

ANALISIS HEART RATE BERDASARKAN KARAKTERISTIK ELEVASI: STUDI PADA PENDAKIAN CEPAT DI ATAS 3000 MDPL

Naufal Subhan Maulana¹, Jajat*¹, Kuston Sultoni¹ Yati Ruhayati¹, Asep Ridwan Kurniawan², Adang Suherman¹

¹Ilmu Keolahragaan Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan Univeristas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

²Pendidikan Jasmani, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Univeristas Galuh, Ciamis, Indonesia

Email: jajat_kurdul@upi.edu

ABSTRAK

Pendakian gunung di atas 3000 MDPL memiliki tantangan fisiologis signifikan, terutama terkait perubahan *heart rate* akibat tekanan udara rendah, suhu dingin, dan kebutuhan oksigen meningkat. Tujuan dari penelitian ini menganalisis perubahan *heart rate* berdasarkan elevasi selama pendakian cepat di ketinggian di atas 3000 MDPL. Metode pada penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif yang dilakukan pada 7 pendaki dengan teknik total sampling. Pengukuran *heart rate* dilakukan menggunakan Polar RC3 GPS dan elevasi dengan Garmin Etrex-10 Hand GPS. Lokasi penelitian adalah Gunung Gede Pangrango via Cibodas, dengan pengumpulan data di 20 pos (13 naik, 7 turun). Hasil dari penelitian ini yaitu *heart rate* meningkat signifikan seiring elevasi. Faktor-faktor yang memengaruhi adalah kecepatan pendakian, suhu lingkungan, dan kebugaran partisipan. Kesimpulannya bahwa elevasi memengaruhi *heart rate* secara signifikan karena adaptasi tubuh terhadap penurunan oksigen dan peningkatan kebutuhan energi. Implikasi dari penelitian ini yaitu pemantauan *heart rate* dan pengaturan kecepatan pendakian penting untuk menjaga kesehatan di ketinggian tinggi.

Keywords: *elevasi, heart rate, pendakian cepat, di atas 3000 mdpl*

PENDAHULUAN

Pendakian gunung merupakan aktivitas yang menantang dan menuntut kemampuan fisik serta mental yang kuat. Di Indonesia, banyak gunung dengan ketinggian lebih dari 3000 meter di atas permukaan laut (mdpl) yang menjadi tujuan favorit para pendaki. Salah satu tantangan utama dalam pendakian di ketinggian ini adalah perubahan fisiologis yang dialami oleh tubuh, terutama terkait dengan sistem kardiovaskular (Pugh, 1962)(Takagi et al., 2020). Adapun indikasi dari sistem tersebut yaitu detak jantung (*heart rate*), secara pengertian *heart rate* merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kondisi kesehatan dan kebugaran serta perubahan sistem kardiovaskuler seseorang (Burtscher, 2007). Pengukuran detak jantung memberikan informasi tentang seberapa efektif jantung memompa darah ke seluruh tubuh, terutama selama aktivitas fisik (Burtscher & Niederseer, 2020).

Detak jantung berfungsi sebagai penanda kemampuan tubuh dalam memasok oksigen ke berbagai organ dan jaringan melalui darah (Giriwijoyo & Sidik, 2012). Kecepatan detak jantung yang normal menunjukkan fungsi jantung yang sehat, sementara penyimpangan dari nilai normal dapat mengindikasikan adanya gangguan kesehatan (Giriwijoyo, n.d.). Detak jantung yang normal mencerminkan fungsi jantung yang sehat, sedangkan ketidakaturan dapat menunjukkan adanya masalah kesehatan. Selain itu, pemantauan detak jantung juga digunakan dalam berbagai aktivitas olahraga untuk mengukur intensitas latihan dan membantu mencapai target kebugaran tertentu (Dian et al., 2021). Karena mendaki gunung merupakan bentuk aktivitas yang tinggi maka dibutuhkan indikator mengenai diteksi awal kemampuan tubuh terutama pada sistem kardiovaskuler yang ditandai dengan detak jantung sebagai indikator kesehatan selama beraktivitas pendakian. Pada konteks pendakian cepat di atas 3000 meter di atas permukaan laut (mdpl), analisis detak jantung menjadi sangat relevan mengingat lingkungan dengan elevasi tinggi mempengaruhi sistem kardiovaskular secara signifikan. Pendakian cepat atau *speed hiking* adalah salah satu bentuk pendakian yang

menekankan kecepatan dan pencapaian waktu secara efisiensi dalam mencapai puncak (Pitman et al., 2012)(Magyari-Sáska & Dombay, 2012)(Wood et al., 2023). *Speed hiking is a mix of intensive endurance sport and mountain hiking* <https://lowa.com/tips/speed-hiking-tips>.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi detak jantung adalah elevasi atau ketinggian tempat seseorang berada. Elevasi memiliki dampak signifikan terhadap fisiologi tubuh manusia, terutama dalam hal ketersediaan oksigen (Husnu, 2024). Di daerah dengan elevasi tinggi, tekanan atmosfer lebih rendah, sehingga ketersediaan oksigen di udara juga berkurang. Hal ini menyebabkan tubuh harus bekerja lebih keras untuk mendapatkan oksigen yang cukup, yang dapat berdampak pada peningkatan detak jantung (Yomitra & Esha, 2022). Elevasi atau ketinggian memiliki hubungan yang erat dengan denyut jantung selama aktivitas fisik seperti pendakian. Semakin tinggi elevasi, semakin besar usaha yang diperlukan oleh jantung untuk memompa darah dan menyediakan oksigen yang cukup (Hou et al., 2023). Penelitian lainpun menunjukkan bahwa denyut jantung cenderung meningkat secara eksponensial seiring dengan bertambahnya ketinggian (Souchet et al., 2020). Pada ketinggian di atas 3000 mdpl, peningkatan denyut jantung menjadi lebih mencolok karena kondisi perubahan fisiologis semakin parah. Kondisi ini, yang dikenal sebagai hipoksia, menyebabkan tubuh harus bekerja lebih keras untuk mendapatkan oksigen yang cukup, sering kali mengakibatkan peningkatan detak jantung (Zafren, 2007)(Akca & Birol, 2018).

