

JURNAL
RESPIROLOGI
INDONESIA

Majalah Resmi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia
Official Journal of The Indonesian Society of Respiriology



Hubungan Kadar *Transforming Growth Factor*-B dengan Gambaran Fibrosis Paru Pada Pasien Pasca TB Paru di Medan

Tuberkulosis Resisten Ganda (TB-MDR) dan Implementasi Upaya Pengendalian di Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat

Pengaruh Pemberian Quercetin Terhadap Kadar Interleukin-5 Plasma, Kadar Eosinofil Darah, Nilai %VEP₁, dan Skor ACT Pada Penderita Asma Alergi

Perbedaan Ekspresi miRNA- 126 dan Interleukin (IL)-13 Pada Pasien Asma Terkontrol Penuh dan Tidak Terkontrol Penuh

Korelasi Antara Kadar Debu Kayu dengan Interleukin-8 dalam Serum Darah Pada Pekerja Pengolahan Kayu di Perusahaan X, Tanjung Morawa

Kapasitas Difusi Paru pada Penerbang Pesawat Tempur X di Madiun

Prevalens Diabetes Melitus Pada Pasien Penyakit Paru Obstruktif Kronik

Karakteristik Iklim dan Pneumonia Anak: *Systematic Review*

JURNAL RESPIROLOGI INDONESIA

Majalah Resmi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia
Official Journal of The Indonesian Society of Respiriology

SUSUNAN REDAKSI

Penasehat

M. Arifin Nawas

Faisal Yunus

Penanggung Jawab / Pemimpin Redaksi

Feni Fitriani

Wakil Pemimpin Redaksi

Winariani

Anggota Redaksi

Amira Permatasari Tarigan

Jamal Zaini

Farih Raharjo

Mia Elhidsi

Ginangjar Arum Desianti

Irandi Putra Pratomo

Fanny Fachrucha

Sekretariat

Yolanda Handayani

Suwondo

SST : Surat Keputusan Menteri Penerangan RI

No.715/SK/DitjenPPG/SST/1980 Tanggal 9 Mei 1980

Alamat Redaksi

PDPI Jl. Cipinang Bunder, No. 19, Cipinang Pulo Gadung

Jakarta Timur 13240 Telp: 02122474845

Email : editor@jurnalrespirologi.org

Website : <http://www.jurnalrespirologi.org>

Diterbitkan Oleh

Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI)

Terbit setiap 3 bulan (Januari, April, Juli & Oktober)

Jurnal Respiriologi Indonesia

Akreditasi A

Sesuai SK Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan

Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia

Nomor: 2/E/KPT/2015 Tanggal 1 Desember 2015

Masa berlaku 15 Desember 2015 - 15 Desember 2020

JURNAL RESPIROLOGI INDONESIA

Majalah Resmi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia
Official Journal of The Indonesian Society of Respiriology

VOLUME 40, NOMOR 1, Januari 2020

DAFTAR ISI

Artikel Penelitian

- Hubungan Kadar *Transforming Growth Factor*-B dengan Gambaran Fibrosis Paru Pada Pasien Pasca TB Paru di Medan 1
Tamara Christine, Amira Permatasari Tarigan, Nuryunita Nainggolan, Fotarisman Zaluchu
- Tuberkulosis Resisten Ganda (TB-MDR) dan Implementasi Upaya Pengendalian di Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat 6
Imelda Nita Saputri, Eva Lydia Munthe
- Pengaruh Pemberian Quercetin Terhadap Kadar Interleukin-5 Plasma, Kadar Eosinofil Darah, Nilai %VEP₁, dan Skor ACT Pada Penderita Asma Alergi 16
Hesti Nila Mayasari, Suradi, Ana Rima Setijadi
- Perbedaan Ekspresi miRNA- 126 dan Interleukin (IL)-13 Pada Pasien Asma Terkontrol Penuh dan Tidak Terkontrol Penuh 24
Yulia Kartina, Susanthi Djajalaksana, Iin Noor Chozin, Harun Al Rasyid
- Korelasi Antara Kadar Debu Kayu dengan Interleukin-8 dalam Serum Darah Pada Pekerja Pengolahan Kayu di Perusahaan X, Tanjung Morawa 33
Jubilette Windy Hutabarat, Nuryunita Nainggolan, Amira Permatasari Tarigan, Putri Eyanoe
- Kapasitas Difusi Paru pada Penerbang Pesawat Tempur X di Madiun 39
Ririn Astuty Ningsih, Faisal Yunus, Triya Damayanti, Flora Ekasari, Sita Laksmi Andarini, Dicky Soehardiman, Ratnawati, Fathiyah Isbaniah, Erlang Samoedro
- Prevalens Diabetes Melitus Pada Pasien Penyakit Paru Obstruktif Kronik 48
Mariska Pangaribuan, Faisal Yunus, Triya Damayanti, Rochsismandoko
- ### Tinjauan Pustaka
- Karakteristik Iklim dan Pneumonia Anak: *Systematic Review* 58
Anni Fithriyatul Mas'udah, Terry Yuliana Rahadian Pristya

Kapasitas Difusi Paru pada Penerbang Pesawat Tempur X di Madiun

Ririn Astuty Ningsih, Faisal Yunus, Triya Damayanti, Flora Ekasari, Sita Laksmi Andarini, Dicky Soehardiman, Ratnawati, Fathiyah Isbaniah, Erlang Samoedro

Departemen Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia,
Rumah Sakit Umum Pusat Persahabatan, Jakarta

Abstrak

Latar Belakang: Penerbang bekerja di lingkungan ketinggian yang terpajan gaya G dan seiring peningkatan gaya Gz akan berbanding lurus dengan penurunan curah jantung dan oksigenasi otak. Hal ini terjadi akibat perubahan pertukaran gas di paru dalam kondisi hipergravitasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas difusi paru pada penerbang pesawat tempur serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Metode: Penelitian potong lintang yang dilaksanakan bulan Februari 2019 di Madiun. Penelitian dilakukan pada subjek laki-laki di instansi X Madiun. Jumlah sampel sebanyak 44 orang dipilih secara total sampling. Wawancara dilakukan untuk mengisi kuesioner data dasar, jam terbang dan lama berolahraga. Dilakukan pengukuran spirometri dan D_{LCO} dengan menggunakan alat pengukur spirometri dan D_{LCO} portable (Easyone™ Pro Lab).

