



ANALISIS KEMIRINGAN JALUR PENDAKIAN GUNUNG FUJI: PENDEKATAN GRADIEN KALKULUS PEUBAH BANYAK PADA JALUR YOSHIDA DAN FUJINOMIYA

GRADIENT-BASED SLOPE ANALYSIS OF MOUNT FUJI HIKING TRAILS: A MULTIVARIABLE CALCULUS APPROACH TO THE YOSHIDA AND FUJINOMIYA ROUTES

Farah Amalia Putri^{1*}, Latifah Nuraini², Elang Prahestu Sinatrya³, Failasuf Arya
Maulana⁴, Sammy Prayogo⁵

^{1*}Universitas Negeri Semarang, Email: farahamaliaputri4@students.unnes.ac.id

²Universitas Negeri Semarang, Email: latifaain26@students.unnes.ac.id

³Universitas Negeri Semarang, Email: hestu2438@students.unnes.ac.id

⁴Universitas Negeri Semarang, Email: umijamilahnn@students.unnes.ac.id

⁵Universitas Negeri Semarang, Email: sammypiwpiw@students.unnes.ac.id

*email koresponden: farahamaliaputri4@students.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.62567/ijosse.v2i3.2692>

Abstrack

Mount Fuji is the highest volcano in Japan and features four main hiking routes. Among these routes, the Yoshida and Fujinomiya routes are the most popular choices among hikers from around the world. This study aims to quantify the slope characteristics of each route by applying the concept of gradients within the framework of multivariable calculus. Elevation data for each station and the lengths of segments between stations were collected and analyzed to determine both segmental slopes and the overall average slope of each route. The results indicate that the Yoshida route has an average slope of 23.36% (equivalent to 13.15°), whereas the Fujinomiya route exhibits a steeper average slope of 31.54% (equivalent to 17.50°). The steepest segment on the Yoshida route is located between Station 5 and Station 6, with a slope of 45.45%, while the steepest segment on the Fujinomiya route lies between Station 8 and Station 9a, with a slope of 65.69%. These findings suggest that the Yoshida route is more suitable for beginner hikers, whereas the Fujinomiya route requires a higher level of physical fitness.

Keywords: Mount Fuji, Gradient, Multivariable Calculus, Trail Slope, Yoshida Route, Fujinomiya Route.

Abstrak

Gunung Fuji merupakan gunung berapi tertinggi di Jepang yang memiliki empat jalur pendakian utama. Di antara keempat jalur tersebut, Yoshida dan Fujinomiya menjadi pilihan paling populer di kalangan pendaki dari berbagai penjuru dunia. Penelitian ini bertujuan mengkuantifikasi tingkat kemiringan masing-masing jalur dengan memanfaatkan konsep gradien dalam kerangka kalkulus peubah banyak. Data elevasi setiap stasiun serta panjang segmen antar-stasiun dikumpulkan dan diolah untuk memperoleh nilai kemiringan per segmen maupun kemiringan rata-rata keseluruhan jalur. Hasil



perhitungan menunjukkan bahwa jalur Yoshida memiliki kemiringan rata-rata sebesar 23,36% (setara 13,15°), sedangkan jalur Fujinomiya mencatat kemiringan rata-rata yang lebih tinggi, yakni 31,54% (setara 17,50°). Segmen paling curam pada jalur Yoshida terletak di antara Stasiun 5 dan Stasiun 6 dengan kemiringan 45,45%, sementara segmen paling curam pada jalur Fujinomiya berada di antara Stasiun 8 dan Stasiun 9a dengan kemiringan 65,69%. Temuan ini mengindikasikan bahwa jalur Yoshida lebih sesuai bagi pendaki pemula, sedangkan jalur Fujinomiya menuntut kondisi fisik yang lebih prima.
Kata Kunci: Gunung Fuji, Gradien, Kalkulus Peubah Banyak, Kemiringan Jalur, Yoshida, Fujinomiya.

