

## Perubahan Faal Tubuh Terhadap Perokok Kronis di Daratan Tinggi

Wilda K. M. Bassean,<sup>1</sup> Ivonny Sapulete,<sup>2</sup> Sylvia Marunduh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

<sup>2</sup>Bagian Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia  
Email: kurniawatiwilda@gmail.com

**Abstract:** Cigarettes smoking has many negative impacts to human body. Accumulation content of cigarette smoke in the body can actually provide many physiological changes in the human body. This situation will get worse coupled with living conditions, especially in the highlands, which can pose a risk of chronic disease even though a person has experienced acclimatization. This study aims to look at changes in the body towards chronic smoking in the highlands. This research is a literature review. This research will review all the topics that related to the physiological changes in chronic smoking at high altitudes from previous studies. Literature review in this study were 10 and consisting of six cross-sectional studies, three cohort studies, and one repeated measures design. The results of this literature review study indicate that chronic smokers who are in the highlands or climbers who have a history of active smoking can experience several physiological changes in their bodies. Smoking at high altitudes can increase heart rate (HR) and blood pressure. Oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) levels decreased and the levels were lower than nonsmokers at high or low altitudes. The VO<sub>2</sub> max value decreases. The hemoglobin (Hb) concentration of smokers in the highlands increases due to decreased oxygen saturation levels. High altitude smokers have a significant association with the likelihood of developing Acute Mountain Sickness (AMS). Proteinuria is also found in 80% of climbers who have a history of smoking and have AMS.

**Keywords:** smoking, high altitude.

**Abstrak:** Rokok memiliki dampak buruk bagi kesehatan manusia. Akumulasi kandungan asap rokok dalam tubuh ternyata dapat memberikan banyak perubahan fisiologi pada tubuh manusia. Keadaan tersebut akan semakin parah apabila ditambah dengan kondisi tempat tinggal khususnya di dataran tinggi yang dapat menimbulkan risiko terkena penyakit kronis meskipun seseorang telah mengalami aklimatisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi. Penelitian ini merupakan penelitian yang sifatnya *literature review*. Penelitian ini juga mempelajari topik-topik terkait perubahan fisiologis terhadap perokok kronis di dataran tinggi dari penelitian-penelitian sebelumnya. Literatur yang diulas dan dipelajari dalam penelitian ini sebanyak 10 literatur yang terdiri dari enam *cross-sectional study*, tiga *cohort study*, dan satu *repeated measures design*. Hasil penelitian *literature review* menunjukkan bahwa perokok kronis yang berada di dataran tinggi ataupun pendaki yang memiliki riwayat merokok aktif dapat mengalami beberapa perubahan fisiologis pada tubuhnya. Merokok di dataran tinggi dapat meningkatkan *heart rate* (HR) dan tekanan darah. Kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) menurun dan kadarnya lebih rendah dibanding bukan perokok di tinggi ataupun perokok di dataran rendah. Nilai VO<sub>2</sub> max menurun. Konsentrasi hemoglobin (Hb) perokok di dataran tinggi meningkat akibat menurunnya kadar saturasi oksigen. Perokok di dataran tinggi memiliki hubungan yang signifikan terkait risiko terkena penyakit *Acute Mountain Sickness* (AMS). Proteinuria juga ditemukan pada 80% pendaki yang memiliki riwayat merokok dan terkena penyakit AMS.

**Kata kunci:** merokok, dataran tinggi

## PENDAHULUAN

Indonesia menduduki peringkat kelima setelah China, Rusia, Amerika, dan Jepang sebagai lima negara dengan jumlah perokok terbesar di dunia. Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh *Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)* sejak tahun 1970 sampai 2015 dari 71 negara, China adalah negara konsumen rokok terbesar di dunia dengan 2,5 juta metric per ton (MMT) di tahun 2013,<sup>1</sup> sedangkan data dari Kementerian Kesehatan RI menunjukkan bahwa prevalensi perokok di Indonesia dari (36,3%) pada tahun 2013 menurun menjadi (33,8%) pada tahun 2018.<sup>2</sup>

Rokok adalah produk tembakau berbentuk silinder dari kertas yang dihasilkan dari tanaman *Nicotina tabacum*, *Nicotina rustica*, dan spesies lainnya atau sintesisnya yang digunakan dengan cara dibakar, diisap, dan/atau dihirup asapnya.<sup>3</sup> Asap rokok mengandung beberapa jenis senyawa kimia yang berbahaya bagi kesehatan, diantaranya karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen sianida, amoniak, nitrogen oksida, senyawa hidrokarbon, tar, nikotin, benzopiren, fenol, dan kadmium.<sup>4</sup>