Hipoksia atau kekurangan oksigen menjadi salah satu tantangan utama bagi pendaki. Indikasi dari hipoksia yaitu tubuh manusia merespon kondisi tersebut dengan meningkatkan denyut jantung untuk memastikan suplai oksigen yang cukup ke seluruh tubuh (Wilson et al., 2011). Meningkatnya denyut jantung merupakan mekanisme kompensasi tubuh untuk mengatasi penurunan oksigen. Hal tersebut dikuatkan oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh menunjukkan bahwa ada peningkatan signifikan dalam denyut jantung seiring dengan meningkatnya ketinggian (Hoppeler & Vogt, 2001).

Selain elevasi, ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi denyut jantung selama pendakian, (Navalta et al., 2020) yaitu a) Kecepatan Pendakian: Pendakian yang dilakukan dengan cepat cenderung meningkatkan denyut jantung lebih signifikan dibandingkan dengan pendakian yang dilakukan dengan lambat (Amiri et al., 2018), b) Kondisi Fisik Pendaki: Tingkat kebugaran fisik dan pengalaman pendakian sebelumnya juga mempengaruhi respon denyut jantung terhadap elevasi (Chamim et al., 2022), c) Beban yang Dibawa: Beban tambahan yang dibawa selama pendakian dapat meningkatkan beban kerja jantung (Ardianto & Said, 2015), d) Suhu Lingkungan: Suhu yang lebih rendah di ketinggian tinggi dapat mempengaruhi termoregulasi tubuh dan denyut jantung (Permatasari & Sidarta, 2021), e) Asupan Nutrisi dan Hidrasi: Kondisi hidrasi dan asupan nutrisi yang cukup penting untuk menjaga stabilitas denyut jantung (Karpecka-Galka et al., 2023).

Berdasarkan pemaparan mengenai detak jantung, elevasi, dan faktor lain yang mempengaruhi proses pendakian, dapat diasumsikan bahwa peningkatan denyut jantung merupakan salah satu respons adaptif yang sesuai dengan keadaan lingkungan, selain itu dengan penggunaan model pendakian yang dilakukan secara cepat di atas ketinggian 3000 mdpl, pendakian cepat menjadi lebih menantang karena tubuh harus beradaptasi lebih cepat terhadap kondisi hipoksia.

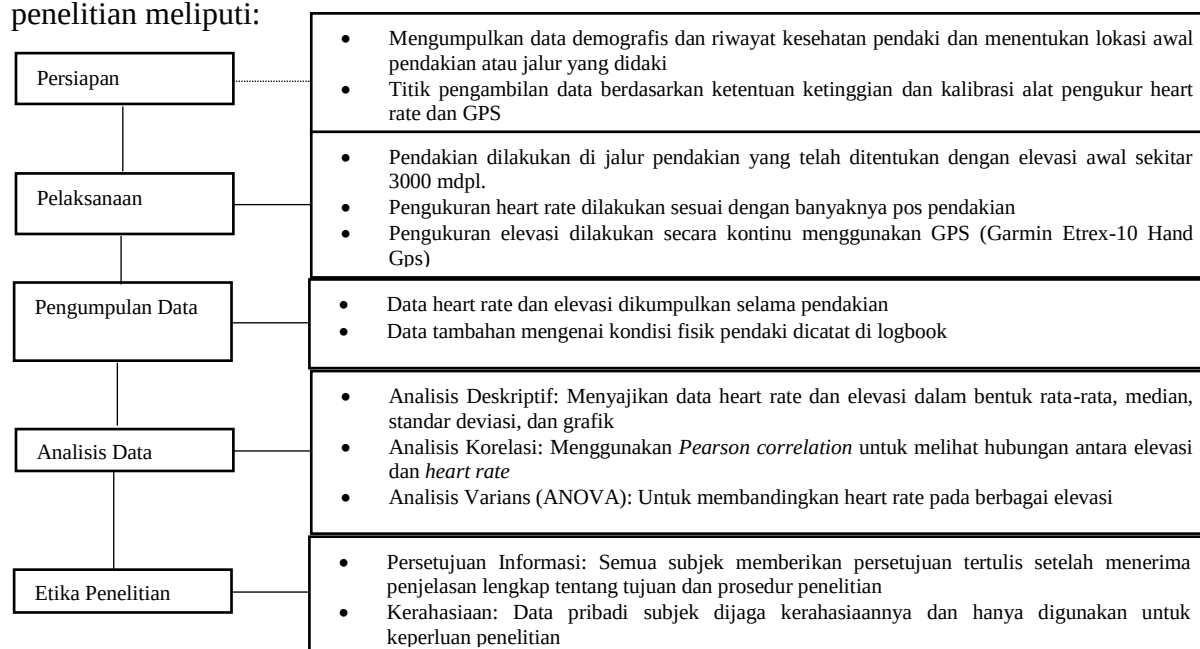
Pendakian cepat di atas 3000 mdpl menghadirkan tantangan unik yang tidak ditemukan pada pendakian di elevasi lebih rendah. Kecepatan pendakian yang tinggi memerlukan peningkatan aktivitas fisik yang cepat, yang dapat mempercepat timbulnya kelelahan dan stres kardiovaskular. Ketersediaan oksigen yang berkurang mengharuskan jantung untuk bekerja lebih keras untuk memenuhi kebutuhan metabolisme otot yang bekerja. Selain itu, risiko penyakit ketinggian (*altitude sickness*) meningkat pada pendakian cepat. Gejala seperti sakit kepala, mual, pusing, dan kelelahan bisa menjadi lebih parah dengan meningkatnya kecepatan dan ketinggian pendakian. Dalam konteks ini, analisis detak jantung

