalam sistem, kemudian dilakukan penyamaan sistem koordinat agar kedua data dapat saling terintegrasi dengan baik.

Setelah itu, dilakukan proses *overlay* antara jalur pendakian dengan data DEMNAS untuk memastikan bahwa jalur berada dalam cakupan data elevasi. Tahap ini penting agar proses

analisis dapat berjalan dengan akurat. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi nilai elevasi dari data raster ke jalur pendakian menggunakan fungsi *sampling raster*. Hasil dari proses ini berupa data ketinggian pada setiap titik jalur yang kemudian digunakan dalam analisis profil elevasi. Selain itu, dilakukan juga analisis turunan dari DEM, yaitu perhitungan kemiringan lereng (*slope*) dan arah lereng (*aspect*). Kedua parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat kecuraman serta orientasi permukaan jalur pendakian.

Tahap berikutnya adalah menghitung panjang jalur dan jarak antar segmen menggunakan fitur geometri pada QGIS. Data ini digunakan sebagai dasar dalam analisis lanjutan, termasuk estimasi waktu tempuh.

### 2.3 Analisis Profil Elevasi

Analisis profil elevasi dilakukan dengan melihat hubungan antara jarak tempuh dan ketinggian jalur. Data ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan interpretasi.

Melalui grafik tersebut, dapat diketahui bagian jalur yang mengalami kenaikan elevasi cukup signifikan, perubahan kemiringan yang tajam, serta pola kenaikan dari awal hingga puncak. Analisis ini juga digunakan untuk melihat distribusi elevasi sepanjang jalur pendakian.

Selain itu, dilakukan perhitungan nilai elevasi minimum, maksimum, serta total kenaikan elevasi (*elevation gain*) sebagai indikator tingkat kesulitan jalur.

### 2.4 Analisis Kemiringan dan Arah Lereng

Pengolahan data dilakukan secara bertahap menggunakan QGIS. Tahap awal dimulai dengan memasukkan data jalur pendakian dan data DEMNAS ke dalam sistem, kemudian dilakukan penyamaan sistem koordinat agar kedua data dapat saling terintegrasi dengan baik. Setelah itu, dilakukan proses *overlay* antara jalur pendakian dengan data DEMNAS untuk memastikan bahwa jalur berada dalam cakupan data elevasi. Tahap ini penting agar proses analisis dapat berjalan dengan akurat.

Selanjutnya, dilakukan ekstraksi nilai elevasi dari data raster ke jalur pendakian menggunakan fungsi *sampling raster*. Hasil dari proses ini berupa data ketinggian pada setiap titik jalur yang kemudian digunakan dalam analisis profil elevasi.

Selain itu, dilakukan juga analisis turunan dari DEM, yaitu perhitungan kemiringan lereng (*slope*) dan arah lereng (*aspect*). Kedua parameter ini digunakan untuk mengetahui tingkat kecuraman serta orientasi permukaan jalur pendakian. Tahap berikutnya adalah menghitung panjang jalur dan jarak antar segmen menggunakan fitur geometri pada QGIS. Data ini digunakan sebagai dasar dalam analisis lanjutan, termasuk estimasi waktu tempuh.

Kemiringan lereng merupakan salah satu parameter penting dalam analisis topografi yang menunjukkan tingkat kecuraman suatu wilayah. Nilai kemiringan biasanya dinyatakan dalam derajat atau persen dan dibagi ke dalam beberapa kelas, mulai dari datar hingga sangat curam

### 2.5 Identifikasi Kondisi Permukaan dan Area Rawan

Identifikasi kondisi permukaan dilakukan dengan melihat karakteristik jalur berdasarkan hasil analisis spasial dan kondisi umum di lapangan. Permukaan jalur dibedakan menjadi beberapa jenis seperti tanah, vegetasi, dan batuan. Selanjutnya, dilakukan identifikasi area rawan dengan mempertimbangkan kombinasi antara kemiringan lereng, kondisi permukaan, dan bentuk topografi. Area dengan kemiringan tinggi dan permukaan yang tidak stabil dianggap memiliki potensi risiko lebih besar, seperti longsor atau jalur licin.

Data *Digital Elevation Model* (DEM) digunakan sebagai dasar dalam analisis topografi karena mampu merepresentasikan bentuk permukaan bumi secara digital dalam bentuk tiga dimensi. Melalui data ini, informasi seperti elevasi, kemiringan lereng, dan arah lereng dapat diperoleh secara kuantitatif dan sistematis [10]. Oleh karena itu, area kemiringan dengan tinggi pada jalur pendakian perlu diperhatikan sebagai zona rawan yang berpotensi membahayakan pendaki, terutama saat kondisi cuaca buruk.

### 2.6 Estimasi Waktu Tempuh

Estimasi waktu tempuh dihitung berdasarkan panjang jalur dan asumsi kecepatan rata-rata pendakian. Perhitungan dilakukan menggunakan pendekatan sederhana

$$Waktu = \frac{Jarak}{Kecepatan Rata-rata} \quad (1)$$

Kecepatan rata-rata disesuaikan dengan kondisi medan pegunungan. Estimasi ini digunakan sebagai informasi pendukung dalam interpretasi karakteristik jalur.

## 2.7 Teknik Analisis Data

Teknis analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis analisis spasial. Data hasil ekstraksi elevasi dari DEMNAS dianalisis untuk mengidentifikasi karakteristik topografi jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu.

Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

- 1) Analisis Statistik Deskriptif Elevasi  
Nilai elevasi minimum, maksimum, dan rata-rata dihitung untuk mengetahui rentang ketinggian jalur. Selain itu, dihitung selisih total elevasi (*total elevation gain*) sebagai indikator perubahan ketinggian dari titik awal hingga puncak.
- 2) Analisis Distribusi Perubahan Elevasi  
Data elevasi sepanjang jalur dianalisis untuk mengidentifikasi segmen dengan kenaikan ketinggian signifikan. Perubahan elevasi antar segmen dihitung untuk mengetahui variasi kemiringan medan.
- 3) Analisis Interpretasi Profil Elevasi  
Grafik profil elevasi digunakan sebagai dasar interpretasi pola kenaikan dan penurunan ketinggian. Segmen dengan pola kenaikan tajam dianalisis sebagai bagian dengan tingkat kesulitan lebih tinggi dibandingkan segmen dengan kenaikan landai.
- 4) Analisis Estimasi Waktu Tempuh  
Estimasi waktu tempuh dihitung berdasarkan panjang lintasan dan asumsi kecepatan rata-rata pendakian. Hasil estimasi ini diinterpretasikan bersama profil elevasi untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai karakteristik jalur.

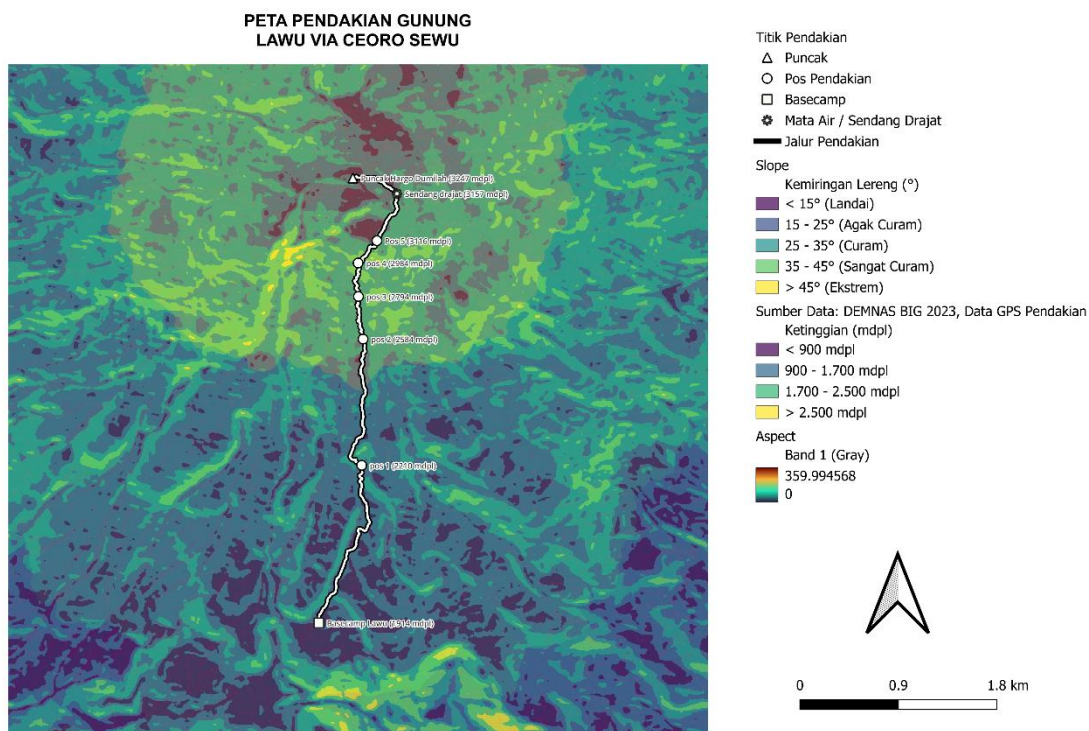
Pendekatan analisis ini memungkinkan evaluasi jalur pendakian dilakukan secara kuantitatif dan sistematis, sehingga menghasilkan informasi spasial yang objektif dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Selain analisis elevasi, penelitian ini juga mempertimbangkan parameter kemiringan lereng sebagai indikator penting dalam menentukan karakteristik medan. Kemiringan lereng yang semakin curam cenderung meningkatkan potensi erosi dan longsor serta mempengaruhi tingkat kesulitan jalur [11].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Peta Jalur Pendakian

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu memiliki lintasan yang relatif panjang dengan variasi elevasi yang signifikan dari *basecamp* hingga puncak. Jalur direpresentasikan dalam bentuk data vektor bertipe garis dan *overlay* dengan data DEMNAS untuk menampilkan distribusi elevasi pada area sekitar jalur.

Gambar 1 menunjukkan peta jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu yang telah dilengkapi dengan informasi elevasi, serta titik-titik penting seperti *basecamp*, pos pendakian, dan puncak. Visualisasi ini memperlihatkan bahwa jalur mengikuti pola kontur lereng dengan kerapatan kontur yang semakin tinggi menuju puncak, yang mengindikasikan peningkatan kemiringan lereng. Dengan demikian, peta ini tidak hanya memberikan informasi lokasi jalur, tetapi juga menunjukkan karakteristik topografi yang berpengaruh terhadap tingkat kesulitan pendakian.



**Gambar 1.** Peta jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu berdasarkan data DEMNAS  
 Sumber: (DEMNAS BIG (2023) dan survei lapangan)

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa jalur Cemoro Sewu memiliki lintasan yang relatif panjang dengan variasi elevasi yang cukup signifikan. Informasi spasial yang dihasilkan mampu menggambarkan hubungan antara posisi jalur pendakian dengan kondisi topografi sekitarnya, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis tingkat kesulitan medan.