Selain merokok, faktor lain yang bisa mempengaruhi saturasi oksigen ialah ketinggian suatu tempat. Apabila ketinggian semakin meningkat, maka tekanan barometrik akan menurun dan menyebabkan penurunan tekanan parsial oksigen.<sup>5</sup> Walaupun persentase oksigen di udara tetap sama, namun tekanan parsial oksigen menurun dengan bertambahnya ketinggian, dan dapat menyebabkan hipoksemia.<sup>6</sup> Hal tersebut ternyata telah diteliti juga oleh Kaprawi mengenai perbandingan saturasi oksigen pada orang yang tinggal di pesisir pantai dan yang tinggal di daerah pegunungan. Berdasarkan hasil analisis bivariat, Kaprawi menyimpulkan bahwa letak ketinggian suatu daerah mempunyai hubungan bermakna dengan saturasi oksigen, dimana saturasi oksigen seseorang yang berada di dataran tinggi lebih rendah dibandingkan dengan saturasi oksigen seseorang yang

berada di dataran rendah.<sup>7</sup> Beal dkk dalam penelitiannya mengenai perbedaan bentuk adaptasi biologi pada pendaki Andean, Tibeian, dan Ethiopia juga memperoleh hasil yang sama yaitu terjadi penurunan saturasi oksigen saat seseorang berada di daerah ketinggian.<sup>8</sup>

Tetapi penduduk yang cukup lama tinggal di daerah dataran tinggi akan beradaptasi dalam menanggapi respon lingkungan yang ekstrim tersebut berupa aklimatisasi metabolis, respiratorik, dan fisiologis.<sup>9</sup> Penelitian Beall C dan Brittenham G serta rekan-rekannya menjelaskan bahwa penduduk Quenchua Bolivia yang merupakan populasi di dataran tinggi memiliki ukuran dada yang lebih besar dan kadar hemoglobin lebih tinggi yang dipengaruhi oleh ketinggian.<sup>10</sup> Namun, bila seseorang tidak mengalami aklimatisasi seperti para pendaki, bisa saja berisiko terkena *Acute Mountain Sickness (AMS)* yaitu *syndrome* paru-paru dan serebral dimana turunnya kadar saturasi oksigen yang diserap oleh tubuh sehingga menyebabkan otak dan jaringan tubuh lainnya mengalami hipoksia.<sup>11</sup>

Berdasarkan teori di atas, didapatkan bahwa terdapat beberapa perubahan faal tubuh yang bisa terjadi akibat dari mengkonsumsi rokok dan berisiko lebih mudah terkena penyakit *Acute Mountain Sickness (AMS)* terutama bagi perokok di daerah dataran tinggi. Oleh sebab itu, penulis tertarik untuk mengkaji lebih dalam tentang perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan November-Desember 2020 di perpustakaan virtual. Jenis penelitian ini menggunakan metode studi pustaka (*literature review*) yang bersumber dari jurnal dan publikasi hasil studi pendahuluan terkait perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi. Populasi dalam penelitian ini ialah seluruh jurnal dan artikel yang diperoleh dari *Pubmed*, *Sciencedirect*, dan *Google Scholar*, dalam bentuk elektronik. Kriteria inklusi responden dalam pustaka

ialah perokok, judul pustaka relevan dengan judul penelitian yakni perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi, tahun publikasi pustaka 2006-2020, serta berbahasa Indonesia dan Inggris. Pustaka yang tidak tersedia *full-text* akan dieksklusi dan tidak terhitung sebagai sampel penelitian.

## HASIL PENELITIAN

Data penelitian ini diperoleh dari *Pubmed*, *Sciencedirect*, dan *Google Scholar*, dalam bentuk elektronik. Penulis mendapatkan 10 literatur yang telah melalui proses reduksi data sesuai dengan kriteria inklusi dan analisis yang terdiri dari 6 cross-sectional study, 3 cohort study, dan 1 repeated measures design, diantaranya 8 jurnal dari luar negeri dan 2 jurnal dari Indonesia. (Tabel 1)

Tabel 2 menunjukkan jika ada delapan literatur yang mengambil dua jenis sampel dan ada dua literatur yang hanya mengambil satu jenis sampel berdasarkan

dari status merokok. Distribusi jumlah sampel dengan jumlah sampel perokok terbanyak ada pada penelitian Peng, dkk tahun 2013 di Cina dengan total 419 perokok dijadikan sebagai sampel penelitian dari 808 sampel.

