

## Efek Sesaat Polusi Udara (PM<sub>2.5</sub>) Terhadap FVC dan FEV<sub>1</sub> pada Individu yang Sehat

### *Short-Term Effects of Air Pollution on FVC and FEV<sub>1</sub> in Healthy Individuals*

Samsul Bahri<sup>1</sup>, Imam Safei<sup>1</sup>, Haryo Satriyo Tomo<sup>2</sup>, Didi Sunadi<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Magister Keolahragaan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

#### Abstrak

Kebiasaan individu yang berolahraga di area dekat dengan perkotaan sudah menjadi kebutuhan untuk meningkatkan kesehatan masing-masing. Namun disisi lain efek dari polusi udara menjadi permasalahan penting untuk menyeimbangkan antara manfaat dan resiko dalam berolahraga di area yang berpolusi. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek sesaat polusi udara terhadap FVC dan FEV<sub>1</sub> pada individu yang sehat. Penelitian ini menggunakan eksperimen semu dengan pendekatan *One group pretest-posttest design*. 8 subjek dipilih dengan kriteria inklusi yang sudah ditentukan. rata-rata usia  $19,87 \pm 1,24$  tahun; tinggi,  $166,81 \pm 6,31$  cm; dan berat,  $56,30 \pm 3,79$  kg; FAT,  $12,95 \pm 2,76$  %; BMI,  $20,06 \pm 0,95$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingginya tingkat polusi udara sejalan dengan penurunan pada FVC dan FEV<sub>1</sub>. Dengan tidak adanya penegakan peraturan lingkungan yang berarti untuk meredam pertumbuhan industrialisasi dan urbanisasi, kualitas udara akan terus memburuk, membuat para atlet semakin terpapar oleh polusi udara. Dengan demikian, inisiatif kesehatan masyarakat berskala besar, termasuk penelitian epidemiologis yang diperluas, diperlukan untuk melindungi populasi dan kebiasaan individu maupun masyarakat umum dalam berolahraga di luar ruangan khusus nya di stadion atau alun-alun yang dekat dengan perkotaan.

**Kata kunci:** kapasitas vital paru, polusi udara, olahraga.

#### Abstract

*Habits of individuals who exercise in areas close to urban areas had become a necessity to improve their health. On the other hand, the effects of air pollution are important issues to balance the benefits and risks in exercising in polluted areas. Thus the aimed of this study was to determine the momentary effects of air pollution on FVC and FEV<sub>1</sub> in healthy individuals. This research uses quasi-experimental with One group pretest-posttest design approach. 8 subjects were selected with predetermined inclusion criteria. average age of  $19.87 \pm 1.24$  years; height,  $166.81 \pm 6.31$  cm; and weight,  $56.30 \pm 3.79$  kg; FAT,  $12.95 \pm 2.76\%$ ; BMI,  $20.06 \pm 0.95$ . The results showed that the high level of air pollution is in line with the decrease in FVC and FEV<sub>1</sub>. In the absence of meaningful enforcement of environmental regulations to curb the growth of industrialization and urbanization, air quality will continue to deteriorate, leaving athletes increasingly exposed to air pollution. Thus, large-scale public health initiatives, including expanded epidemiological research, are needed to protect the population and habits of individuals and the general public in exercising outdoors in special stadiums or squares close to urban areas.*

**Keywords:** vital lung capacity, air pollution, exercise.

## PENDAHULUAN

Paparan polusi udara saat ini merupakan salah satu resiko kesehatan lingkungan terpenting di dunia dan telah dikaitkan dengan berbagai efek kesehatan termasuk gangguan fungsi paru, penyakit pernafasan, kanker, kardiovaskular, aterosklerosis, bahkan kematian dini (Auchincloss et al., 2008). Polusi udara yang menjadi perhatian saat ini yaitu PM<sub>2.5</sub> (*particulate metter*). PM<sub>2.5</sub> adalah campuran partikel padat dan cair yang tersuspensi di udara yang sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dalam proses pemanasan, pembangkit listrik, dan pengoperasian kendaraan bermotor (Xing, Xu, Shi, & Lian, 2016). Paparan jangka panjang dari polusi udara selama bertahun-tahun dapat menyebabkan peningkatan laju penurunan fungsi paru-paru pada orang dewasa yang tidak merokok, khususnya pada lansia (Sinharay et al., 2018) dan pada individu dengan Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) (McCreanor et al., 2007).

Ada banyak bukti yang mendokumentasikan tentang efek jangka panjang dan jangka pendek yang disebabkan oleh polusi udara termasuk penurunan FVC dan FEV<sub>1</sub> pada orang yang sehat (Gauderman et al., 2008). Kebiasaan individu yang berolahraga di area yang dekat dengan perkotaan seperti stadion dan alun-alun sudah menjadi kebutuhan pribadi dengan tujuan untuk menjaga kesehatan. Namun, disisi lain berolahraga juga dapat meningkatkan laju pernafasan, Sehingga apabila hal tersebut dilakukan pada area yang terpapar oleh polusi udara maka akan berdampak negative bagi kesehatan tubuh manusia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Tingginya tingkat polusi udara dapat menyebabkan penurunan konsumsi oksigen maksimal (VO<sub>2max</sub>) hal ini dikarenakan rendahnya tingkat transportasi oksigen dari alveoli paru (Oliveira et al., 2006).