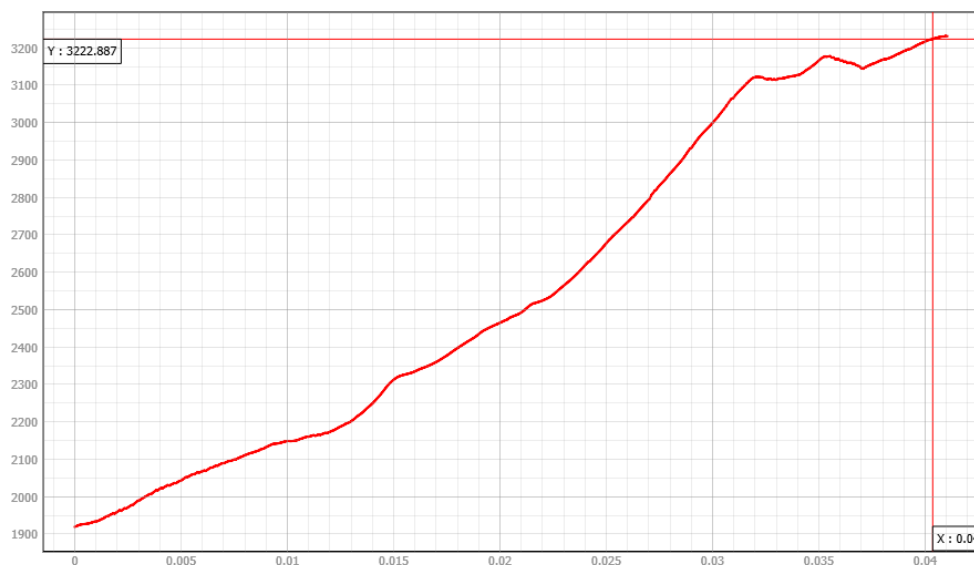
**3.2 Profil Elevasi Jalur Pendakian**

Profil elevasi jalur pendakian diperoleh melalui proses ekstraksi nilai elevasi sepanjang lintasan jalur menggunakan perangkat lunak QGIS. Grafik profil elevasi menggambarkan perubahan ketinggian terhadap jarak tempuh dari basecamp menuju puncak Gunung Lawu. Hasil analisis menunjukkan adanya pola kenaikan elevasi yang relatif bertahap, dengan beberapa segmen jalur mengalami peningkatan ketinggian yang lebih tajam.

Berdasarkan hasil ekstraksi data:

- 1) Elevasi awal (*basecamp*): ± 1.913 mdpl
- 2) Elevasi puncak: ± 3.229 mdpl
- 3) Total kenaikan elevasi: ± 1.316 mdpl

Profil elevasi yang dihasilkan menunjukkan hubungan antara jarak dan ketinggian sepanjang jalur pendakian, dimana sumbu X merepresentasikan jarak tempuh (km), sedangkan sumbu Y menunjukkan ketinggian (mdpl). Visualisasi ini membantu dalam memahami perubahan elevasi secara bertahap dari *basecamp* hingga puncak. Grafik profil elevasi menunjukkan hubungan antara jarak tempuh (sumbu X) dan ketinggian (sumbu Y) sepanjang jalur pendakian. Segmen dengan kemiringan lebih curam umumnya berada pada bagian tengah hingga mendekati puncak jalur pendakian. Kondisi ini mengindikasikan meningkatnya tingkat kesulitan medan pada segmen tersebut, yang berpotensi mempengaruhi kebutuhan energi dan waktu tempuh pendaki. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa variasi elevasi dan kemiringan lereng merupakan faktor utama dalam menentukan tingkat kesulitan jalur pendakian.



**Gambar 2.** Profil elevasi jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu (Sumbu X menunjukkan jarak dalam kilometer, sedangkan sumbu Y menunjukkan elevasi dalam meter di atas permukaan laut)

Segmen Pos 1 – Pos 2 memiliki selisih elevasi  $\pm 382$  meter dengan waktu tempuh 107 menit. Jika dibandingkan dengan segmen lainnya, nilai ini merupakan kenaikan tertinggi sepanjang jalur. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bagian tengah jalur memiliki karakteristik kemiringan yang lebih signifikan dan berpotensi meningkatkan beban fisik pendaki. Pola ini juga terlihat pada grafik profil elevasi yang menunjukkan gradien lebih tajam pada bagian tersebut.

Jika dibandingkan dengan segmen *Basecamp* – Pos 1 yang memiliki kenaikan  $\pm 296$  meter dalam waktu 60 menit, terlihat bahwa peningkatan elevasi tidak selalu berbanding lurus dengan durasi tempuh secara proporsional. Hal ini menunjukkan bahwa selain perubahan ketinggian, faktor panjang lintasan horizontal juga memengaruhi waktu tempuh. Namun demikian, secara umum segmen dengan kenaikan elevasi lebih tinggi cenderung membutuhkan waktu tempuh lebih lama.

Segmen Pos 2 – Pos 3 dan Pos 3 – Pos 4 menunjukkan kenaikan elevasi masing-masing  $\pm 208$  meter dan  $\pm 191$  meter. Nilai ini menunjukkan pola kenaikan yang masih cukup signifikan, meskipun tidak sebesar segmen sebelumnya. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa bagian tengah jalur memiliki karakteristik topografi yang bervariasi dengan perubahan gradien yang cukup terasa bagi pendaki.

Sementara itu, segmen Pos 5 – Sendang Drajat hanya mengalami kenaikan  $\pm 39$  meter dengan waktu tempuh 37 menit. Nilai ini merupakan kenaikan terendah di antara seluruh segmen, yang menunjukkan kondisi medan relatif lebih landai. Segmen akhir Sendang Drajat – Puncak memiliki kenaikan  $\pm 72$  meter dengan waktu tempuh 19 menit, yang mengindikasikan adanya peningkatan elevasi moderat menjelang puncak.

Hasil ekstraksi data elevasi pada setiap pos pendakian menunjukkan adanya peningkatan ketinggian yang konsisten dari *basecamp* menuju puncak. Informasi elevasi antar pos disajikan dalam bentuk tabel untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai perubahan ketinggian pada setiap segmen jalur.