Tabel 3 menunjukkan ada tiga literatur yang mengambil sampel dari dua tempat yang berbeda untuk digunakan sebagai faktor pembanding penelitian dan ada tujuh literatur yang mengambil sampel dari satu tempat saja. Distribusi jumlah sampel dengan jumlah sampel terbanyak berdasarkan tempat tinggal di daerah dataran tinggi ada pada penelitian Viniikov, dkk tahun 2014 dengan total 569 penduduk dataran tinggi dijadikan sampel penelitian. Sepuluh literatur mengulas beberapa perubahan faal tubuh yang dapat terjadi terhadap perokok kronis di dataran tinggi dan bahkan sangat berisiko untuk terserang *Acute Mountain Sickness* (AMS) dengan hasil yang signifikan yaitu nilai  $p < 0,05$ .

**Tabel 1** Karakteristik literatur

No	Peneliti	Lokasi penelitian	Tahun	Jenis penelitian	Usia sampel	Jumlah sampel	Jenis kelamin
1	Yang, dkk <sup>12</sup>	Litang, Sichuan, Cina	2020	<i>Cross sectional study</i>	19-21 tahun	121	L = 121 P = 0
2	Polii, dkk <sup>13</sup>	Tomohon dan Manado, Indonesia	2017	<i>Cross sectional study</i>	17-45 tahun	60	L = 60 P = 0
3	Saptono, Dwi <sup>14</sup>	Boyolali, Indonesia	2016	<i>Cross sectional study</i>	20 – 79 tahun	60	Tidak disebutkan
4	Vinniko, dkk <sup>15</sup>	Tien Shan, Kirgizstan	2014	<i>Cohort study</i>	34.1 ± 7.6 tahun	569	L = 541 P = 28
5	Vinnikov, dkk <sup>16</sup>	Tien Shan, Kirgistan	2014	<i>Cohort study</i>	33 ± 7 tahun	45	L = 38 P = 7
6	McDevitt, dkk <sup>17</sup>	Himalaya, Nepal	2014	<i>Cross sectional study</i>	18 – 75 tahun	332	L = 163 P = 169
7	Peng, dkk <sup>18</sup>	Cina	2013	<i>Repeated measures design</i>	16 – 22 tahun	811	L = 811 P = 0
8	Gonzales, dkk <sup>19</sup>	Peru	2012	<i>Cross sectional study</i>	35 – 75 tahun	506	L = 158 P = 348
9	Wu, dkk <sup>20</sup>	Cina	2012	<i>Cohort study</i>	24 – 56 tahun	382	L = 382 P = 0
10	Wada, dkk <sup>21</sup>	Jepang	2006	<i>Cross sectional study</i>	20 – 72 tahun	54	L = 26 P = 28

**Tabel 2** Distribusi jumlah sampel berdasarkan status merokok masing-masing literatur

No	Peneliti	Lokasi penelitian	Status Merokok				Total	
			Perokok		Bukan perokok		N	%
			N	%	N	%		
1	Yang, dkk <sup>12</sup>	Litang, Sichuan, Cina	121	100	-	-	121	100
2	Polii, dkk <sup>13</sup>	Tomohon dan Manado, Indonesia	30	50	30	50	60	100
3	Saptono, Dwi <sup>14</sup>	Boyolali, Indonesia	60	100	-	-	60	100
4	Vinnikov, dkk <sup>15</sup>	Tien Shan, Kirgizstan	253	44,46	314	55,18	569	100
5	Vinnikov, dkk <sup>16</sup>	Tien Shan, Kirgistan	17	37,78	28	62,22	45	100
6	McDevitt, dkk <sup>17</sup>	Himalaya, Nepal	37	11	295	88,86	332	100
7	Peng, dkk <sup>18</sup>	Cina	419	51,86	389	48,14	808	100
8	Gonzales, dkk <sup>19</sup>	Peru	34	6,72	472	93,28	506	100
9	Wu, dkk <sup>20</sup>	Cina	182	47,64	200	52,36	382	100
10	Wada, dkk <sup>21</sup>	Jepang	16	29,63	38	70,37	54	100