Hasil: Penelitian ini mendapatkan hasil sebagian besar peserta (93,2%) memiliki nilai spirometri yang normal hanya 3 peserta (6,8%) mengalami kelainan obstruksi dan tidak didapatkan kelainan restriksi dengan nilai rerata VEP1 prediksi $103,3 \pm 10,60\%$ dan nilai median VEP1/KVP 84,5% dengan nilai minimum 63,5% dan nilai maksimum 92,5%. Pada uji D_{LCO} diperoleh hasil sebagian besar peserta (93,2%) memiliki nilai yang normal dan terdapat nilai D_{LCO} mengalami penurunan ringan pada 3 peserta (6,8%) pada kelompok perokok.

Kesimpulan: Nilai kapasitas difusi paru dan pemeriksaan spirometri pada penerbang secara umum normal. Terdapat sebagian kecil yang mengalami penurunan ringan namun tidak mempunyai hubungan yang bermakna antara parameter D_{LCO} dengan usia, IMT, jam terbang tempur, total jam terbang, menit olahraga dalam sepekan serta indeks Brinkman dan nilai parameter spirometri. (*J Respir Indo.* 2020; 40(1): 39-47)

Kata kunci: spirometri, uji D_{LCO} , penerbang tempur

Lung Diffusion Capacity of X Fighter Pilot in Madiun

Abstract

Background: Pilot works in the high environment that exposed by G force. Increasing G force led to linear decreases in cardiac output and blood oxygenation of the brain. Thus, likely due to decreased lung gas exchange capacity in hypergravity. This study aims to investigate the pulmonary diffusing capacity test among Fighter pilots in Madiun.

Methods: This study used cross sectional method conducted on February 2019 in Madiun. The total subjects consist of 44 Fighter pilots based on total sampling. Interview was done to fill out question about sociodemographic and smoking habit, flight hour data and physical fitness. Lung function measurement was done using portable spirometry and D_{LCO} equipment (Easyone™ Pro Lab).

Result: Spirometri result was found in the standard normal range in 41 subjects (93,2%) only 3 subject (6,8%) get obstruction abnormalities and none of them get restriction result. Average VEP₁ prediction was $103,3 \pm 10,60\%$ and median range for VEP1/KVP was 84,5(63,5-92,5) %.

Lung diffusion capacity measurement was found to be normal in 41 subject (93,2%) and to be deficient in 3 subject (6,8%) in smoker.

Conclusion: This study demonstrated that diffusion capacity and spirometry test in Fighter pilots generally in normal range. Lung diffusion capacity has no association with age, BMI, flight hour, physical fitness, Brinkman index and spirometry parameters. (*J Respir Indo.* 2020; 40(1): 39-47)

Keywords: Spirometry, Lung diffusion capacity test, Fighter pilot

Korespondensi: Ririn Astuty Ningsih

Email: rien_pk13@yahoo.com

PENDAHULUAN

Pengetahuan mengenai sistem respirasi memiliki peran penting di dunia militer berkaitan dengan peningkatan *stress* saat terbang dengan manuver dan pajanan lingkungan yang berlawanan dengan kondisi normal seperti ketinggian, akselerasi (gaya G) dan penyakit dekompresi.¹ Penerbang pesawat tempur menunjukkan gejala seperti *hypoxia like incidents* ditandai hilangnya kesadaran sesaat dan gangguan kognitif. Hal ini merupakan kondisi yang serius karena dapat menyebabkan penerbang dinonaktifkan. Pemeriksaan fungsi paru pada penerbang telah banyak dilakukan di darat seperti *rapid decompression* dalam ruang bertekanan dan peningkatan kecepatan gaya sentrifugasi. Pemeriksaan pertukaran gas saat terbang sampai saat ini tidak dapat dilakukan karena kurangnya peralatan.^{2,3}

Pesawat tempur modern memiliki karakteristik tampilan yang berbeda. Beberapa pesawat dapat terbang diatas Mach 1 dengan kecepatan maksimum melebihi Mach 2 serta terbang menanjak dengan ketinggian 40.000 kaki/menit dengan kecepatan 60.000 kaki. Pada pesawat dengan kemampuan seperti ini, kesadaran penerbang yang hilang sesaat akan sangat membahayakan. Insidens gangguan kognitif sesaat tidak sering terjadi namun menjadi perhatian serius pada pesawat yang melakukan manuver.²

Alagha pada tahun 2012 melakukan penelitian pada 30 penerbang pesawat tempur Iran dalam ruang latihan sejak tahun 1972 hingga 1984 dengan minimal 2000 jam terbang. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa usia berbanding terbalik dengan lama waktu munculnya hipoksia.⁴ Hipoksia pada ketinggian kurang dari 10.000 kaki (3.048 m) tidak menyebabkan gangguan pada awak pesawat. Namun kejadian hipoksia dilaporkan pada penerbangan kurang dari 10.000 kaki.⁵⁻⁷ Rohdin dkk tahun 2003 menyatakan peningkatan pertukaran gas saat posisi telungkup juga terjadi pada subjek sehat dengan insufisiensi paru akut dengan *gravity (G)-induced ventilation-perfusion mismatch*. Faktor

subjek dan hipergravitasi meningkatkan tekanan hidrostatik paru dan meningkatkan beban jantung.^{8,9}