Secara keseluruhan, variasi selisih elevasi antar segmen mencerminkan perbedaan karakteristik morfologi lereng pada setiap bagian jalur. Informasi ini penting dalam memahami distribusi tingkat kesulitan sepanjang lintasan pendakian.

### 3.3 Analisis Elevasi Jalur Pendakian

Elevasi menjadi salah satu faktor utama yang menentukan tingkat kesulitan pendakian. Berdasarkan hasil ekstraksi data DEM, diketahui bahwa jalur pendakian mengalami peningkatan ketinggian secara bertahap dari *basecamp* hingga puncak.

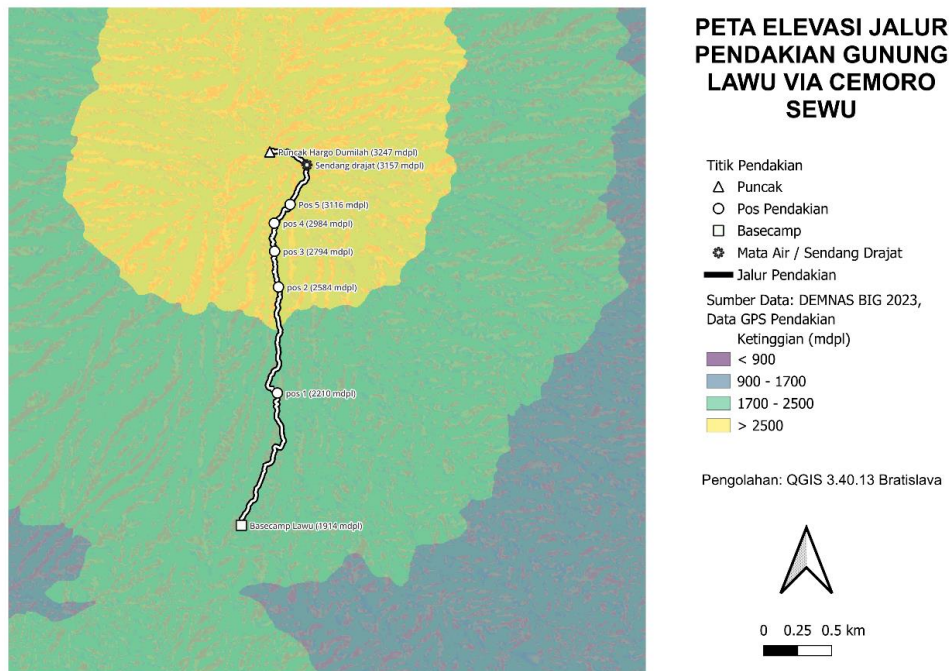
Hasil analisis per segmen menunjukkan rincian sebagai berikut:

**Tabel 1.** Elevasi Jalur Pendakian

No	Titik	Elevasi (mdpl)	Kenaikan (m)	Waktu (menit)	Keterangan
1	Basecamp	± 1.913	0	0	Awal Pendakian
2	Pos 1	± 2.210	± 296	60	Tempat Istirahat
3	Pos 2	± 2.584	± 373	107	Tempat Istirahat
4	Pos 3	± 2.794	± 209	57	Tempat Istirahat
5	Pos 4	± 2.984	± 189	60	Tempat Istirahat
6	Pos 5	± 3.116	± 131	38	Tempat Istirahat
7	Sendang Drajat	± 3.157	± 89	37	Mata Air
8	Puncak Hargo Dumilah	± 3.247	± 131	19	Tujuan Akhir

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa segmen dengan selisih elevasi terbesar memiliki waktu tempuh relatif lama. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara kenaikan elevasi dan durasi pendakian, meskipun faktor lain seperti kondisi jalur dan kelelahan pendaki juga berpengaruh.

Data elevasi antar pos menunjukkan bahwa selisih ketinggian antar segmen jalur relatif bervariasi. Variasi tersebut mencerminkan perbedaan karakteristik medan yang dilalui pendaki pada setiap segmen jalur. Informasi ini penting sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pendakian, khususnya terkait estimasi waktu tempuh dan manajemen stamina pendaki.



**Gambar 3.** Peta Elevasi jalur Pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu

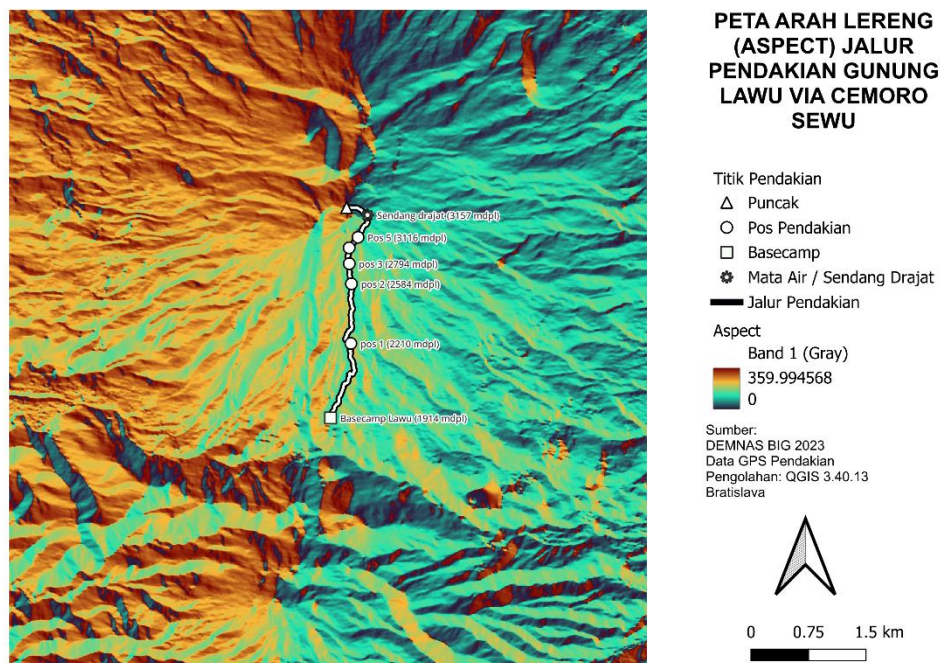
Dari peta elevasi terlihat bahwa jalur pendakian didominasi oleh ketinggian di atas 2.500 mdpl. Hal ini menunjukkan bahwa jalur ini termasuk jalur dengan elevasi tinggi yang cukup menantang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metodologi analisis spasial berbasis SIG yang digunakan dalam penelitian ini mampu menjawab tujuan penelitian, yaitu memetakan jalur pendakian dan menganalisis karakteristik elevasi jalur Gunung Lawu via Cemoro Sewu. Integrasi data elevasi dan waktu tempuh lapangan memberikan nilai tambah dibandingkan penelitian yang hanya mengandalkan analisis spasial semata. Pendekatan ini memungkinkan interpretasi kondisi jalur pendakian secara lebih realistis dan aplikatif, khususnya dalam konteks perencanaan pendakian dan pengelolaan jalur wisata alam.