Dampak polutan terhadap olahraga sangat berpengaruh satu sama lainnya. Hal ini terbukti daripada tindakan pemerintah Indonesia pada perhelatan Asian game 2018, yang melakukan sterilisasi udara terhadap polutan dengan cara mengurangi arus mobilitas kendaraan pada saat sebelum dan ketika perhelatan berlangsung. Tentunya hal tersebut dilakukan dengan tujuan yang baik untuk mencegah terjadinya efek negative terhadap performance athlete yang disebabkan oleh polutan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lin et

al., 2014) yang mengatakan bahwa program mitigasi pencemaran udara selama Asian Games 2010 di Guangzhou mengurangi mortalitas dari total penyakit non-aksidental, kardiovaskular dan pernapasan, yang mungkin terutama disebabkan oleh pengurangan konsentrasi polutan partikulat udara. Temuan ini mendukung upaya untuk mengurangi polusi udara dan meningkatkan kesehatan masyarakat melalui pembatasan transportasi dan pembatasan emisi industri.

Manfaat dan resiko berolahraga di area yang terpapar oleh polusi udara harus dibandingkan. Hal ini bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh yang di timbulkan oleh polusi udara terhadap kesehatan tubuh manusia termasuk gangguan fungsi paru pada individu yang sehat. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek jangka pendek yang disebabkan oleh polusi udara terhadap FVC dan FEV<sub>1</sub> pada individu yang sehat. Penelitian ini diharapkan menjadi parameter bagaimana kondisi lingkungan berpengaruh terhadap individu yang sehat.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan metode *quasi experimental* dengan pendekatan one group pretest-posttest design. Subjek dalam penelitian ini terdiri dari 8 Mahasiswa FPOK UPI Bandung dengan rata-rata usia  $19,87 \pm 1,24$  tahun; tinggi,  $166,81 \pm 6,31$  cm; dan berat,  $56,30 \pm 3,79$  kg; FAT,  $12,95 \pm 2,76$  %; BMI,  $20,06 \pm 0,95$ . Para Subjek adalah atlet dari berbagai cabang olahraga. Kriteria subjek dalam penelitian ini diantaranya, tidak merokok, tidak memiliki riwayat penyakit kronis dan bersedia mengikuti penelitian dengan mengisi *informed consent* yang telah di sediakan. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 17-21 September 2019 dimana seluruh atlet di karantina selama masa penelitian berlangsung. Lokasi dalam penelitian ini dilakukan di Stadion UPI Bandung, lokasi tersebut dipilih karena sering digunakan oleh masyarakat umum untuk berolahraga.

Prosedur dalam penelitian ini yaitu subjek melakukan pengukuran awal (*pretest*) terhadap antropometri, dan kapasitas vital paru (FVC dan FEV<sub>1</sub>) dihari selanjutnya peserta melakukan treatment olahraga seperti jogging 15 menit dengan intensitas sedang ( $64-76$  % HR<sub>max</sub>) di Stadion UPI Bandung. Pada tahap terakhir setelah fase treatment dijalankan seluruh subjek melakukan *posttest* yaitu

berupa pengukuran kapasitas vital paru (FVC dan FEV<sub>1</sub>). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan hasil kapasitas vital paru pada saat *pretest* dan *posttest* setelah melakukan treatment.

### Analisis Data

Hasil data ditampilkan berupa rata-rata dan standar deviasi. peneliti menggunakan uji *One Sample T-Test* untuk melihat nilai rata-rata dari Usia, Tinggi badan, Berat badan, BMI dan Lemak sedangkan untuk variable polusi udara, FVC, dan FEV<sub>1</sub> peneliti menggunakan *oneway ANOVA* atau uji satu arah. Semua analisis statistik menggunakan aplikasi SPSS versi 22 dengan taraf signifikansi ( $p < 0.001$  atau  $p < 0.05$ ).

### HASIL

Data karakteristik antropometri atlet dapat dilihat pada table 1. Peneliti hanya mendeskripsikan data secara kuantitatif tanpa membandingkan variable. Selanjutnya, pada table 3 memperlihatkan bahwa nilai FVC dan FEV<sub>1</sub> pada saat *posttest* mengalami penurunan secara signifikan ( $p < 0.001$  untuk FVC) dan ( $p < 0.003$  untuk FEV<sub>1</sub>), jika di bandingkan dengan *pretest*. Hal ini juga sebandingkan dengan data polusi udara pada saat *pre test* dengan jumlah polutan PM<sub>2.5</sub> sebesar  $62,1 \pm 15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan pada saat *posttest* jumlah polutan PM<sub>2.5</sub> sebesar  $98,8 \pm 9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Data polusi udara dapat dilihat pada table 2.