Penerbang bekerja di lingkungan ketinggian yang terpajan gaya G dan seiring peningkatan gaya Gz akan berbanding lurus dengan penurunan curah jantung dan oksigenasi otak. Hal ini akibat perubahan pertukaran gas di paru dalam kondisi hipergravitasi.¹⁰ Efek bekerja di udara dan jumlah jam terbang terhadap fungsi paru belum diteliti secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efek bekerja di udara terhadap fungsi paru terutama nilai kapasitas difusi paru terhadap karbon monoksida (D_{LCO}) pada penerbang tempur. Pemeriksaan fungsi paru direkomendasikan untuk menilai secara dini kelainan yang terjadi pada paru dan diterapkan pada seluruh penerbang pesawat tempur militer di Madiun. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk mengambil tindakan atau keputusan dalam rangka penyusunan program peningkatan kualitas kesehatan awak pesawat dengan tujuan akhir tercapainya keamanan dan keselamatan terbang.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain potong lintang. Populasi penelitian adalah penerbang pesawat tempur Skadron X dan Y di Madiun pada 15 Februari hingga 2 Maret 2019. Sampel penelitian ini adalah bagian dari populasi terjangkau yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Besar sampel pada penelitian ini menggunakan teknik total sampling, setiap populasi terjangkau yang datang pada waktu pengambilan data diperiksa seluruhnya.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah semua penerbang pesawat tempur Skadron X dan Y di Madiun serta bersedia mengikuti penelitian dan menandatangani *informed consent*. Kriteria eksklusi adalah penerbang dengan penyakit komorbid seperti infeksi paru akut, penyakit kardiovaskular (hipertensi, penyakit jantung iskemik dan gagal jantung), diabetes melitus dan penyakit ginjal kronik, penerbang yang tidak mampu menyelesaikan pemeriksaan spirometri dan pengukuran kapasitas

difusi paru, menolak menandatangani *informed consent* atau sedang tugas terbang.

HASIL

Terdapat 44 subjek yang memenuhi syarat. Semua subjek berjenis kelamin laki-laki, rerata usia $28,68 \pm 4,83$, didominasi kelompok usia ≤ 35 tahun dan sebagian besar subjek dengan masa kerja ≤ 10 tahun. Pengukuran indeks massa tubuh (IMT) dengan kriteria WHO untuk wilayah Asia Pasifik dan tidak didapatkan subjek yang obesitas. Kelompok yang merokok dan yang tidak merokok memiliki jumlah seimbang masing masing 22 subjek (50%). Subjek penelitian yang merokok dievaluasi lagi tingkat keparahannya dengan indeks Brinkman (IB) didapatkan bahwa subjek penelitian dengan IB ringan lebih 19 (43,2%) sedangkan indeks Brinkman sedang 3 (6,8%). Karakteristik umum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Umum Subjek Penelitian

Variabel	N (%)	Rerata \pm SD
Jenis kelamin		
Perempuan	0 (0,0%)	-
Laki-laki	44 (100,0%)	-
Usia		28,68 \pm 4,83
≤ 35 tahun	38 (86,4%)	-
>36 tahun	6 (13,6%)	-
Pendidikan		
Diploma	42 (95,5%)	-
S2	2 (4,5%)	-
Status merokok		
Ya	22 (50,0%)	-
Tidak	22 (50,0%)	-
Indeks Brinkman		
Ringan	19 (43,2%)	-
Sedang	3 (6,8%)	-
Masa kerja		
≤ 10 tahun	35 (79,5%)	-
>10 tahun	9 (20,5%)	-
Berat Badan		
Normal	20 (45,5%)	-
Berlebih	24 (54,5%)	-
Hemoglobin	-	15,2 \pm 0,69
Nadi	-	81,8 \pm 8,79
Tekanan darah	-	122 \pm 10,6

Ket: S2=magister

Pemeriksaan pada subjek penelitian lebih banyak dilakukan pada saat sebelum terbang. Sebelum terbang dengan pesawat tempur, subjek penelitian akan menjalani pendidikan terbang dengan pesawat latihan non tempur dengan nilai rerata $255,52 \pm 172,49$ jam sementara nilai rerata jam terbang tempur $717,35 \pm 875,5$ jam.

Kondisi stamina subjek dilihat dari lamanya olahraga subjek dalam sepekan dengan nilai rerata $222,16 \pm 124,91$ menit dengan mayoritas lebih dari 120 menit. Variasi olahraga yang dilakukan lebih banyak berlari. Titik potong waktu sadar efektif (WSE) penelitian ini mengambil angka 2 sebagai batas minimal cukup (Tabel 2).