dapat memberikan indikasi awal tentang kondisi fisiologis pendaki, memungkinkan tindakan pencegahan atau intervensi medis sebelum gejala menjadi lebih serius.

Beberapa studi telah dilakukan untuk mengamati perubahan denyut jantung selama aktivitas fisik di ketinggian. Namun, studi yang secara khusus mengkaji pendakian cepat di atas 3000 mdpl masih terbatas. Kebanyakan penelitian lebih fokus pada pendakian dengan kecepatan normal atau pada ketinggian yang lebih rendah. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut sering kali tidak mempertimbangkan variasi individual dalam respons fisiologis terhadap ketinggian, sehingga penting untuk memahami bagaimana karakteristik elevasi mempengaruhi denyut jantung dalam konteks pendakian cepat, sehingga pada penelitian ini bertujuan: 1) Untuk menganalisis bagaimana karakteristik elevasi mempengaruhi denyut jantung selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl; 2) Mengidentifikasi faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap perubahan denyut jantung dalam konteks pendakian cepat; 3) Menyediakan informasi yang dapat digunakan oleh pendaki untuk mempersiapkan diri secara lebih baik sebelum melakukan pendakian di ketinggian tinggi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan observasional deskriptif. Tujuannya adalah untuk mengamati dan menganalisis perubahan *heart rate* berdasarkan karakteristik elevasi selama pendakian cepat di atas 3000 meter di atas permukaan laut (mdpl). Subjek penelitian ini yaitu para pendaki gunung yang rutin melakukan pendakian di atas 3000 mdpl dan banyaknya sampel sebanyak 7 pendaki yang dipilih secara *total sampling*. Kriteria yang digunakan yaitu 1) berusia antara 17-19 tahun, 2) tidak memiliki riwayat penyakit jantung, 3) memiliki pengalaman pendakian minimal 4 gunung dengan ketinggian yang variatif, 4) bersedia mengikuti seluruh prosedur penelitian. Variabel pada penelitian ini yaitu elevasi diukur dalam mdpl (Variabel Independen) dan *heart rate* diukur dalam detak per menit/*heart rate monitor* (HRM) (Variabel Dependen) serta usia, jenis kelamin, tingkat kebugaran, dan kondisi cuaca sebagai variabel kontrol. Alat dan bahan pada penelitian ini yaitu alat pengukur *heart rate* menggunakan *Heart Rate Monitor* (dikenakan di pergelangan tangan atau dada) yaitu *Polar RC3 GPS Heart Rate Monitor* dan alat untuk mengetahui ketinggian menggunakan alat *Garmin Etrex-10 Hand Gps*. Lokasi penelitian yaitu gunung dengan elevasi di atas 3000 mdpl di pulau Jawa Barat (Gunung Gede – Pangrango via Cibodas). Prosedur penelitian yang digunakan yaitu pengumpulan data *heart rate* pada berbagai titik elevasi sesuai dengan banyaknya pos pendakian (naik; 13 pos, turun 7 pos, total 20 pos pengambilan data). Untuk lebih jelasnya dapat diketahui pada prosedur penelitian meliputi:



Dengan metode penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai bagaimana karakteristik elevasi mempengaruhi heart rate selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl dengan menggabungkan data demografis, fisiologis, dan lingkungan, penelitian ini akan mengevaluasi bagaimana variabel-variabel ini berinteraksi dalam mempengaruhi detak jantung selama pendakian cepat di elevasi tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskriptif data merupakan gambaran data yang digunakan dalam suatu penelitian. Dalam pengujian deskripsi data ini peneliti mencoba untuk mengetahui gambaran atau kondisi responden yang menjadi sampel dalam penelitian ini. Dari pengumpulan data dengan jumlah sampel, yaitu sebanyak 7 sampel dan pengujian dilakukan dengan menggunakan bantuan program Statistical Program and Service Solutions seri 20.0. Adapun deskripsi data tersebut berdasarkan karakteristik responden ditinjau dari profil pendaki, dapat diketahui pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Deskripsi Statistik Profil Responden

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
usia	7	21	23	22,00	1,000
berat badan		49	69	63,14	7,403
tinggi badan		160	171	165,86	3,436
indeks masa tubuh		19,1	25,3	22,900	2,2716
% kadar lemak		12,0	18,9	16,286	2,6397
Valid N (listwise)					