1. PENDAHULUAN

Gunung Fuji merupakan gunung berapi tertinggi di Jepang dengan ketinggian 3.740 meter di atas permukaan laut dan dikenal sebagai salah satu destinasi pendakian paling populer di dunia. Setiap tahun, ribuan pendaki domestik maupun internasional mengunjungi Gunung Fuji untuk mencapai puncaknya melalui empat jalur pendakian resmi, yaitu Yoshida, Fujinomiya, Subashiri, dan Gotemba. Di antara jalur-jalur tersebut, Yoshida dan Fujinomiya merupakan dua rute yang paling banyak digunakan karena aksesibilitas serta fasilitas pendukung yang tersedia di sepanjang jalur pendakian (Japan Meteorological Agency, 2023; Fujisan Climbing Association, 2022).

Karakteristik medan pendakian menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi tingkat kesulitan dan keselamatan pendaki. Kemiringan jalur yang tinggi dapat meningkatkan kebutuhan energi, mempercepat kelelahan, serta meningkatkan risiko kecelakaan selama pendakian. Oleh karena itu, informasi mengenai tingkat kemiringan jalur secara kuantitatif sangat diperlukan untuk membantu pendaki memilih rute yang sesuai dengan kemampuan fisik dan pengalaman mereka (Fujisan Climbing Association, 2022).

Dalam matematika, analisis perubahan suatu besaran terhadap posisi dapat dilakukan menggunakan konsep gradien dalam kalkulus peubah banyak. Gradien merupakan vektor yang menunjukkan arah perubahan tercepat suatu fungsi serta besar laju perubahannya pada titik tertentu. Pada kajian topografi, fungsi ketinggian dapat dimodelkan sebagai fungsi dari koordinat horizontal sehingga konsep gradien dapat digunakan untuk mengukur tingkat kemiringan permukaan atau lintasan pendakian secara matematis (Stewart, 2016; Larson & Edwards, 2014).

Penerapan kalkulus peubah banyak dalam analisis topografi memungkinkan diperolehnya ukuran kemiringan yang lebih objektif dan terukur. Melalui pendekatan ini, data elevasi dan panjang lintasan dapat diolah untuk menghasilkan nilai gradien yang menggambarkan karakteristik setiap segmen jalur pendakian. Konsep tersebut telah menjadi salah satu aplikasi penting kalkulus dalam pemodelan fenomena geometri dan geografis (Anton, Bivens, & Davis, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan tingkat kemiringan Jalur Yoshida dan Jalur Fujinomiya di Gunung Fuji menggunakan pendekatan gradien dalam kalkulus peubah banyak. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat kesulitan kedua jalur sekaligus menunjukkan penerapan konsep matematika dalam permasalahan nyata yang berkaitan dengan aktivitas pendakian gunung.

LANDASAN TEORI

Konsep Gradien dalam Kalkulus Peubah Banyak

Dalam matematika, gradien suatu fungsi skalar $f(x, y, z)$ didefinisikan sebagai vektor yang komponen-komponennya merupakan turunan parsial terhadap masing-masing variabel posisi. Secara formal, gradien ditulis sebagai $\nabla f = (\partial f / \partial x, \partial f / \partial y, \partial f / \partial z)$. Besaran ini menunjukkan arah di mana fungsi mengalami peningkatan paling cepat, sementara magnitudonya mencerminkan laju perubahan maksimum tersebut. Ketika diterapkan pada medan topografi, fungsi f dapat diinterpretasikan sebagai fungsi ketinggian $h(x, y)$ pada suatu titik koordinat horizontal (x, y) . Turunan arah sepanjang lintasan pendakian kemudian memberikan informasi tentang seberapa curam jalur tersebut pada setiap segmennya. Dengan demikian, gradien menjadi alat analitik yang menghubungkan data geometri jalur dengan karakteristik fisik yang dirasakan oleh pendaki.



Formulasi Kemiringan Jalur

Kemiringan suatu segmen jalur pendakian dapat dinyatakan dalam dua bentuk yang saling terkait. Pertama, kemiringan dalam satuan persen (grade percentage) diperoleh dari perbandingan antara selisih ketinggian (Δh) dan panjang horizontal lintasan (L), yang kemudian dikali seratus:

$$\text{Kemiringan (\%)} = (\Delta h / \Sigma L) \times 100\%$$

Kedua, kemiringan dapat diekspresikan dalam satuan derajat dengan mengaplikasikan fungsi arctangen terhadap rasio yang sama:

$$\theta = \arctan (\Delta h / \Sigma L)$$

Di mana Δh menyatakan selisih ketinggian total antara titik awal dan titik akhir segmen, sedangkan ΣL adalah total panjang jalur pada segmen yang dimaksud. Kemiringan rata-rata keseluruhan jalur dihitung dengan menggunakan total kenaikan ketinggian dibagi total panjang lintasan.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari dokumentasi resmi jalur pendakian Gunung Fuji, meliputi koordinat ketinggian setiap stasiun dan jarak antar-stasiun. Analisis dilakukan melalui empat tahapan berurutan: (1) pengumpulan dan verifikasi data elevasi serta panjang segmen, (2) perhitungan selisih ketinggian per segmen, (3) penerapan formula gradien untuk memperoleh nilai kemiringan, dan (4) perbandingan profil kemiringan antar jalur.