Tabel 2. Karakteristik Terbang Subjek Penelitian

Variabel	N (%)	Rerata \pm SD (jam/menit)
Waktu pemeriksaan		
Sebelum terbang	0 (68,2%)	-
Setelah terbang	14 (31,8%)	-
Jam terbang		
Non-tempur	-	255,52 \pm 172,49
Tempur	-	717,35 \pm 875,5
Total jam terbang	-	972,7045 \pm 1001,7
≥ 1000 jam	16 (36,4%)	-
<1000 jam	28 (63,6%)	-
Menit olahraga sepekan	-	222,16 \pm 124,91
≥ 180 menit	22 (50,0%)	-
<180 menit	22 (50,0%)	-
WSE		
≥ 2 menit	39 (88,6%)	-
<2 menit	5 (11,4%)	-

Ket: WSE= waktu sadar efektif

Berdasarkan statistik deskriptif umum yang diperlihatkan tabel 3, nilai spirometri dalam batas normal namun jika dianalisis terdapat 3 subjek (6,8%) yang mengalami obstruksi ($VEP_1/KVP < 0,75$) dan tidak terdapat kelainan restriksi pada subjek yang diperiksa. Tabel 3 juga menunjukkan karakteristik pemeriksaan uji D_{LCO} yang sebagian besar dalam batas normal dengan nilai median $30,5(18,2-42,3)$ namun terdapat penurunan nilai D_{LCO} (% D_{LCO} prediksi <76%) pada 3 subjek (6,8%).

Pada penelitian ini tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara parameter D_{LCO} dengan usia, IMT, indeks Brinkman, jam terbang tempur, total jam terbang, kadar hemoglobin, WSE, masa kerja, menit olahraga dalam sepekan serta nilai spirometri setelah dilakukan uji Korelasi Spearman (Tabel 4).

Analisis bivariat dilakukan antara variabel biner spirometri, biner terbang dan variabel tambahan dengan hasil uji D_{LCO} menggunakan uji *Fishers' Exact* (Tabel 5). Terdapat 3 subjek penelitian dengan gambaran obstruksi memiliki kapasitas difusi paru yang normal. Sebaliknya subjek yang mengalami penurunan nilai uji D_{LCO}

sebanyak 3 orang memiliki nilai spirometri yang normal dan terjadi pada kelompok dengan rentang usia ≤35 tahun. Tidak terdapat hubungan yang bermakna antara penurunan nilai DLCO dengan hasil spirometri ($P>0,05$). Berdasarkan hasil spirometri dan uji DLCO didapatkan sebanyak 3 subjek (6,8%) obstruksi dan menurun, sedangkan 41 subjek (93,2%) memiliki hasil yang normal.

Tabel 3. Fungsi Paru Berdasarkan Spirometri dan Uji DLCO

Variabel	Rerata±SD	Median (Min-Maks)
Fungsi Paru Berdasarkan Spirometri		
KV (L)	4,35±0,57	-
KV prediksi (%)	-	104,9 (83-128)
KVP (L)	4,34±0,52	-
KVP prediksi (%)	104,7±8,86	-
APE (%)	-	90,5 (48-125)
VEP ₁ (L)	3,6±0,5	-
VEP ₁ prediksi (%)	103,3±10,60	-
VEP ₁ /KVP (%)	-	84,5 (63,5-92,5)
FEF _{25-75%} (L/detik)	-	4,06 (1,38-6,28)
KI (L)	2,9±0,5	-
VT (L)	0,9±0,3	-
Fungsi Paru Berdasarkan Uji DLCO		
DLCO absolut (mL/menit/mmHg)	-	30,5 (18,2-42,3)
DLCO prediksi (%)	-	90,5 (66-116)
VA prediksi (%)	88,9±7,71	-

Ket: KV=kapasitas vital; KVP=kapasitas vital paksa; APE=arus puncak respirasi; VEP₁=volume ekspirasi paksa detik pertama; FEF=forced expiratory flow; KI=kapasitas respirasi; VT=volume tidal; DLCO=kapasitas difusi paru terhadap karbon monoksida; VA=volume alveolar.

Tabel 4. Analisis Bivariat Nilai DLCO dengan Variabel Numerik

Variabel	Korelasi Spearman	P
Usia	0,166	0,281
IMT	-0,059	0,702
Indeks Brinkmann	-0,139	0,368
Jam terbang tempur	0,143	0,356
Total jam terbang	0,224	0,144
Kadar hemoglobin	0,136	0,377
WSE	0,038	0,805
Frekuensi nadi	-0,247	0,105
Masa kerja (tahun)	0,192	0,212
Olahraga sepekan	0,057	0,715
KV	0,057	0,714
KVP	0,076	0,625
VEP ₁	0,051	0,744
KPT	0,259	0,089
FEF _{25-75%}	-0,196	0,006
%VEP ₁ prediksi	0,142	0,361
%APE prediksi	0,043	0,782
%KV prediksi	0,149	0,335
%KVP prediksi	0,171	0,267

Ket: IMT=indeks massa tubuh; WSE=waktu sadar efektif; KV=kapasitas vital; KVP=kapasitas vital paksa; VEP₁=volume ekspirasi paksa detik pertama; FEF=forced expiratory flow; KPT=kapasitas paru total; APE=arus puncak respirasi.

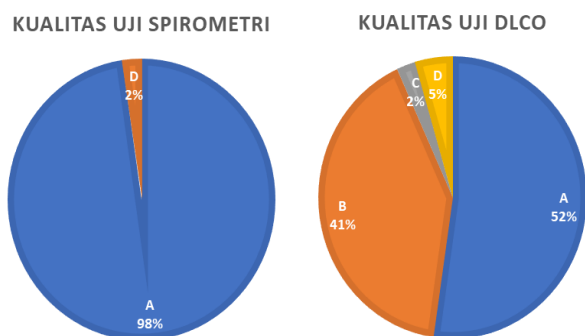
Nilai DLCO menurun pada 2 subjek yang diperiksa sebelum terbang dan dengan variabel jam non tempur. Tidak terdapat hubungan yang bermakna antara waktu pemeriksaan, jumlah jam terbang dan jenis jam terbang terhadap insidens penurunan nilai uji DLCO ($P>0,05$).