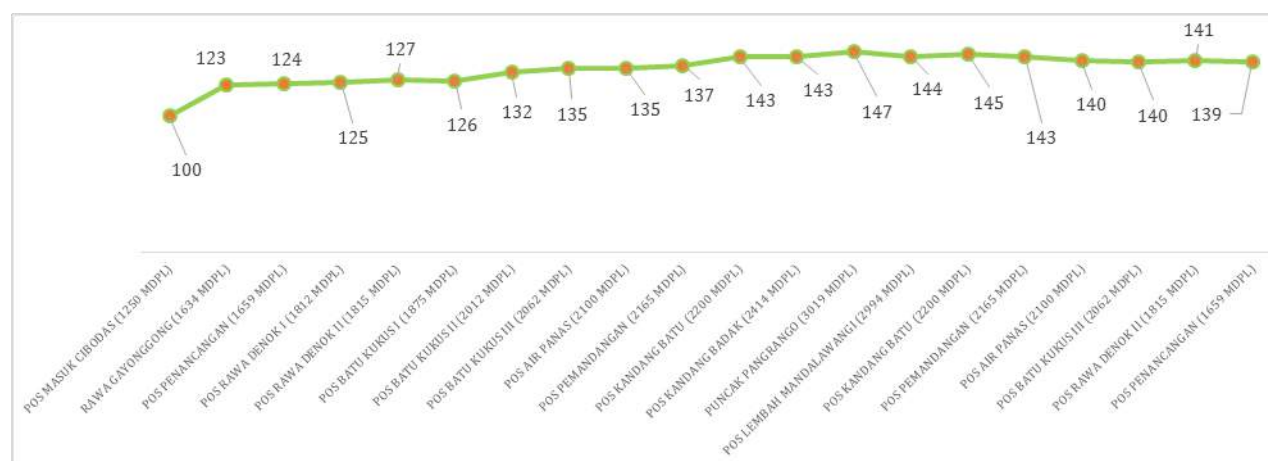
Berdasarkan tabel tersebut diketahui mengenai deskripsi statistik profil responden sebanyak 7 pendaki dapat dijelaskan bahwa rata-rata usia pendaki yaitu 22 tahun, rata-rata berat badan pendaki yaitu 63,14 kg, rata-rata tinggi badan yaitu 165,86 cm, rata-rata indeks masa tubuh yaitu 22,9 kg/m², dan persentase kadar lemak yaitu 16,3 persen. Selanjutnya mengenai deskripsi statistik responden berdasarkan variabel, dapat diketahui pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Deskripsi Statistik Responden Berdasarkan Ketinggian

No	Lokasi	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	Pos masuk cibodas (1250 mdpl)	7	95	109	100,00	5,538
2	Rawa gayonggong (1634 mdpl)		120	125	122,86	1,773
3	Pos penancangan (1659 mdpl)		122	126	123,71	1,254
4	Pos rawa denok I (1812 mdpl)		123	126	124,86	1,345
5	Pos rawa denok II (1815 mdpl)		124	129	126,86	1,864
6	Pos batu kukus I (1875 mdpl)		124	128	125,71	1,380
7	Pos batu kukus II (2012 mdpl)		131	133	131,86	,900
8	Pos batu kukus III (2062 mdpl)		132	136	134,57	1,512
9	Pos air panas (2100 mdpl)		134	136	135,14	,900
10	Pos pemandangan (2165 mdpl)		135	139	136,86	1,864
11	Pos kandang batu (2200 mdpl)		141	145	143,00	1,732
12	Pos kandang badak (2414 mdpl)		142	145	143,29	1,113
13	Puncak pangrango (3019 mdpl)		144	148	146,71	1,704
14	Pos lembah mandalawangi (2994 mdpl)		142	146	143,57	1,813
15	Pos kandang batu (2200 mdpl)		144	147	145,43	1,272
16	Pos pemandangan (2165 mdpl)		141	145	143,43	1,618
17	Pos air panas (2100 mdpl)		135	145	140,29	3,498
18	Pos batu kukus iii (2062 mdpl)		135	145	140,00	4,320
19	Pos rawa denok ii (1815 mdpl)		135	145	140,86	3,579
20	Pos penancangan (1659 mdpl)		135	145	139,29	3,729

Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa rata-rata *heart rate* dari setiap lokasi penelitian, memiliki hasil yang variatif, adapun rincian hasil tersebut adalah pada lokasi pertama (Gunung Gede – Pangrango via naik Cibodas turun Cibodas) hasil pengukuran di beberapa lokasi sepanjang jalur pendakian dengan berbagai ketinggian di atas permukaan laut (mdpl). Setiap lokasi memiliki parameter statistik berupa jumlah sampel (N), nilai minimum (Minimum), nilai maksimum (Maximum), nilai rata-rata (Mean), dan standar deviasi (Std. Deviation). Berdasarkan Lokasi di Cibodas (1250 mdpl hingga Puncak Pangrango 3019 mdpl) data menunjukkan bahwa nilai rata-rata (Mean) cenderung meningkat seiring kenaikan ketinggian lokasi, dengan nilai minimum dan maksimum mengikuti pola serupa. Standar deviasi rendah (misalnya, <2) di beberapa lokasi seperti Rawa Gayonggong (1634 mdpl) atau Pos Batu Kukus II (2012 mdpl), menunjukkan bahwa data relatif seragam di lokasi tersebut. Standar deviasi tinggi di lokasi seperti Pos Air Panas (2100 mdpl) atau Pos Batu Kukus III (2062 mdpl) menunjukkan variasi data yang lebih besar di lokasi tersebut. Selanjutnya polarisasi data berdasarkan tinggi lokasi dengan elevasi rendah (1250–2000 mdpl), nilai rata-rata berkisar antara 100–131, dengan peningkatan nilai rata-rata seiring kenaikan ketinggian. Lokasi di elevasi lebih tinggi (>2000 mdpl) seperti Puncak Pangrango memiliki nilai rata-rata tertinggi (146,71) dengan variasi data yang masih terkontrol (std. deviasi $\pm 1,704$). Tren data menunjukkan bahwa lokasi dengan elevasi lebih tinggi cenderung memiliki nilai rata-rata yang meningkat. Namun, standar deviasi bervariasi di berbagai lokasi, tergantung pada kondisi lingkungan atau faktor lainnya. Lokasi dengan elevasi menengah seperti Pos Batu Kukus III atau Pos Pemandangan menunjukkan data yang cenderung stabil, sementara lokasi seperti Pos Air Panas memiliki variasi data yang lebih besar.

Selanjutnya grafik statistik responden berdasarkan lokasi gunung dan *heart rate* selama pendakian, hal tersebut perlu dilakukan karena informasi ini penting untuk memahami variasi *heart rate* di berbagai lokasi gunung yang memiliki karakteristik elevasi berbeda. Adapun hasil grafik statistik responden adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Grafik Statistik Responden Berdasarkan Lokasi Gunung dan *Heart Rate* Selama Pendakian

Berdasarkan grafik statistik responden ketinggian dapat dijelaskan bahwa pada elevasi rendah (1250 - 2000 mdpl) bahwa nilai rata-rata pada lokasi seperti Pos Masuk Cibodas (100,00) hingga Pos Batu Kukus II (131,86) menunjukkan kenaikan signifikan. Perubahan rata-rata di kisaran elevasi ini cukup teratur dan memiliki standar deviasi rendah, menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih stabil. Pada elevasi menengah (2000–2500 mdpl) yaitu pada lokasi seperti Pos Batu Kukus III (134,57) hingga Kandang Badak (143,29), nilai rata-rata terus meningkat. Namun, standar deviasi cenderung lebih bervariasi, seperti di Pos Pemandangan (1,864) dibanding Pos Air Panas (3,498). Hal ini mungkin mencerminkan fluktuasi lingkungan yang lebih tinggi pada elevasi menengah. Kemudian pada elevasi tinggi (>2500 mdpl) seperti Lokasi Puncak Pangrango memiliki nilai rata-rata tertinggi (146,71)

dengan standar deviasi rendah (1,704), menunjukkan kondisi yang lebih konsisten meskipun berada di puncak elevasi. Lokasi yang dekat dengan puncak seperti Lembah Mandalawangi dan Kandang Batu memiliki pola data yang serupa. Pos Batu Kukus III (2062 mdpl) hingga Pos Air Panas (2100 mdpl) menunjukkan variasi yang lebih tinggi, terlihat dari standar deviasi yang meningkat hingga 4,320 di Pos Batu Kukus III. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor lingkungan seperti perubahan suhu mendadak, aliran air panas, atau perbedaan mikroklimat. Kenaikan Nilai Rata-rata Seiring Elevasi dapat dijelaskan bahwa secara umum, rata-rata menunjukkan tren linear meningkat dari elevasi rendah hingga tinggi. Pada elevasi rendah, kenaikan nilai rata-rata lebih signifikan, sedangkan pada elevasi tinggi, kenaikan lebih lambat namun konsisten. Hubungan Positif: Elevasi lokasi berkorelasi positif dengan nilai rata-rata, menunjukkan bahwa semakin tinggi elevasi, semakin besar nilai rata-rata parameter yang diukur. Stabilitas Data: Lokasi dengan elevasi rendah hingga menengah menunjukkan stabilitas yang tinggi (std. deviasi rendah), sementara lokasi menengah hingga tinggi memiliki variasi lebih besar. Jika tujuan analisis adalah perencanaan pendakian atau pengelolaan logistik, maka lokasi dengan standar deviasi tinggi memerlukan perhatian lebih karena adanya variabilitas lingkungan. Selanjutnya hasil uji persyaratan analisis data pada penelitian ini terdiri dari uji normalitas, uji homogenitas, uji korelasional, dan uji keberpengaruhannya antara variabel x dan variabel y yang ditandai dengan uji varians atau ANOVA. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data *heart rate* dari responden pada berbagai elevasi gunung mengikuti distribusi normal. Berikut ini adalah hasil uji normalitas yaitu:

Tabel 3 Uji Normalitas Penelitian

	Shapiro-Wilk			Keterangan
	Statistic	df	Sig.	
elevasi	0,925	12	0,333	Normal

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa uji normalitas penelitian ini menggunakan uji *Shapiro-Wilk* karena banyaknya sampel pada penelitian ini termasuk kategori kecil ($n < 50$). Adapun hasil uji normalitas berdasarkan hasil uji Shapiro-Wilk data *heart rate* dari masing-masing gunung dianggap mengikuti distribusi normal karena $p\text{-value} > 0.05$. Oleh karena itu, analisis statistik selanjutnya dapat menggunakan teknik statistik parametrik yang mengasumsikan normalitas data.