**Tabel 3.**Distribusi jumlah sampel berdasarkan tempat tinggal masing-masing literatur

No	Peneliti	Lokasi penelitian	Tempat tinggal				Total	
			Dataran tinggi		Dataran rendah		N	%
			N	%	N	%		
1	Yang, dkk <sup>12</sup>	Litang, Sichuan, Cina	-	-	121	100	121	100
2	Polii, dkk <sup>13</sup>	Tomohon dan Manado, Indonesia	30	50	30	50	60	100
3	Saptono, Dwi <sup>14</sup>	Boyolali, Indonesia	30	50	30	50	60	100
4	Vinnikov, dkk <sup>15</sup>	Tien Shan, Kirgizstan	569	100	-	-	569	100
5	Vinnikov, dkk <sup>16</sup>	Tien Shan, Kirgistan	45	100	-	-	45	100
6	McDevitt, dkk <sup>17</sup>	Himalaya, Nepal	332	100	-	-	332	100
7	Peng, dkk <sup>18</sup>	Cina	372	45,87	439	54,13	811	100
8	Gonzales, dkk <sup>19</sup>	Peru	506	100	-	-	506	100
9	Wu, dkk <sup>20</sup>	Cina	-	-	382	100	382	100
10	Wada, dkk <sup>21</sup>	Jepang	54	100	-	-	54	100

**Tabel 4** Distribusi hasil uji statistik perubahan faal tubuh pada perokok di dataran tinggi masing-masing literatur

No	Peneliti	Uji statistik	p-value	Hasil
1	Yang, dkk <sup>12</sup>	<i>Mann-Whitney U test, Chi Square test, Wilcoxon test</i>	< 0,001	Perokok yang sebelumnya menetap di daerah dataran rendah kemudian naik ke daerah dataran tinggi mengalami perubahan karakteristik fisiologis yaitu, <i>heart rate</i> (HR) meningkat, saturasi oksigen (SpO2) menurun, dan tekanan darah ( <i>systolic blood pressure</i> dan <i>diastolic blood pressure</i> ) meningkat
2	Polii, dkk <sup>13</sup>	<i>Mann-Whitney U test</i>	0,001	Saturasi oksigen perokok di daerah dataran tinggi lebih rendah dibandingkan dengan saturasi oksigen bukan perokok di daerah dataran rendah.

			0,001	Saturasi oksigen perokok lebih rendah dibandingkan saturasi oksigen bukan perokok di daerah dataran tinggi.
			0,002	Saturasi oksigen perokok di daerah dataran tinggi lebih rendah dibanding saturasi oksigen perokok di daerah dataran rendah.
3	Saptono, Dwi <sup>14</sup>	<i>t-test Independent</i>	0,010	Terdapat perbedaan VO <sub>2</sub> max pada perokok yang tinggal di daerah pegunungan dan dataran rendah di Kabupaten Boyolali. Nilai VO <sub>2</sub> max rendah pada perokok daerah pegunungan sebanyak 4 orang (13,3%) sedangkan perokok daerah dataran rendah sebanyak 10 orang (33,3%), masing-masing dari 30 responden.
4	Vinnikov, dkk <sup>15</sup>	<i>Cox Regression Analysis</i>	0,020	Pekerja tambang yang menghisap 10 rokok per hari dan menghirup karbon monoksida (CO) di daerah pegunungan Tien Shan erat kaitannya dengan risiko terkena penyakit <i>Acute Mountain Sickness</i> (AMS).
5	Vinnikov, dkk <sup>16</sup>	<i>t-test dan Fisher Exact test</i>	< 0,050	Pekerja tambang yang aktif menghisap 10 rokok per hari dan menghirup gas karbon monoksida (CO) di daerah pegunungan Tien Shan meningkatkan risiko penyakit <i>Acute Mountain Sickness</i> (AMS) menjadi lebih kronis. Hasil tes diperoleh OR = 10,0 dengan skor 95%CI 1,5-67,4 yang berarti perokok 10 kali lebih berisiko terkena AMS ( <i>Acute Mountain Sickness</i> ) dibanding bukan perokok.
6	McDevitt, dkk <sup>17</sup>	<i>Logistic Regression Analysis</i>	< 0,050	Para pendaki yang memiliki kebiasaan merokok memiliki risiko terkena penyakit <i>Acute Mountain Sickness</i> (AMS). Hasil tes diperoleh OR=2,5 dengan skor 95% CI 1,1-5,6 yang berarti perokok lebih berisiko 2,5 kali terkena AMS ( <i>Acute Mountain Sickness</i> ) dibanding bukan perokok.
7	Peng, dkk <sup>18</sup>	<i>Partial Least Square Regression</i>	< 0,010	Perokok ringan di dataran tinggi memiliki kadar <i>Mean Corpuscular Hemoglobin</i> (MCH), <i>Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration</i> (MCHC), <i>Mean Corpuscular Volume</i> (MCV), dan <i>Red Blood Cell Distribution Width Coefficient of Variation</i> (RDWCV) lebih tinggi dibanding bukan perokok. Pada fase akut, efek merokok tidak signifikan, sedangkan pada fase kronis, volume sel darah merah perokok sedikit lebih meningkat saat respirasi dibanding dengan bukan perokok.
8	Gonzales, dkk <sup>19</sup>	<i>Student t-test, Chi-Square test</i>	< 0,001	Perokok di dataran tinggi mengalami peningkatan kadar hemoglobin.