Penggunaan QGIS sebagai perangkat lunak SIG terbukti efektif dalam pengolahan data spasial, mulai dari digitasi jalur, ekstraksi elevasi, hingga visualisasi hasil analisis. Hasil penelitian ini mendukung temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa SIG dan DEM dapat dimanfaatkan secara optimal untuk analisis medan pegunungan dan jalur pendakian[8].

### 3.4 Analisis Arah Lereng (Aspect)

Analisis *aspect* dilakukan untuk mengetahui orientasi lereng terhadap arah mata angin. Hasil analisis menunjukkan bahwa jalur pendakian memiliki variasi arah lereng yang mengikuti bentuk morfologi gunung.



**Gambar 4.** Peta Arah Lereng Jalur Pendakian Gunung Lawu

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa arah lereng di sekitar jalur pendakian cukup bervariasi. Variasi ini menyebabkan perbedaan kondisi iklim mikro di sepanjang jalur. Arah lereng di sekitar jalur pendakian cukup bervariasi. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan kondisi lingkungan di sepanjang jalur. Beberapa bagian jalur yang tidak mendapatkan sinar matahari langsung cenderung lebih lembab dan licin, sehingga perlu kehati-hatian ekstra. Sebaliknya, area yang lebih terbuka cenderung lebih kering namun dapat meningkatkan kelelahan akibat paparan matahari. Perbedaan kondisi ini perlu diperhatikan oleh pendaki karena dapat mempengaruhi kenyamanan serta tingkat keselamatan selama perjalanan.

### 3.5 Analisis Kemiringan Lereng (Slope)

Kemiringan lereng merupakan salah satu parameter penting dalam analisis topografi yang menunjukkan tingkat kecuraman suatu wilayah. Nilai kemiringan biasanya dinyatakan dalam derajat atau persen dan dibagi ke dalam beberapa kelas, mulai dari datar hingga sangat curam [13]. Berdasarkan hasil pengolahan data DEM, jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu

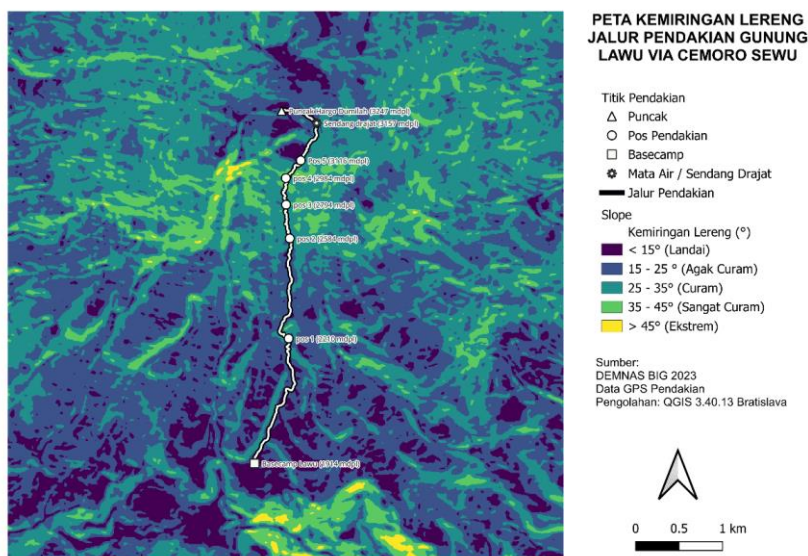
didominasi oleh kelas lereng agak curam hingga curam. Kondisi ini menunjukkan bahwa jalur memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi, terutama pada segmen mendekati puncak.

Nilai kemiringan lereng pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengolahan DEM menggunakan tool slope di QGIS, kemudian dilakukan ekstraksi nilai pada setiap titik waypoint.

**Tabel 2.** Kemiringan Lereng

No	Titik	Elevasi (mdpl)	Kemiringan (°)	Keterangan
1	Basecamp	± 1.913	10°	Awal Pendakian
2	Pos 1	± 2.210	23°	Tempat Istirahat
3	Pos 2	± 2.584	29°	Tempat Istirahat
4	Pos 3	± 2.794	29°	Tempat Istirahat
5	Pos 4	± 2.984	30°	Tempat Istirahat
6	Pos 5	± 3.116	17°	Tempat Istirahat
7	Sendang Drajat	± 3.157	14°	Mata Air
8	Puncak Hargo Dumilah	± 3.247	13°	Tujuan Akhir

Dari hasil tersebut, terlihat bahwa kemiringan lereng bervariasi sepanjang jalur pendakian. Nilai tertinggi terdapat pada Pos 4, yang menunjukkan bahwa area tersebut memiliki medan yang cukup curam dan menjadi salah satu titik paling menantang. Sementara itu, bagian awal jalur masih tergolong landai sehingga relatif lebih mudah dilalui. Hal ini menjadikan bagian awal sebagai fase adaptasi sebelum memasuki medan yang lebih berat.