Tabel 5. Analisis Bivariat antara Variabel Biner Spirometri, Biner Terbang, dan Variabel Tambahan dengan Hasil Uji DLCO

Variabel	DLCO		P
	Normal	Menurun	
Biner Spirometri			
Usia (tahun)			0,64
≤35	35 (79,5%)	3 (6,8%)	
>36	6 (13,7%)	0 (0,0%)	
VEP ₁ /KVP (%)			1,00
≥0,75	38 (86,4%)	3 (6,8%)	
<0,75	3 (6,8%)	0 (0,0%)	
%VEP ₁ prediksi			0,87
≥0,80	39 (88,6%)	3 (6,8%)	
<0,80	2 (4,5%)	0 (0,0%)	
%KV prediksi			-
>0,8	41 (91,2%)	3 (6,8%)	
<0,8	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
Biner Terbang			
Waktu periksa (menit)			1,00
Pra-terbang	28 (63,6%)	2 (4,5%)	
≤120	9 (20,4%)	0 (0,0%)	
>120	4 (9,1%)	1 (2,3%)	
Jumlah jam terbang total			0,74
≥1000 jam	15 (34,1%)	1 (2,3%)	
<1000 jam	26 (59,1%)	2 (4,5%)	
Jenis jam terbang			1,00
Non-tempur	21 (47,7%)	2 (4,5%)	
Tempur	20 (45,4%)	1 (2,3%)	
Variabel Tambahan			
Status merokok			0,12
Merokok	19 (43,2)	3 (6,8%)	
Tidak merokok	22 (50,0)	0 (0,0%)	
Keluhan batuk			0,46
Batuk	7 (16,0%)	1 (2,3%)	
Tidak batuk	34 (77,2%)	2 (4,5%)	
Tekanan darah			0,30
Sistolik ≥130	14 (31,8%)	0 (0,0%)	
Sistolik <130	27 (61,4%)	3 (6,8%)	
Status gizi			0,31
IMT ≥23	37 (84,1%)	2 (4,5%)	
IMT <23	4 (9,1%)	1 (2,3%)	
Olahraga/minggu			0,50
≥180 menit	21 (47,7%)	1 (2,3%)	
<180 menit	20 (45,4%)	2 (4,5%)	
Masa kerja			0,60
≥10 tahun	9 (20,5%)	0 (0,0%)	
<10 tahun	35 (79,5%)	3 (6,8%)	

Ket: KV=kapasitas vital; KVP=kapasitas vital paksa; VEP₁=volume ekspirasi paksa detik pertama; IMT=indeks massa tubuh; DLCO=kapasitas difusi paru terhadap karbon monoksida.

Pemeriksaan spirometri dan DLCO yang dilakukan terhadap 44 subjek penelitian diperoleh dengan hasil kualitas pemeriksaan mayoritas A (97,73%) sisanya kualitas D (2,27%) hal ini dapat disebabkan karena faktor terlalu lelah akibat aktivitas yang cukup padat dan kondisi yang kurang prima.



Gambar 1. Diagram Kualitas Uji Spirometri dan DLCO

Pemeriksaan spirometri dan DLCO yang dilakukan terhadap 44 subjek penelitian diperoleh dengan hasil kualitas pemeriksaan mayoritas A (97,73%) sisanya kualitas D (2,27%) hal ini dapat disebabkan karena faktor terlalu lelah akibat aktivitas yang cukup padat dan kondisi yang kurang prima.

PEMBAHASAN

Skadron merupakan tempat pelatihan dan pendidikan terbang lanjutan sehingga didominasi penerbang yang baru menyelesaikan pendidikan dasar penerbangan. Pada penelitian ini didapatkan terbanyak di rentang usia ≤ 35 tahun. Penelitian Alagha dkk pada 30 penerbang tempur Iran dalam ruang latih bertekanan menyimpulkan usia berbanding terbalik dengan waktu timbulnya gejala hipoksia karena semakin tua usia seseorang maka terjadi konstiksi progresif sistem homeostasis setiap organ sehingga memperlambat proses penyembuhan.¹¹

Pada penelitian ini tidak ditemukan subjek yang obesitas. Orang dengan obesitas lebih berisiko terjadi penurunan fungsi paru akibat restriksi yang disebabkan akumulasi lemak abdomen atau obesitas sentral (gangguan ventilasi-perfusi).¹² Penelitian Sucipta dkk juga tidak mendapatkan subjek obesitas.¹³ Penerbang dengan nilai IMT obesitas akan menjalani *grounded* dan dilakukan pembinaan fisis optimal sampai IMT $< 23 \text{ m}^2/\text{kgBB}$.

Pemeriksaan fungsi paru pada penelitian ini lebih banyak dilakukan pada subjek sebelum terbang. Sebaran subjek berdasarkan masa bekerja lebih

banyak < 10 tahun. Variabel olahraga dalam sepekan diperoleh melalui kuisioner dengan nilai rerata $222,16 \pm 124,91$ menit. Hasil penelitian kami menggunakan titik potong 180 menit per minggu mengingat latihan fisis subjek 2 sampai 3 kali dalam seminggu dengan rerata waktu 1 jam.

Sucipta dkk melakukan penelitian pada penerbang dengan membagi lama olahraga sepekan dengan nilai baik sebanyak 93(77,5%) dan memuaskan jika lebih dari 75 menit per minggu sebanyak 27(22%). Sucipta dkk membagi masa kerja < 10 tahun 71(59,2%), masa kerja ≥ 10 tahun 49(40,8%) sedangkan total jam terbang dibagi menjadi < 1000 jam 68(56,7%) dan ≥ 1000 jam sebanyak 52(43,3%).¹³

Hasil penelitian kami berbeda dengan Sucipta dkk karena jumlah sampel yang berbeda dan sampel peneliti khusus pada penerbang tempur yang jumlah penerbangnya memang lebih sedikit sementara Sucipta dkk menggabungkan jenis pesawat angkut dan helikopter. Jumlah jam terbang pada penelitian ini tidak terlalu tinggi karena penerbang yang berada di skadron sebagian besar penerbang muda dan menengah yang selanjutnya akan pindah menempati jabatan strategis di luar skadron.