9	Wu, dkk <sup>20</sup>	Multiple Logistic Regression Analysis	< 0,050	Konsentrasi hemoglobin (Hb) dan <i>mean pulmonary artery pressure</i> (mPAP) pada perokok lebih tinggi terkait saturasi oksigen (SpO <sub>2</sub> ) yang rendah dibanding bukan perokok setelah 3 bulan dan 6 bulan di ketinggian.
10	Wada, dkk <sup>21</sup>	Multiple Logistic Regression Analysis	0,043	Pada 80% pendaki yang memiliki riwayat merokok dan penyakit <i>Acute Mountain Sickness</i> (AMS) ditemukan kadar proteinuria yang meningkat saat menempuh perjalanan di dataran tinggi Jepang.

## BAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dari sepuluh literatur yang telah direview, menunjukkan terdapat beberapa perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi. Perubahan-perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi berdasarkan literatur yang telah diulas, akan dibahas selanjutnya.

Pertama, *heart rate* (HR) dan tekanan darah (*systolic blood pressure* dan *diastolic blood pressure*) mengalami peningkatan yang signifikan. Berdasarkan penelitian pada tahun 2020 di Litang, Sichuan, Cina menemukan bahwa perokok yang telah lama menetap di dataran rendah kemudian setelah naik ke dataran tinggi, mengalami perubahan karakteristik fisiologis yaitu, nilai *heart rate* dan tekanan darah meningkat signifikan dengan  $p < 0,05$ , namun saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) menurun secara signifikan.<sup>12</sup>

Kedua, kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) menurun. Dari sepuluh literatur, ada tiga penelitian menunjukkan hasil yang signifikan terhadap perokok di dataran tinggi dengan nilai  $p < 0,05$ . Tiga penelitian tersebut menemukan bahwa perokok yang berada di dataran tinggi mengalami penurunan SpO<sub>2</sub> dan memiliki kadar yang lebih rendah dibanding perokok yang berada di dataran rendah. Faktor ketinggian suatu tempat dapat menyebabkan tekanan barometrik menurun, seiring dengan menurunnya tekanan barometrik, maka tekanan O<sub>2</sub> juga ikut menurun dan menyebabkan berkurangnya kadar saturasi oksigen dalam darah.<sup>5</sup> Penelitian dari Wu,

dkk tahun 2012 juga menemukan bahwa saturasi oksigen perokok lebih rendah dibanding bukan perokok setelah berada 3 bulan sampai 6 bulan di dataran tinggi (3 bulan: 85±5% vs 86±6%,  $p\ value=0,004$ ; 6 bulan: 85±6% vs 86±6%,  $p\ value=0,002$ ).<sup>20</sup> Seseorang yang bukan perokok namun berada di dataran tinggi tetap dapat mengalami penurunan saturasi oksigen akibat dari penurunan tekanan barometrik. Perokok yang berada di dataran rendah juga dapat mengalami penurunan saturasi oksigen karena efek dari salah satu komponen senyawa kimia dalam rokok yaitu karbon monoksida (CO). CO akan mengikat hemoglobin (Hb) lalu membentuk ikatan karboksihemoglobin karena afinitas antara Hb dengan CO 240 kali lebih besar dari kemampuan Hb mengikat O<sub>2</sub>. Ketika kadar CO dalam darah meningkat, maka kemampuan tubuh untuk mengikat O<sub>2</sub> akan menurun. Hal tersebut yang bisa menyebabkan kadar O<sub>2</sub> dalam darah menurun.<sup>5</sup> Jadi, seseorang yang merokok di dataran tinggi justru membuat saturasi oksigen semakin menurun.