**Gambar 5.** Peta Kemiringan Lereng jalur Pendakian Gunung lawu

Berdasarkan Gambar 5, distribusi kemiringan lereng menunjukkan bahwa sebagian besar area berada pada kelas sedang hingga curam. Area dengan warna yang lebih terang menunjukkan kemiringan tinggi yang perlu diwaspadai. Kemiringan yang tinggi dapat meningkatkan risiko kelelahan serta kecelakaan, terutama pada kondisi cuaca yang tidak mendukung. Oleh karena itu, informasi ini penting sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan strategi pendakian.

### 3.6 Kondisi Permukaan Rawan

Kondisi permukaan jalur pendakian merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan pendaki. Berdasarkan hasil interpretasi peta serta karakteristik umum jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu, diketahui bahwa terdapat variasi jenis permukaan dari bagian bawah hingga mendekati puncak.

Pada bagian awal jalur, kondisi permukaan didominasi oleh tanah dengan tutupan vegetasi hutan yang cukup rapat. Jalur pada segmen ini relatif stabil dan tidak terlalu curam, sehingga masih tergolong aman untuk dilalui. Namun, pada kondisi tertentu seperti setelah hujan, tanah dapat menjadi licin dan berpotensi menyebabkan tergelincir. Memasuki bagian tengah jalur, kondisi mulai berubah dengan adanya campuran tanah, akar pohon, dan batuan. Pada segmen ini, tingkat kesulitan meningkat karena selain kemiringan yang bertambah, permukaan jalur juga menjadi lebih tidak rata. Akar pohon yang melintang di jalur dapat membantu sebagai pijakan, tetapi juga bisa menjadi hambatan apabila kondisi basah. Pada bagian atas mendekati puncak, permukaan jalur didominasi oleh batuan dengan vegetasi yang semakin jarang. Kondisi ini menyebabkan jalur menjadi lebih terbuka dan rentan terhadap perubahan cuaca, seperti angin kencang dan suhu yang lebih rendah. Selain itu, batuan yang tidak stabil juga meningkatkan risiko tergelincir.

Berdasarkan analisis kemiringan lereng, area dengan *slope* tinggi berpotensi menjadi zona rawan, terutama terhadap longsor kecil atau pergerakan material lepas. Area ini umumnya berada pada bagian tengah hingga atas jalur pendakian. Selain itu, kombinasi antara kemiringan tinggi dan kelembaban tanah juga meningkatkan risiko jalur menjadi licin.

Dengan demikian, pendaki perlu memperhatikan kondisi permukaan jalur serta menyesuaikan teknik berjalan, terutama pada area dengan kemiringan tinggi dan permukaan yang tidak stabil. Informasi ini penting sebagai dasar dalam meningkatkan kewaspadaan selama pendakian.

### 3.7 Titik penting jalur Pendakian

Sepanjang jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu terdapat beberapa titik penting yang memiliki fungsi strategis dalam mendukung aktivitas pendakian. Titik-titik ini tidak hanya berperan sebagai penanda lokasi, tetapi juga sebagai acuan dalam perencanaan perjalanan. Kemiringan lereng merupakan salah satu parameter penting dalam analisis topografi yang menunjukkan tingkat kecuraman suatu wilayah. Nilai kemiringan biasanya dinyatakan dalam derajat atau persen dan dibagi ke dalam beberapa kelas, mulai dari datar hingga sangat curam [14].

*Basecamp* Lawu merupakan titik awal pendakian yang berfungsi sebagai tempat registrasi, persiapan logistik, serta pengecekan perlengkapan. Pada titik ini, pendaki biasanya memulai perjalanan dengan kondisi fisik yang masih optimal.

Pos-pos pendakian yang tersebar sepanjang jalur memiliki fungsi utama sebagai tempat istirahat. Setiap pos memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi elevasi maupun kondisi medan. Pos 1 hingga Pos 5 menjadi titik penting untuk mengatur ritme perjalanan, mengurangi kelelahan, serta sebagai tempat evaluasi kondisi fisik sebelum melanjutkan perjalanan ke segmen berikutnya.

Sendang Drajat merupakan salah satu titik yang sangat penting karena berfungsi sebagai sumber air alami. Keberadaan sumber air ini sangat membantu pendaki dalam memenuhi kebutuhan logistik, terutama pada jalur dengan durasi pendakian yang cukup panjang. Selain itu, lokasi ini juga sering digunakan sebagai titik istirahat sebelum menuju puncak.

Puncak Hargo Dumilah merupakan tujuan akhir dari jalur pendakian. Pada titik ini, elevasi mencapai nilai tertinggi, sehingga kondisi lingkungan menjadi lebih ekstrem dibandingkan dengan bagian bawah.

Secara keseluruhan, keberadaan titik-titik penting ini sangat membantu dalam navigasi serta manajemen perjalanan. Dengan mengetahui posisi dan fungsi masing-masing titik, pendaki dapat merencanakan waktu tempuh, kebutuhan logistik, serta strategi pendakian dengan lebih baik.

### 3.8 Pembahasan Umum

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu memiliki karakteristik topografi yang cukup beragam. Variasi elevasi, kemiringan lereng, serta arah lereng memberikan gambaran bahwa jalur ini tidak memiliki tingkat kesulitan yang seragam.