Selanjutnya adalah uji homogenitas penelitian dimana uji digunakan untuk mengetahui apakah varians dari beberapa kelompok data sama atau tidak. Dalam konteks penelitian ini, uji homogenitas akan dilakukan untuk memeriksa apakah varians *heart rate* pada berbagai elevasi gunung homogen. Metode yang digunakan untuk uji homogenitas adalah Uji Levene, adapun hasil uji homogenitas dapat tergambarkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4 Uji Homogenitas Penelitian

Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Keterangan
0,691 ^a	1	6	0,438	Homogen

Berdasarkan hasil uji Levene, $p\text{-value} > 0.05$ menunjukkan bahwa varians *heart rate* antar kelompok dianggap homogen. Oleh karena itu, asumsi homogenitas varians terpenuhi, memungkinkan penggunaan analisis statistik parametrik selanjutnya yang memerlukan homogenitas varians.

Kemudian uji korelasional pada penelitian ini dilakukan guna untuk mengetahui hubungan antara dua variabel. Dalam penelitian ini, uji korelasional akan dilakukan untuk melihat hubungan antara elevasi dan *heart rate* selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl. Metode yang digunakan adalah Korelasi Pearson. Adapun hasil uji korelasional adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Uji Korelasional Penelitian

		heart_rate	Keterangan
elevasi	Pearson Correlation	0,31	Korelasi positif kuat
	Sig. (2-tailed)	0,032	
	N	12	

Berdasarkan hasil uji Korelasi Pearson, koefisien korelasi (r) sebesar 0.31 menunjukkan adanya korelasi positif yang kuat antara elevasi dan *heart rate*. Kemudian pada nilai Sig. (2-tailed) meperoleh nilai sebesar 0,032 ($p < 0.05$) menunjukkan bahwa hubungan ini signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa elevasi memiliki hubungan positif yang signifikan dengan *heart rate* selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl.

Selanjutnya adalah uji variansi antar variabel atau analisis varians (ANOVA) digunakan untuk membandingkan rata-rata lebih dari dua kelompok untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara variabel tersebut. Dalam konteks penelitian ini, ANOVA digunakan untuk membandingkan rata-rata *heart rate* di beberapa lokasi gunung yang berbeda. Adapun hasil dari uji variansi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Uji Variansi Penelitian

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	162082,8	5	32416,6	0,824	0,043
Within Groups	235931,9	6	39321,9		
Total	398014,7	11			

Berdasarkan hasil ANOVA, p -value sebesar 0.043 ($p < 0.05$) menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan antara rata-rata *heart rate* di beberapa lokasi gunung yang berbeda. Dengan demikian, kita menolak H_0 dan menerima H_1 , yang menyatakan bahwa rata-rata *heart rate* bervariasi secara signifikan berdasarkan lokasi gunung. Temuan ini menunjukkan bahwa elevasi berbeda dari tiap lokasi gunung mempengaruhi *heart rate* pendaki secara signifikan dan *heart rate* cenderung meningkat seiring dengan peningkatan elevasi.

Berdasarkan deskripsi dan analisis data, dapat diketahui bahwa karakteristik elevasi mempengaruhi *heart rate* selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl, hal tersebut dapat dijelaskan bahwa peningkatan *heart rate* ini disebabkan oleh beberapa faktor yang berkaitan dengan karakteristik fisik dan fisiologis tubuh manusia saat berada pada ketinggian tinggi. Adapun karakteristik fisik dan fisiologis tubuh tersebut yaitu dengan munculnya gejala hipoksia, dimana gejala hipoksia disebabkan adanya penurunan kadar oksigen (Beall & Strohl, 2021). Pada elevasi tinggi, tekanan udara menurun yang mengakibatkan berkurangnya kadar oksigen di udara (Storz & Cheviron, 2021). Tubuh merespons hipoksia (kekurangan oksigen) dengan meningkatkan *heart rate* untuk memompa lebih banyak darah dan oksigen ke jaringan dan organ (Burtscher et al., 2022). Selanjutnya selama pendakian cepat, tubuh tidak memiliki cukup waktu untuk beradaptasi secara perlahan terhadap kekurangan oksigen, sehingga terjadi peningkatan *heart rate* yang lebih drastis dibandingkan dengan pendakian lambat. Sebagaimana yang diungkapkan oleh (Skaliy et al., 2023) bahwa peningkatan *heart rate* yang dialami oleh para pendaki diakibatkan karena tubuh tidak dapat memiliki waktu untuk melakukan adaptasi perubahan pada ketinggian. Kemudian faktor lain mengenai elevasi mempengaruhi *heart rate* selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl yaitu aktivitas fisik dan respon individu. Kedua hal tersebut dapat dijelaskan bahwa aktivitas fisik dipengaruhi oleh kebutuhan energi, pendakian cepat meningkatkan kebutuhan energi tubuh. Untuk memenuhi kebutuhan energi ini, tubuh meningkatkan *heart rate* untuk mengangkut lebih banyak oksigen dan nutrisi ke otot-otot yang bekerja keras dan stres fisik, aktivitas fisik yang intens pada ketinggian tinggi menambah stres pada sistem kardiovaskular, yang menyebabkan peningkatan *heart rate* (Portillo & Rodríguez, 2020). Respon individu

merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam perubahan atau peningkatan *heart rate* para pendaki di saat melakukan aktivitas pendakian cepat di atas 3000 mdpl. Hal tersebut dijelaskan (Lasshofer et al., 2021) bahwa pada faktor respon individu dipengaruhi oleh variabilitas individu, meskipun terdapat peningkatan rata-rata *heart rate* dengan peningkatan elevasi, ada variabilitas yang signifikan di antara individu. Faktor-faktor seperti tingkat kebugaran, pengalaman pendakian, (Chamim et al., 2022) dan adaptasi ketinggian masing-masing individu dapat mempengaruhi respon *heart rate* (Komori et al., 2022) dan kondisi kesehatan umum juga mempengaruhi seberapa besar peningkatan *heart rate* pada ketinggian tinggi. Pendaki yang lebih bugar cenderung memiliki *heart rate* yang lebih rendah dibandingkan dengan yang kurang bugar (Festiawan et al., 2021).

Berdasarkan pembahasan tersebut dapat dijealskan bahwa karakteristik elevasi mempengaruhi *heart rate* selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl. Peningkatan elevasi menyebabkan peningkatan *heart rate* karena faktor-faktor seperti hipoksia, kebutuhan energi yang lebih tinggi, dan stres fisik yang meningkat. Persiapan fisik yang baik, strategi aklimatisasi, dan monitoring kesehatan dapat membantu pendaki mengelola efek elevasi pada *heart rate*, sehingga mendukung keselamatan dan keberhasilan pendakian. Dengan memahami bagaimana karakteristik elevasi mempengaruhi *heart rate*, pendaki dapat membuat keputusan yang lebih baik mengenai persiapan dan strategi pendakian, serta mengurangi risiko masalah kesehatan yang terkait dengan ketinggian tinggi.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu penelitian ini memberikan bukti kuat bahwa karakteristik elevasi mempengaruhi *heart rate* selama pendakian cepat di atas 3000 mdpl. Peningkatan elevasi menyebabkan peningkatan *heart rate* yang signifikan, yang disebabkan oleh kebutuhan tubuh untuk beradaptasi dengan penurunan kadar oksigen dan peningkatan kebutuhan energi. Temuan ini penting untuk perencanaan pendakian, strategi pelatihan, dan manajemen kesehatan pendaki di ketinggian tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Dr. Jajat, S.Si.,M.Pd., Dra, Hj Yati Ruhayati, M.Pd. yang telah membimbing dan mengarahkan untuk penyelesaian artikel penelitian ini. Selain itu saya ucapkan terima kasih kepada UKM PAMOR FPOK UPI yang sudah mengizinkan peneliti untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akca, F., & Birol, K. (2018). *Extreme Altitude Mountain Climbing Decreases Sensation Seeking Score and Increases the Anxiety Level*. December. <https://doi.org/10.35235/uicd.465913>
- Amiri, N., Mamaghani, N. K., & Mosaddad, S. H. (2018). Designing a Smart Wearable Product for Hikers with an Emphasis on Physiological Characteristics. *Eurasian Journal of Chemical, Medical and Petroeum Research*, 2(1), 47–53.
- Ardianto, F., & Said, S. J. (2015). Profil Denyut Nadi Di Ketinggian Yang Berbeda Pada Pendaki Gunung Merbabu. *Journal of Sport Sciences and Fitness*, 4(2), 1–4.
- Beall, C. M., & Strohl, K. P. (2021). Adaptations to high-altitude hypoxia. In *Oxford Research Encyclopedia of Anthropology*.
- Burtscher, M. (2007). Risk of cardiovascular events during mountain activities. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 618, 1–11. https://doi.org/10.1007/978-0-387-75434-5_1