Untuk setiap segmen, nilai kemiringan dihitung secara individual menggunakan formula persentase dan kemudian dikonversi ke derajat. Kemiringan rata-rata diperoleh dengan membagi total kenaikan ketinggian jalur dengan total panjang jalur, bukan dengan merata-ratakan nilai kemiringan segmen secara aritmetis. Pendekatan ini memberikan representasi yang lebih akurat terhadap karakteristik keseluruhan jalur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil Jalur Yoshida

Jalur Yoshida bermula dari Stasiun 5 pada ketinggian 2.300 meter dan berakhir di puncak pada ketinggian 3.740 meter, menghasilkan total kenaikan ketinggian sebesar 1.440 meter. Total panjang lintasan jalur ini mencapai 6,164 kilometer. Rincian elevasi dan kemiringan per segmen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Segmen dan Kemiringan Jalur Yoshida

Segmen	Elevasi Awal(m)	Elevasi Akhir(m)	Panjang(km)	Kemiringan(°)
S5 – S6	2.300	2.480	0,660	≈ 24,45
S6 – S7	2.480	2.750	0,869	≈ 15,62
S7 – S8	2.750	3.250	1,433	≈ 6,19
S8 – S8(old)	3.250	3.400	2,140	≈ 10,57
S8(old) – S9	3.400	3.600	1,223	≈ 14,90
S9 – Puncak	3.600	3.740	0,451	≈ 1,91

B. Profil Jalur Fujinomiya

Jalur Fujinomiya diawali pada ketinggian 2.380 meter di Stasiun 5 dan mencapai puncak di ketinggian 3.740 meter. Total kenaikan ketinggian yang harus ditempuh adalah 1.360 meter dengan total panjang jalur 4.324 kilometer. Distribusi kemiringan pada setiap segmen tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Segmen dan Kemiringan Jalur Fujinomiya

Segmen	Elevasi Awal(m)	Elevasi Akhir(m)	Panjang(km)	Kemiringan(°)
S5 – S6a	2.380	2.490	0,590	≈ 10,6
S6a – S6b	2.490	2.795	1,046	≈ 16,3
S6b – S7	2.795	3.030	0,708	≈ 21,0
S7 – S8	3.030	3.220	0,628	≈ 16,9



S8 – S9a	3.220	3.410	0,467	≈ 34,9
S9a – S9b	3.410	3.550	0,402	≈ 7,23
S9b – Puncak	3.550	3.740	0,483	≈ 21,5

C. Perbandingan Kemiringan Rata-rata

Perhitungan kemiringan rata-rata menghasilkan perbedaan yang signifikan antara kedua jalur. Jalur Yoshida memperlihatkan gradien rata-rata sebesar 23,36% atau setara dengan sudut elevasi sekitar 13,15°. Angka ini diperoleh dari pembagian total kenaikan ketinggian 1.440 meter terhadap total panjang jalur 6.164 meter. Sementara itu, jalur Fujinomiya menampilkan kemiringan rata-rata yang lebih tinggi, yaitu 31,54% atau sekitar 17,50°, yang dihitung dari kenaikan ketinggian 1.360 meter dibagi panjang jalur 4.324 meter. Paradoks menarik terungkap dari perbandingan ini: meskipun jalur Fujinomiya memiliki total kenaikan ketinggian yang lebih rendah (1.360 m berbanding 1.440 m), jalur ini justru lebih curam secara rata-rata. Hal ini semata-mata disebabkan oleh panjang jalur Fujinomiya yang jauh lebih pendek—sekitar 2 kilometer lebih singkat dibandingkan jalur Yoshida. Konsekuensinya, kenaikan ketinggian yang relatif besar harus dicapai dalam jarak horizontal yang lebih terbatas, sehingga menghasilkan gradient yang lebih tajam.