Ketiga, nilai VO<sub>2</sub>max pada perokok di dataran tinggi menurun. Penelitian dari Dwi Saptono tahun 2016 di Boyolali menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai VO<sub>2</sub>max yang signifikan pada perokok yang tinggal di daerah pegunungan dan di daerah dataran rendah kabupaten Boyolali dengan nilai  $p < 0,05$ . Nilai VO<sub>2</sub>max perokok yang tinggal di daerah dataran tinggi hanya 13,3 % dari 30 responden, sedangkan perokok di daerah dataran rendah 33,3% dari 30 responden.

Hal ini bisa disebabkan karena proses aklimatisasi pada perokok yang tinggal di daerah tinggi.<sup>14</sup>

Keempat, konsentrasi kadar hemoglobin meningkat. Tiga literatur menunjukkan perokok yang berada di dataran tinggi mempengaruhi konsentrasi kadar hemoglobin secara signifikan dengan nilai  $p < 0,05$ . Peningkatan ini dapat terjadi karena mekanisme kompensasi tubuh terhadap rendahnya kadar oksigen akibat ikatan Hb dan CO yang memiliki afinitas lebih kuat serta kadar oksigen yang memang sudah rendah di dataran tinggi. Rendahnya kadar oksigen akan membuat tubuh berkompensasi dengan meningkatkan proses hematopoiesis lalu meningkatkan produksi hemoglobin. Penelitian yang telah dilakukan oleh Wu, dkk<sup>20</sup> tahun 2012 dan Peng, dkk<sup>18</sup> tahun 2013 di Cina menunjukkan konsentrasi kadar hemoglobin perokok lebih meningkat dibanding bukan perokok.

Kelima, menimbulkan risiko terjadinya penyakit *Acute Mountain Sickness* (AMS) akibat dari rendahnya saturasi oksigen perokok di dataran tinggi sehingga jaringan dan otak kurang suplai oksigen. Gejala-gejala penyakit AMS adalah pusing, sakit kepala, muntah, kelelahan, sulit tidur, dan merasa selalu mengantuk sekitar 6 hingga 12 jam setelah naik di ketinggian.<sup>22</sup> Dari tiga literatur menyimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara merokok dengan risiko terjadinya penyakit AMS di dataran tinggi dengan nilai  $p < 0,05$ . Penelitian yang dilakukan Vinnikov, dkk<sup>16</sup> tahun 2014 di Cina dan McDevit, dkk<sup>17</sup> tahun 2014 menunjukkan hasil tes nilai OR masing-masing yaitu 2,5 dan 10, yang berarti perokok di dataran tinggi lebih berisiko 2,5 sampai 10 kali terkena penyakit AMS dibanding dengan bukan perokok.

Keenam, perokok di dataran tinggi dapat mengalami proteinuria. Dalam penelitian Wada, dkk tahun 2006 di Jepang menemukan ada sekitar 80% pendaki di Jepang yang mengalami proteinuria dan memiliki hubungan yang signifikan dengan riwayat merokok dan penyakit AMS

dengan nilai  $p < 0,05$ . Ginjal sangat sensitif terhadap hipoksia, sehingga kelainan fungsional dapat terdeteksi saat berada di dataran tinggi. Ketika mendaki atau melakukan perjalanan di daerah dataran tinggi, proteinuria bisa menjadi metode yang berguna untuk mendiagnosis AMS dengan cepat sebelum menjadi lebih berat.<sup>6</sup>

## SIMPULAN

Perubahan faal tubuh terhadap perokok kronis di dataran tinggi, berupa *heart rate* (HR) meningkat, tekanan darah meningkat, kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) menurun, nilai VO<sub>2</sub> max menurun, konsentrasi hemoglobin (Hb) meningkat, dapat berisiko dua hingga sepuluh kali lipat terkena penyakit *Acute Mountain Sickness* (AMS) dan proteinuria.

## Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam studi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hoffman SJ, Mammone J, Rogers Van Katwyk S, Sriharan L, Tran M, Al-Khateeb S, et al. Cigarette consumption estimates for 71 countries from 1970 to 2015: Systematic collection of comparable data to facilitate quasi-experimental evaluations of national and global tobacco control interventions. *BMJ* . 2019;365:9.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI. Hasil Utama RISKESDAS 2018.
- PP No. 109 Tahun 2012 tentang Pengamanan Bahan Yang Mengandung Zat Adiktif Berupa Produk Tembakau Bagi Kesehatan.
- Septia N, Wungouw H, Doda V. Hubungan merokok dengan saturasi oksigen pada pegawai di fakultas kedokteran universitas Sam Ratulangi Manado. *Jurnal e-Biomedik* 2016;4(2)
- Driver C. High altitude. *Practise Nursing* 2004;15(6):295–7
- Safi J, Rafeq S. High-Altitude Sickness. In: *Ferri's Clinical Advisor* 2021. United State. Elsevier Inc, 2020.

7. Kaprawi T, Moningka M, Rumampuk J. Perbandingan saturasi oksigen pada orang yang tinggal di pesisir pantai dan yang tinggal di daerah pegunungan. *Jurnal e-Biomedik*. 2016;4(1).
8. Beall CM. Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. *Integr Comp Biol*. 2006;46(1):18–24.
9. Waani A, Engka JN, Supit S. Kadar Hemoglobin Pada Orang Dewasa. *Jurnal e-Biomedik*. 2014;2(2):471-5.
10. Beall CM, Brittenham GM, Strohl KP, Blangero J, Williams-Blangero S, Goldstein MC, et al. Hemoglobin concentration of high-altitude Tibetans and Bolivian Aymara. *Am J Phys Anthropol* 1998;106(3):385–400.
11. Taylor A. High-altitude illnesses: Physiology, risk factors, prevention, and treatment. *Rambam Maimonides Med J* 2011;2(1):e0022.
12. Yang Y, Liu C, Yu S, Qin Z, Yang J, Bian S, et al. Pulmonary function tests at low altitude predict pulmonary pressure response to short-term high altitude exposure. *Respir Physiol Neurobiol* 2020 Nov 1;282:103534.
13. Polii TR, Rumampuk J, Lintong F. Perbandingan saturasi oksigen pada perokok dan bukan perokok di dataran tinggi Tomohon dan dataran rendah Manado. *Jurnal e-Biomedik (eBm)*. 2017; 5(2).
14. Saptono D. Perbedaan VO2Max Pada Perokok Yang Tinggal di Daerah Pegunungan dan Daerah Dataran Rendah di Kabupaten Boyolali [Skripsi]. Surakarta: Fakultas Fisioterapi Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
15. Vinnikov D, Brimkulov N, Blanc PD. Smoking increases the risk of acute mountain sickness. *Wilderness Environ Med* 2015;26(2):164–72.
16. Vinnikov D, Brimkulov N, Krasotski V, Redding-Jones R, Blanc PD. Risk factors for occupational acute mountain sickness. *Occup Med (Chic Ill)* 2014;64(7):483–9.
17. McDevitt M, McIntosh SE, Rodway G, Peelay J, Adams DL, Kayser B. Risk determinants of acute mountain sickness in trekkers in the Nepali Himalaya: A 24-year follow-up. *Wilderness Environ Med* 2014;25(2): 152–9.
18. Peng QQ, Basang Z, Cui CY, Li L, Qian J, Gesang Q, et al. Physiological responses and evaluation of effects of BMI, smoking and drinking in high altitude acclimatization: A cohort study in chinese han young males. *PLoS One*. 2013;8(11):1–9.
19. Gonzales GF, Tapia V. Association of high altitude-induced hypoxemia to lipid profile and glycemia in men and women living at 4100m in the Peruvian Central Andes. *Endocrinol y Nutr (English Ed)* 2013;60(2):79–86.
20. Wu TY, Ding SQ, Liu JL, Jia JH, Chai ZC, Dai RC, et al. Smoking, acute mountain sickness and altitude acclimatisation: A cohort study. *Thorax* 2012;67(10):914–9.
21. Wada K, Mizuguchi Y, Wada Y, Ohno Y, Iino Y. Hyperlipidaemia, lack of sleep and smoking as risk factors for proteinuria among high altitude mountain trekkers. *Nephrology* 2006;11(2):131–6.
22. Mairer K, Wille M, Burtscher M. The prevalence of and risk factors for acute mountain sickness in the Eastern and Western Alps. *High Alt Med Biol* 2010;11(4):343–8.