Tidak terdapat kelainan restriksi pada penelitian ini. Terdapat 3 subjek (6,8%) dengan kelainan obstruksi. Hal ini berbeda dengan penelitian Vedala dkk yang membandingkan nilai fungsi paru pada subjek biasa dengan atlet didapatkan nilai rerata %KVP atlet lebih tinggi yaitu $88,0 \pm 12,8\%$, nilai VEP_1 $86,8 \pm 22,0\%$, nilai APE $93,0 \pm 12,8\%$ dan rasio KVP/VEP_1 $92,1 \pm 4,4\%$.¹⁴

Nilai spirometri penelitian kami lebih tinggi dibanding penelitian Vedala dkk karena tingkat kebugaran dipengaruhi kepatuhan subjek terhadap program latihan fisis serta lingkungan militer padat akan kegiatan fisis yang cukup berat. Proses inspirasi dan ekspirasi paksa selama latihan memperkuat otot respirasi yang akan memperbaiki proses mengembang dan mengempisnya paru.¹⁴ Ilmi dkk meneliti faal paru pada penyelam militer dengan hasil nilai KV $3,840 \pm 468 \text{ mL}$ dengan nilai KVP $3,683 \pm 397 \text{ mL}$, nilai VEP_1 $3,377 \pm 399 \text{ mL}$, nilai

VEP₁/KVP 87,3±3,45% nilai APE awal 9,15±1,04 L/detik. Nilai FEF_{25%} 7,36±1,21 L/detik dan nilai FEF_{75%} 1,92±0,57 L/detik.¹⁵

Nilai KVP, VEP₁ dan FEF_{25-75%} memiliki korelasi negatif terhadap IMT dan persentase lemak tubuh pada kelompok laki-laki. Indeks massa tubuh dan persentase lemak tubuh memiliki korelasi negatif terhadap KVP dan VEP₁ pada kelompok berat badan berlebih. Penelitian Lad dkk pada subjek sehat antara usia 18-21 tahun mendapatkan hasil rerata KVP dan VEP₁ lebih rendah pada kelompok berat badan kurang dan berat badan berlebih dan nilai FEF_{25-75%} yang rendah pada kelompok berat badan berlebih.¹²

Hasil uji D_{LCO} penelitian ini secara garis besar menunjukkan hasil yang normal namun terdapat penurunan ringan 3 orang (6,8%). Nilai median D_{LCO} absolut pada penerbang sebesar 30,5 ml/menit/mmHg dengan nilai minimum 18,2 ml/menit/mmHg dan nilai maksimum 42,3 ml/menit/mmHg. Nilai median persentase D_{LCO} prediksi sebesar 90,5% dengan nilai minimum 66% dan maksimum 116%. Tidak diperoleh nilai D_{LCO} yang tinggi (>140%).

Penelitian Garcia dkk pada populasi Amerika Latin yang tinggal di ketinggian dengan 58,3% subjek berjenis kelamin perempuan menghasilkan nilai D_{LCO} 30,4±9,3 mL/menit/mmHg. Nilai D_{LCO} akan meningkat di daerah ketinggian sesuai tinggi, berat badan serta hemoglobin dan akan menurun seiring dengan pertambahan usia. Perlu dilakukan penyesuaian nilai D_{LCO} dengan kadar hemoglobin dan ketinggian.¹⁶

Penelitian ini tidak menemukan hubungan yang bermakna antara parameter D_{LCO} dengan usia, IMT, jam terbang tempur, total jam terbang, lama dinas, olahraga dalam sepekan, indeks Brinkman, VEP₁ dan VEP₁/KVP. Hasil ini berbeda dengan penelitian Ahsan dkk terhadap efek merokok pada pilot Angkatan Udara Bangladesh dengan jumlah 190 subjek yang mendapatkan hubungan yang bermakna secara statistik antara jumlah rokok, lama merokok dan gangguan fisis pada pilot yang merokok ($P<0,05$). Pilot yang merokok lebih dari 10

batang/hari selama lebih dari 10 tahun mengalami gangguan fisis sedang hingga berat.

Penelitian Ahsan dkk menyimpulkan merokok berakibat buruk terhadap sistem tubuh manusia. Merokok mengganggu kemampuan toleransi terhadap ketinggian, mempercepat mengalami hipoksia dan gangguan kemampuan penglihatan malam.¹⁷

Subjek yang mengalami penurunan nilai D_{LCO} sebanyak 3 orang pada penelitian kami memiliki karakteristik bervariasi dengan nilai WSE tidak ada yang kurang dari 2 menit, kadar Hb >12 gr/dL, indeks Brinkman ringan, 2 subjek dengan berat badan berlebih (IMT>23 kg/m²) dan pemeriksaan D_{LCO} dengan kualitas A. Kapasitas difusi menurun pada kondisi penurunan luas permukaan pertukaran gas atau penurunan volume darah kapiler, misalnya pada kondisi emfisema, penyakit paru interstisial dan penyakit paru vaskular. Kapasitas difusi tidak mengalami penurunan pada gangguan saluran napas yang tidak melibatkan parenkim paru seperti asma atau bronkitis kronis.¹⁸ Penelitian Rochat 2013 menunjukkan bahwa subjek dengan *common cold* tidak memberikan perbedaan nilai spirometri dibanding kelompok yang sehat.¹⁹