- Burtscher, M., Millet, G. P., & Burtscher, J. (2022). Hypoxia Conditioning for High-Altitude Pre-acclimatization. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 4(4), 331–345. <https://doi.org/10.1007/s42978-021-00150-0>
- Burtscher, M., & Niederseer, D. (2020). Sudden cardiac death during mountain sports activities. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 71(11–12), 286–292. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2020.447>
- Chamim, M., Kusmaedi, N., Mulyana, & Kurniawan, A. R. (2022). Components of Physical Abilities on a Fast Climb 18 Peaks 12 Days at Altitudes Above 3000 MDPL. *Competitor: Jurnal Pendidikan Kepeleatihan Olahraga*, 14(1), 40–50.
- Dian, J., Silalahi, F. D., & Setiawan, N. D. (2021). Sistem Monitoring Detak Jantung Untuk Mendeteksi Tingkat Kesehatan Jantung Berbasis Internet Of Things Menggunakan Android. *JUPITER (Jurnal Penelitian Ilmu Dan Teknologi Komputer)*, 13(2), 69–75.
- Festiawan, R., Lim Boon Hooi, Kartono Pramadhan, Masnur Ali, & Arief Nuryadin. (2021). Improvement Physical Fitness Level on Mountain Climbing Athletes: High-Intensity Interval Training and Oregon Circuit Training Effect. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 7(1), 19–36. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v7i1.15746
- Giriwijoyo, S. (n.d.). *Pengantar ilmu faal olahraga*. 1–525.
- Giriwijoyo, S., & Sidik, D. Z. (2012). *Ilmu kesehatan olahraga*. PT Remaja Rosdakarya.
- Hoppeler, H., & Vogt, M. (2001). Hypoxia training for sea-level performance: Training high - Living low. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 502, 61–73. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3401-0_6
- Hou, J., Lu, K., Chen, P., Wang, P., Li, J., Yang, J., Liu, Q., Xue, Q., Tang, Z., & Pei, H. (2023). Comprehensive viewpoints on heart rate variability at high altitude. *Clinical and Experimental Hypertension (New York, N.Y. : 1993)*, 45(1), 2238923. <https://doi.org/10.1080/10641963.2023.2238923>
- Husnu, D. (2024). Korelasi Olahraga Aerobik Dengan Acute Mountain Sickness Pada Aktivitas Alam Bebas (Olahraga Pendakian Gunung). *Indonesian Journal of Physical Activity*, 4(1), 30–36.
- Karpecka-Galka, E., Mazur-Kurach, P., Szyguła, Z., & Frączek, B. (2023). Diet, Supplementation and Nutritional Habits of Climbers in High Mountain Conditions. *Nutrients*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/nu15194219>
- Komori, T., Hoshida, S., Kanazawa, H., Taki, M., Suzuki, N., Kotruchin, P., & Kario, K. (2022). The effect of mountaineering on the association between blood pressure and physical activity: A new multi-sensor ambulatory blood-pressure monitoring device. The Mount Fuji Study. *Journal of Clinical Hypertension*, 24(9), 1236–1241. <https://doi.org/10.1111/jch.14525>
- Lasshofer, M., Seifert, J., Wörndle, A. M., & Stöggl, T. (2021). Physiological responses and predictors of performance in a simulated competitive Ski mountaineering race. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(2), 250–257. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.250>
- Magyari-Sáska, Z., & Dombay, Ş. (2012). Determining minimum time using DEM. *Geographia Napocensis*, 6(2), 1–6.
- Navalta, J. W., Montes, J., Bodell, N. G., Salatto, R. W., Manning, J. W., & DeBeliso, M. (2020). Concurrent heart rate validity of wearable technology devices during trail running. *PLoS ONE*, 15(8 August), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238569>
- Permatasari, T., & Sidarta, N. (2021). Hubungan tingkat aktivitas fisik dengan acute mountain sickness pada pendaki gunung. *Jurnal Biomedika Dan Kesehatan*, 4(3), 106–112. <https://doi.org/10.18051/jbiomedkes.2021.v4.106-112>
- Pitman, A., Zanker, M., Gamper, J., & Andritsos, P. (2012). Individualized hiking time estimation. *Proceedings - International Workshop on Database and Expert Systems Applications, DEXA*, 101–105. <https://doi.org/10.1109/DEXA.2012.51>

- Portillo, A., & Rodríguez, F. A. (2020). Monitoring Stress–Recovery Balance with Heart Rate Variability and Perceptual Load Markers During a Competitive Micro-cycle in Elite Ski Mountaineers. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 2(2), 132–144. <https://doi.org/10.1007/s42978-020-00054-5>
- Pugh, L. G. C. E. (1962). Physiological and medical aspects of the himalayan scientific and mountaineering expedition, 1960/1961. *British Medical Journal*, 2(5305), 621–627. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5305.621>
- Skaliy, A., Mulyk, K., Ban, Z., Ostrowski, A., & Anosova, O. (2023). Assessment of the functional state of the cardiovascular system of students during a mountain hiking trip. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 27(3), 158–165. <https://doi.org/10.15391/snsv.2023-3.007>
- Souchet, J., Gangloff, E. j., Micheli, G., Bossu, C., Trochet, A., Bertrand, R., Clobert, J., Calvez, O., Martinez-Silvestre, A., Darnet, E., Chevalier, H. Le, Guillaume, O., Mossoll-Torres, M., Barthe, L., Pottier, G., Philippe, H., & Aubret, F. (2020). High-elevation hypoxia impacts perinatal physiology and performance in a potential montane colonizer. *Integrative Zoology*, 15(6), 544–557. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12468>
- Storz, J. F., & Cheviron, Z. A. (2021). Physiological Genomics of Adaptation to High-Altitude Hypoxia. *Annual Review of Animal Biosciences*, 9, 149–171. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-072820-102736>
- Takagi, Y., Seki, K., Ogiso, Y., Kobuchi, T., Kawagishi, T., Ando, Y., Fukuchi, K., Tsubota, S., Yoshikawa, A., Aikawa, Y., & Yamada, N. (2020). Changes in urinary catecholamine, heart rate, blood pressure and double product during ascent of one-day Mt. Fuji hiking in Japanese young males. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 9(3), 143–148. <https://doi.org/10.7600/jpfs.9.143>
- Wilson, M. J., Julian, C. G., & Roach, R. C. (2011). Genomic analysis of high-altitude adaptation: Innovations and implications. *Current Sports Medicine Reports*, 10(2), 59–61. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31820f21a2>
- Wood, A., Mackaness, W., Simpson, T. I., & Armstrong, J. D. (2023). Improved prediction of hiking speeds using a data driven approach. *PLoS ONE*, 18(12 December), 1–37. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295848>
- Yomitra, A. R., & Esha, I. (2022). *Faal Paru Pada Orang yang Berada Di Ketinggian*.
- Zafren, K. (2007). High Altitude Medicine and Physiology. *Wilderness & Environmental Medicine*, 18(3), 232–232. [https://doi.org/10.1580/1080-6032\(2007\)18\[232b:br\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1580/1080-6032(2007)18[232b:br]2.0.co;2)