D. Analisis Segmen Paling Kritis

Identifikasi segmen dengan kemiringan tertinggi penting dilakukan untuk menentukan titik-titik kritis yang paling menantang bagi pendaki. Pada jalur Yoshida, segmen antara Stasiun 5 dan Stasiun 6 menonjol sebagai bagian paling curam dengan kemiringan 45,45% atau setara sudut 24,45°. Kemiringan setajam ini di awal jalur berpotensi menguras stamina pendaki sebelum mereka mencapai bagian tengah pendakian. Kondisi serupa, bahkan lebih ekstrem, dijumpai pada jalur Fujinomiya di segmen antara Stasiun 8 dan Stasiun 9a. Segmen ini mencatat kemiringan tertinggi sebesar 65,69%, ekuivalen dengan sudut 34,90°. Kemiringan di atas 60% tergolong sangat terjal dalam standar pendakian gunung dan memerlukan kewaspadaan ekstra, terutama mengingat segmen ini berada di ketinggian di atas 3.000 meter di mana kandungan oksigen udara sudah berkurang secara signifikan.

E. Implikasi Bagi Pendaki

Temuan kuantitatif dari penelitian ini memiliki implikasi praktis yang langsung dapat dimanfaatkan oleh komunitas pendaki. Jalur Yoshida, dengan kemiringan rata-rata 13,15° dan profil yang lebih terdistribusi sepanjang jalur yang lebih panjang, memberikan kesempatan lebih besar bagi tubuh untuk beradaptasi dengan perubahan ketinggian secara bertahap. Jalur ini direkomendasikan untuk pendaki pemula atau mereka yang baru pertama kali mendaki gunung berketinggian lebih dari 3.000 meter. Sebaliknya, jalur Fujinomiya menawarkan lintasan yang lebih singkat namun dengan tantangan fisik yang substansial lebih besar, khususnya di segmen atas. Pendaki yang memilih jalur ini sebaiknya memiliki pengalaman pendakian gunung sebelumnya, kapasitas aerobik yang memadai, serta persiapan fisik yang lebih matang. Pemahaman tentang profil kemiringan ini dapat membantu pendaki dalam merancang strategi istirahat, mengatur kecepatan langkah, dan memperhitungkan kebutuhan energi secara lebih akurat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengaplikasikan konsep gradien dari kalkulus peubah banyak untuk menganalisis dan membandingkan profil kemiringan dua jalur pendakian utama Gunung Fuji secara kuantitatif. Beberapa temuan utama dapat dirangkum sebagai berikut: Pertama, jalur Yoshida memiliki panjang total 6,164 km dengan kenaikan ketinggian 1.440 m dan kemiringan rata-rata 23,36% (13,15°). Segmen paling menantang berada di antara Stasiun 5 dan 6 dengan kemiringan mencapai 45,45%. Kedua, jalur Fujinomiya lebih pendek dengan total 4,324 km namun memiliki kemiringan rata-rata yang lebih besar, yakni 31,54% (17,50°). Titik paling kritis terletak di segmen Stasiun 8 hingga 9a dengan kemiringan 65,69%, menjadikannya salah satu segmen paling terjal di antara seluruh jalur pendakian Gunung Fuji. Ketiga, dari perspektif matematika terapan, konsep gradien terbukti efektif sebagai instrumen analitik untuk mengkuantifikasi karakteristik topografi jalur pendakian. Pendekatan ini dapat diadopsi untuk evaluasi jalur di gunung-gunung lain guna mendukung perencanaan pendakian yang lebih aman dan terukur.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

Stewart, J. (2016). *Multivariable Calculus* (8th ed.). Cengage Learning.

Badan Meteorologi dan Geofisika Jepang. (2023). *Official Mt. Fuji Climbing Trail Information*. Japan Meteorological Agency.

Larson, R., & Edwards, B. H. (2014). *Multivariable Calculus* (10th ed.). Cengage Learning.

Fujisan Climbing Association. (2022). *Trail Guide: Yoshida and Fujinomiya Routes*. Fujisan Climbing Association Publication.

Anton, H., Bivens, I., & Davis, S. (2012). *Calculus: Early Transcendentals* (10th ed.). John Wiley & Sons.