Penelitian Tzani dkk pada kelompok perokok dan bukan perokok mendapatkan nilai T_{LCO} kelompok perokok lebih rendah secara bermakna dibanding kontrol dengan nilai T_{LCO} prediksi 79±10% dan 101±31% ($P<0,05$). Pada kelompok perokok nilai persentase T_{LCO} berkorelasi terhadap beban kerja ($r=0,637$; $P<0,05$), VO₂ maks ($r=0,546$; $P<0,05$) dan saturasi oksigen saat latihan ($r=0,663$; $P<0,01$).²⁰

Rokok menyebabkan gangguan sirkulasi oksigen. Saat pembakaran rokok, dilepaskan partikel yang meningkatkan resistensi saluran napas dan menurunkan kapasitas difusi oksigen membran alveolar kapiler. Karbonmonoksida berikatan dengan hemoglobin 225 kali lebih kuat dari oksigen menyebabkan kurva disosiasi oksihemoglobin bergeser ke kiri (penurunan P₅₀) terjadi penurunan pelepasan oksigen ke jaringan akibat peningkatan CO.²⁰

Pada penelitian kami, subjek yang mengalami penurunan nilai uji D_{LCO} ternyata memiliki nilai spirometri normal dan terjadi pada kelompok dengan rentang usia ≤ 35 tahun dan pada kelompok perokok. Tidak terdapat hubungan yang bermakna antara nilai D_{LCO} dengan hasil spirometri ($P > 0,05$). Hal ini dapat terjadi karena pemeriksaan spirometri mendeteksi kelainan pada saluran napas sementara pemeriksaan D_{LCO} mendeteksi kelainan selain saluran napas. Penurunan nilai D_{LCO} yang terdapat pada 3 subjek tersebut termasuk dalam kategori penurunan ringan. Hal ini mungkin disebabkan usia subjek masih muda dan kegiatan terbang antara 2 sampai 3 kali dalam sehari dengan lama terbang lebih kurang 1 jam sehingga terbang dalam periode yang singkat belum memberikan kelainan pada proses difusi.

Proses difusi O_2 dimulai dari alveolus menuju eritrosit dan difusi CO_2 dari arah sebaliknya melalui beberapa lapisan membran pernapasan yaitu surfaktan, lapisan epitel alveolus, sel epitel membran basal alveolar, sel epitel membran basal endotel kapiler, endotel kapiler, plasma kapiler, membran eritrosit dan cairan intrasel eritrosit sampai molekul Hb.²¹

Namun pada penelitian ini tidak dilakukan pemeriksaan lanjutan untuk mendeteksi kelainan vaskular sehingga diperlukan pemeriksaan lebih lanjut seperti pemeriksaan vaskuler paru atau *ventilation perfussion scan*. Salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas difusi adalah kadar hemoglobin. Namun pada penelitian ini kami mendapatkan nilai rerata hemoglobin subjek penelitian normal dan tidak terdapat hubungan yang bermakna antara nilai D_{LCO} dengan Hb.

Hughes dkk menyatakan bahwa nilai *coefficient carbon monoxide* (KCO) tertinggi ditemukan pada populasi sebelum usia pubertas karena kapiler paru berkembang lebih awal dibanding volume alveolar. Penurunan nilai KCO pada populasi dewasa akibat perubahan mikrovaskulatur dan karena hilangnya elastisitas paru akibat penuaan. Terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara tinggi badan dengan nilai

KCO disebabkan perfusi apeks paru lebih rendah dengan posisi berdiri pada orang yang lebih tinggi akibat gaya gravitasi.²²

Pada penelitian ini tidak terdapat hubungan antara parameter D_{LCO} dengan lama olahraga dalam sepekan. Menurut Hughes dkk selama latihan terjadi kenaikan nilai D_{LCO} , hal ini pertama dinyatakan oleh M. Krogh tahun 1915. Saat latihan terjadi peningkatan arteri pulmoner sehingga meningkatkan aliran darah pulmoner, pembesaran kapiler pulmoner dan terjadi peningkatan pembuluh darah alveolar. Kondisi ini meningkatkan volume kapiler (V_c) dan kapasitas membran difusi (D_m). Saat latihan dengan nilai VA yang konstan maka V_c/VA meningkat demikian pula D_m/VA karena distensi vaskular meningkatkan luas permukaan alveolar untuk pertukaran gas.²²

Penelitian yang dilaksanakan dengan populasi dan sampel penerbang militer berjalan lancar sesuai yang diharapkan tetapi masih terdapat keterbatasan. Penelitian ini merupakan penelitian dengan desain potong lintang sehingga menggambarkan hasil sesaat. Subjek penelitian merupakan anggota aktif sehingga penelitian dilakukan menyesuaikan kegiatan kesatuan dari 47 subjek. Hanya 44 subjek yang dapat menyelesaikan pemeriksaan sisanya terputus karena tugas terbang. Penelitian ini tidak melibatkan subjek kontrol dan tidak dilakukan uji bronkodilator pada subjek dengan kelainan obstruksi serta pemeriksaan HRCT dan *ventilation-perfussion scan* pada subjek yang mengalami penurunan nilai D_{LCO} .

KESIMPULAN

Nilai median D_{LCO} absolut pada penerbang sebesar 30,5 ml/menit/mmHg. Nilai median persentase D_{LCO} prediksi sebesar 90,5% dengan nilai minimum 66% dan maksimum 116%. Tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara parameter D_{LCO} dengan usia, IMT, jam terbang tempur, total jam terbang, menit olahraga dalam sepekan, tekanan darah, kadar hemoglobin serta indeks Brinkman. Tidak terdapat hubungan yang bermakna antara nilai VEP_1 , VEP_1/KVP dan KV

terhadap nilai DLCO.