Pada bagian awal jalur, kondisi medan relatif lebih landai dengan permukaan yang masih stabil, sehingga cocok sebagai tahap adaptasi bagi pendaki. Namun, memasuki bagian tengah jalur, tingkat kesulitan mulai meningkat yang ditandai dengan kemiringan lereng yang lebih tinggi serta kondisi permukaan yang lebih kompleks. Bagian tengah hingga mendekati puncak menjadi segmen yang paling menantang, karena selain memiliki kemiringan yang cukup curam, kondisi permukaan juga didominasi oleh batuan dan vegetasi yang lebih jarang. Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu yang lebih rendah dan paparan angin juga turut mempengaruhi tingkat kesulitan pendakian.

Analisis arah lereng menunjukkan adanya variasi orientasi permukaan yang berdampak pada kondisi iklim mikro di sepanjang jalur. Hal ini berpengaruh terhadap tingkat kelembaban tanah serta kondisi jalur, yang pada akhirnya mempengaruhi kenyamanan dan keamanan pendakian. Jika dilihat secara keseluruhan, jalur pendakian ini dapat dikategorikan memiliki tingkat kesulitan menengah hingga tinggi. Oleh karena itu, diperlukan persiapan fisik yang baik, perencanaan waktu yang matang, serta pemahaman terhadap kondisi medan sebelum melakukan pendakian.

Secara umum, pemanfaatan data DEM dan analisis spasial berbasis SIG memberikan gambaran yang komprehensif terkait karakteristik jalur pendakian. Informasi seperti elevasi, kemiringan lereng, serta distribusi titik penting dapat digunakan tidak hanya untuk kepentingan akademik, tetapi juga sebagai panduan praktis bagi pendaki di lapangan. Integrasi data spasial ini menjadi penting dalam mendukung kegiatan pendakian yang lebih aman dan terencana, terutama pada jalur dengan kondisi topografi yang kompleks.

Untuk memastikan bahwa hasil analisis yang dihasilkan bersifat aplikatif, dilakukan validasi secara deskriptif dengan membandingkan hasil profil elevasi dan estimasi waktu tempuh terhadap kondisi jalur pendakian. Hasil menunjukkan bahwa segmen dengan kenaikan elevasi yang lebih tinggi, seperti pada jalur Pos 1 – Pos 2, memiliki waktu tempuh yang lebih lama dibandingkan segmen lainnya. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian antara hasil analisis spasial dengan kondisi nyata di lapangan. Dengan demikian, informasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar dalam memahami tingkat kesulitan jalur pendakian. Hasil ini juga sejalan dengan prinsip analisis topografi berbasis DEM yang menyatakan bahwa peningkatan elevasi dan kemiringan lereng berpengaruh terhadap tingkat kesulitan jalur pendakian.

### 3.9 Perbandingan dengan penelitian Terdahulu

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hidayat Et al. [8] sebelumnya berfokus pada pemetaan jalur secara umum, penelitian ini memberikan pendekatan yang lebih kuantitatif melalui analisis profil elevasi berbasis DEMNAS. Penelitian terdahulu umumnya menitikberatkan pada visualisasi rute dan penyediaan informasi lokasi pos pendakian, sedangkan penelitian ini menambahkan dimensi analisis perubahan ketinggian secara sistematis.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan Mutaqin et al. [15] yang menyatakan bahwa data elevasi digital dapat digunakan untuk mengevaluasi karakteristik medan secara kuantitatif. Namun, penelitian ini lebih terfokus pada satu jalur pendakian spesifik sehingga menghasilkan interpretasi yang lebih aplikatif untuk kebutuhan perencanaan pendakian.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan sebelumnya mengenai pentingnya pemanfaatan SIG dalam kajian medan pegunungan, tetapi juga memperluas penerapannya pada analisis profil elevasi jalur pendakian secara detail dan terukur.

## 4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu memiliki karakteristik topografi yang cukup beragam dan cenderung meningkat dari basecamp hingga puncak. Hasil pengolahan data menggunakan

Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis DEMNAS menunjukkan bahwa elevasi jalur mengalami kenaikan secara bertahap, dengan total kenaikan yang cukup signifikan.

Penelitian ini berhasil menganalisis karakteristik jalur pendakian Gunung Lawu via Cemoro Sewu menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis data *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS). Hasil pemetaan menunjukkan bahwa jalur pendakian memiliki variasi elevasi yang signifikan dari basecamp pada ketinggian  $\pm 1.913$  mdpl hingga puncak pada  $\pm 3.229$  mdpl, dengan total kenaikan elevasi sekitar  $\pm 1.316$  meter. Profil elevasi yang dihasilkan menggambarkan pola kenaikan ketinggian yang relatif bertahap, namun terdapat beberapa segmen dengan peningkatan elevasi yang lebih curam, terutama pada segmen Pos 1 – Pos 2 yang memiliki selisih elevasi terbesar. Integrasi data jalur dengan DEMNAS melalui perangkat lunak QGIS memungkinkan ekstraksi nilai ketinggian secara kuantitatif serta penyusunan grafik profil elevasi yang informatif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa analisis profil elevasi berbasis SIG mampu memberikan gambaran objektif mengenai karakteristik medan pendakian dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar perencanaan pendakian maupun pengelolaan jalur secara lebih terukur. Selain itu, hasil analisis kemiringan lereng (*slope*) menunjukkan bahwa sebagian besar jalur berada pada kategori sedang hingga curam. Kondisi ini berpengaruh terhadap tingkat kelelahan pendaki serta meningkatkan risiko seperti tergelincir, terutama pada kondisi jalur yang licin. Sementara itu, analisis arah lereng (*aspect*) menunjukkan adanya variasi orientasi lereng yang mempengaruhi kondisi lingkungan, seperti tingkat kelembaban dan paparan sinar matahari di sepanjang jalur.