Dari hasil penelitian ini disarankan perlunya pemeriksaan DLCO dan HRCT selain spirometri pada saat tes kesehatan penerimaan anggota baru. Sebaiknya subjek yang mengalami penurunan nilai DLCO melakukan pemeriksaan lanjutan seperti pemeriksaan vaskular paru dan *lung perfusion scan* untuk mengetahui kelainan lebih lanjut sementara subjek dengan kelainan obstruksi perlu dilakukan pemeriksaan uji bronkodilator. Penelitian kapasitas difusi pada penerbang yang diperiksa sebelum dan tepat setelah melakukan pendaratan terbang. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna menilai kapasitas difusi penerbang dan non penerbang disertai pemeriksaan hemoglobin dan foto toraks dalam waktu yang bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Schwarz YA, Erel J, Davidson B, Caine Y, Baum GL. An algorithm for pulmonary screening of military pilots in Israel. *Chest*. 1997;111:916-21.
- West JB. A strategy for inflight measurements of physiology of pilots of high performance fighter aircraft. *J Appl Physiol*. 2013;115:145-9.
- Sanches BA, Teran MD, Clemente Suarez VJ. Psychophysiological response of different aircrew in normobaric hypoxia training. *Ergonomics*. 2018;62(2):277-85.
- Alagha B, Ahmadbeigy S, Moosavi SAJ, Jalali SM. Hypoxia symptoms during altitude training in professional Iranian fighter pilots. *Air Medical Journal*. 2012;31:28-32.
- Nishi S. Effects of altitude-related hypoxia on aircrews in aircraft with unpressurized cabins. *Mil Med J*. 2011;176:79.
- Legg SJ, Gilbey A, Hill S, Raman A, Dubray A, Iremonger G, et al. Effects of mild hypoxia in aviation on mood and complex cognition. *J Aergo*. 2015;10:1-7.
- Neuhaus C, Hinkelbein J. Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training. *Psychol Res Behav Manag*. 2014;7:297-302.
- Rohdin M, Sundblad P, Petersson J, Mure M, Glenn RW, Lindahl SGE, et al. Effect of gravity on lung diffusing capacity and cardiac output in prone and supine humans. *J Appl Physiol*. 2003;95:3-10.
- Öztürk C, Savaş M, İlbasmış, Akin A. Cardiac responses to long duration and high magnitude +Gz exposure in pilots: An observational study. *Anadolu Kardiyol Derg*. 2012;12:668-74.
- Kowalczyk K, Puchalska L, Sobotnicki A, Czerw M, Janewicz M, Wylezol M, et al. Effect of gradual onset +Gz on hemodynamic parameters and brain oxygenation in military pilots: preliminary study. *Pol J Aviat Med Bioeng Psychol*. 2016;22(3):5-11.
- Alagha B, Ahmadbeigy S, Moosavi SAJ, Jalali SM. Hypoxia symptoms during altitude training in professional Iranian fighter pilots. *Air Med J*. 2012;05:1-5.
- Lad UP, Jaltade VG, Lad SS, Satyanarayana P. Correlation between body mass index (BMI), body fat percentage and pulmonary functions in underweight, overweight and normal weight adolescents. *J Clin Diagn Res*. 2012;6:350-3.
- Sucipta IJ, Adi NP, Kaunang D. Relationship of fatigue, physical fitness and cardiovascular endurance to the hypoxic response of military pilots in Indonesia. *J Phys*. 2018;1073:1-8.
- Vedala SR, Paul N, Mane AB. Differences in pulmonary function test among the athletic and sedentary population *Natl J Physio Pharmacol*. 2013;3:118-23.
- Ilmi MI, Yunus F, Damayanti T, Suryokusumo MG. Comparison of lung function values of trained divers in 1.5 ATA hyperbaric chamber after inhaling 100% oxygen and regular air: A crossover study. *Adv Respir Med*. 2017;85:233-8.
- Vázquez-García JC, Pérez-Padilla R, Casas A, Schönfeldt-Guerrero P, Pereira J, Vargas-Domínguez C, et al. Reference values for the diffusing capacity determined by the single-breath technique at different altitudes: The Latin American single-breath diffusing capacity

- reference project. *Respir Care*. 2016;61:1217-22.
17. Ahsan MA, Munir UR, Ahmad M, Shahidullah M. Effects of smoking on pilots of Bangladesh air force in Dhaka area. *Armed Forces Med J*. 2016;12:22-7.
 18. Weinberger SE, Cockrill BA, Mandel J. Evaluation of the patient with pulmonary disease. Dalam: *Principles of pulmonary medicine*. Philadelphia: Elsevier, 2018. p.30-64.
 19. Rochat MK, Laubender RP, Kuster D, Braendli O, Moeller A, Mansmann U, et al. Spirometry reference equations for central European populations from school age to old age. *PLoS ONE*. 2013;8(1):1-9
 20. Tzani P, Aiello M, Colella M, Verduri A, Marangio E, Olivieri D, et al. Lung diffusion capacity can predict maximal exercise in apparently healthy heavy smokers. *J Sports Sci Med*. 2008;7:229-34.
 21. Jardin TD. The diffusion of pulmonary gases. In: Esperti CL, ed. *Cardiopulmonary anatomy and physiology: Essentials for respiratory care*. 4th ed. Columbia: Delmar Thomson Learning; 2002.p.117-41.
 22. Hughes JMB, Pride NB. Examination of the carbon monoxide diffusing capacity (DLCO) in relation to its KCO and VA components. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012;186:132-9.