Kondisi permukaan jalur juga mengalami perubahan dari bagian bawah hingga atas, mulai dari tanah dan vegetasi, hingga didominasi batuan di area mendekati puncak. Perubahan ini turut mempengaruhi tingkat kesulitan serta potensi bahaya yang dihadapi pendaki. Area dengan kemiringan tinggi dan permukaan yang tidak stabil dapat dikategorikan sebagai zona rawan yang perlu diwaspadai. Selain itu, keberadaan titik-titik penting seperti basecamp, pos pendakian, sumber air, dan puncak memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas pendakian. Informasi ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan perjalanan, pengaturan waktu istirahat, serta manajemen logistik. Secara keseluruhan, pemanfaatan SIG dalam penelitian ini mampu memberikan gambaran yang lebih jelas dan terukur mengenai kondisi jalur pendakian. Hasil yang diperoleh tidak hanya bermanfaat secara akademik, tetapi juga dapat digunakan sebagai informasi praktis bagi pendaki dalam mempersiapkan perjalanan agar lebih aman dan terencana.

#### Daftar Referensi

- [1] T. Rahmawan, R. Y. P. Adi, T. R. A. Tiara, and R. A. Ramadzani, "Penyusunan Peta Jalur Pendakian Gunung Sindoro Via Jumprit Dusun Jumprit, Desa Tegalrejo, Kec. Ngadirejo, Kab. Temanggung, Jawa Tengah," *Abdi Geomedisains*, vol. 3, no. 1, pp. 8–21, 2022, doi: 10.23917/abdigeomedisains.v3i1.316.
- [2] A. I. Ramaano, "The essence of geographic information systems (GIS) in sustainable tourism, public leadership and inclusive community participation in remote-African rural societies," *J. Responsible Prod. Consum.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–49, 2025, doi: 10.1108/jrpc-10-2023-0013.
- [3] C. Potsiou *et al.*, "Geospatial Tool Development for the Management of Historical Hiking Trails—The Case of the Holy Site of Meteora," *Land*, vol. 12, no. 8, pp. 1–19, 2023, doi: 10.3390/land12081530.
- [4] A. Hernanda and Y. E. Putri, "Analisis Digital Elevation Model (DEM)," *J. Mhs. Tek. SIPIL*, vol. 1, no. 1, pp. 30–36, 2022.
- [5] N. T. B. Melyani Ekasari, "Fungsi Mitor, Etika Lingkungan dan Integrasi pada Aktivitas Mendaki Gunung Lawu," *Indones. J. Conversat.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–54, 2023, doi: 10.15294/jsi.v12i1.41919.
- [6] M. Y. Yuda Rifendy and P. Nerisafitra, "Implementasi Sistem Informasi Geografis Jalur Pendakian Gunung Penanggungan Dengan Metode Dijkstra Dan Penerapan Fuzzy Dalam Rekomendasi Jalur," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 04, pp. 283–291, 2023, doi: 10.26740/jinacs.v4n03.p283-291.
- [7] J. Mulyadi, M. Rifai, and B. Ahaliki, "Pengembangan Sistem Informasi Pariwisata Menggunakan Metode Prototype Berbasis Web GIS Di Dinas Pariwisata," *J. Syst. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 74–91, 2024.
- [8] S. N. Hidayat, Y. A. Wirahayu, I. K. Astina, and N. Insani, "Pemetaan jalur pendakian Gunung

- Lawu via Babar berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai upaya mendukung wisata minat khusus,” *J. Praksis dan Dedik. Sos.*, vol. 8, no. 1, pp. 19–30, 2025, doi: 10.17977/um022v8i12025p19-30.
- [9] F. D. Agustina, M. E. Tjahjadi, and V. Rahmadany, “Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Menggunakan Dem Presisi Foto Udara Untuk Mitigasi Bencana Longsor Studi Kasus di Pandansari, Ngantang, Kabupaten Malang,” *Semin. Nas. 2022 METAVERSE Peluang Dan Tantangan Pendidik. Tinggi Di Era Ind. 5.0*, vol. 13, pp. 17–23, 2022.
- [10] E. Septiaji, J. Bimasri, and Z. Amin, “Karakteristik Sifat Fisik Tanah Ultisol Berdasarkan Tingkat Kemiringan Lereng Characteristics Of Physical Properties Of Ultisol Soil Based On Level Of Slope,” *Agroradix*, vol. 7, no. 2, pp. 2621–0665, 2024.
- [11] A. A. Prabandari and A. Wibowo, “Analisis Kesesuaian Kawasan Permukiman berdasarkan Kemiringan Lereng terhadap RTRW Kabupaten Purbalingga,” *J. Pendidik. Geogr. Undiksha*, vol. 12, no. 2, pp. 201–209, 2024.
- [12] B. I. Geospasial, “Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS),” 2023. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh>
- [13] A. K. I. Nisa, “Pemanfaatan Citra Pada Analisis Kemiringan Lereng Untuk Upaya Mitigasi Bencana Di Lereng Gunung Wilis Kecamatan Ngetos,” *J. Geogr.*, vol. XX, pp. 63–72, 2022.
- [14] A. A. Mukasyaf, “Penyusunan Peta Jalur Pendakian Dalam Kegiatan Pengabdian Masyarakat di Gunung Muria,” *Abdi Geomedisains*, vol. 6, no. December 2025, pp. 67–78, 2026.
- [15] B. W. Mutaqin, M. N. Isnain, M. A. Marfai, H. Fatchurohman, A. Quesada-Román, and N. Khakhim, “Assessing the accuracy of open-source digital elevation models for the geomorphological analysis of very small islands of Indonesia,” *Appl. Geomatics*, vol. 15, no. 4, pp. 957–974, 2023, doi: 10.1007/s12518-023-00533-8.