**Tabel 1.** Karakteristik Antropometri Atlet

Variabel	Eksperimen (n=8)		
	Rata-rata	Minimal	Maksimal
Usia (tahun)	19,87 ± 1,24	18.00	21.00
Tinggi Badan (cm)	166,81 ± 6,31	162.00	182.00
Berat Badan (kg)	56,30 ± 3,79	52.10	63.30
FAT (%)	12,95 ± 2,76	8.20	16.60
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20,06 ± 0,95	19.00	21.60

**Tabel 2.** Karakteristik polusi udara, FVC dan FEV<sub>1</sub> pada saat *Pre* dan *Post*

Variabel	Polusi Udara		
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	Baku Mutu
PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	62,1 ± 15,8	98,8 ± 9,7	<65
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	129,1 ± 35,9	197,1 ± 41,9	<150
Temperature (°C)	21,6 ± 1,7	23,2 ± 3,3	22.8 - 25.8
Humidity (%)	62,8 ± 3,3	68,2 ± 9,3	45 – 65

PM<sub>2.5</sub>: Particulate Matter 2.5 (particulate yang berdiameter <2.5), PM<sub>10</sub>: Particulate Matter 10 (particulate yang berdiameter <10)

hasil table diatas menunjukkan bahwa jumlah polutan secara keseluruhan lebih besar pada saat Post test dibandingkan dengan jumlah polusi udara pada saat pre test. Jumlah polutan pada saat post test juga telah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan No 45 tahun 1997.

**Table 3.** Hasil FVC dan FEV<sub>1</sub> pada saat *Pre* dan *Post test*

Variabel	Pengujian		
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	<i>p-value</i>
FVC (L)	3,3 ± 0,2	2,9 ± 0,1	0.001**
FEV <sub>1</sub> (L)	3,2 ± 0,3	2,7 ± 0,1	0.003**

FVC = Forces Volume Capacity, FEV<sub>1</sub> = Forced Expiratory Volume in One Second  
 \*\* Signifikansi p < 0.001

## PEMBAHASAN

Berolahraga di luar ruangan khususnya di area yang dekat dengan perkotaan telah menjadi kebiasaan atau tradisi masyarakat Indonesia. Hal ini sangat penting untuk mempertimbangkan dalam memodifikasi lingkungan dan strategi perlindungan untuk berolahraga diluar ruangan. Polutan udara tertentu, seperti PM, dapat dimodifikasi, dan oleh karena itu intervensi dapat dikembangkan untuk mengurangi tingkat polusi udara. Salah satu strategi untuk mengimbangi ekspansi besar dari urbanisasi adalah mengembangkan ruang hijau

yang dapat melawan bahaya kesehatan yang disebabkan oleh polusi udara dan kemudian mempromosikan perilaku seperti aktivitas fisik di ruang hijau (Janice F. Bell, PhD, Jeffrey S. Wilson, & Gilbert C. Liu, MD, 2009; Mitchell & Popham, 2008). Dengan meningkatnya kendaraan bermotor di Indonesia, mendorong masyarakat untuk menyeimbangkan antara kesehatan dan dampak yang di timbulkan oleh bahaya dari polusi udara, berolahraga diluar ruangan menjadi semakin penting untuk menjaga gaya hidup sehat, memberikan manfaat kesehatan, dan membantu mengurangi lalu lintas bermotor dan emisi berbahaya (Frank & Engelke, 2005; Marshall, Brauer, & Frank, 2009; Mueller et al., 2015).

Para pelaksana kebiasaan harus dididik dalam tindakan pencegahan terhadap polusi dengan menjauh dari lalu lintas yang padat atau kawasan industri (Rundell, Slee, Caviston, & Hollenbach, 2008) atau dengan menghilangkan olahraga ketika tingkat polusi diketahui tinggi (Cutrufello, Rundell, Smoliga, & Stylianides, 2011). Penelitian menunjukkan bahwa peringatan kualitas udara yang teratur dan tepat waktu penting untuk menginformasikan kepada masyarakat tentang polusi udara yang berbahaya dan untuk membantu orang membuat keputusan tentang terlibat dalam kegiatan fisik (Wen, Balluz, & Mokdad, 2009). Strategi perlindungan lain yang dapat mengimbangi efek buruk kesehatan dari polusi udara termasuk mengambil mengkonsumsi antioksidan, memakai masker khusus olahraga, dan menghindari daerah lalu lintas tinggi (Laumbach, Meng, & Kipen, 2015). Area terakhir yang belum dimanfaatkan adalah penyediaan pendidikan dan informasi untuk penyedia layanan kesehatan tentang risiko potensial untuk berolahraga di luar ruangan pada hari-hari yang sangat tercemar, terutama bagi pasien dengan kondisi medis yang ada.

Temuan dalam penelitian ini memberikan bukti bahwa efek sesaat yang di sebabkan oleh polusi udara dapat menurunkan secara signifikan pada FVC dan FEV<sub>1</sub>. Namun, meskipun dampak buruk dari pencemaran udara terhadap kesehatan telah diketahui, bukti saat ini dari studi berbasis epidemiologis dan ekologis menunjukkan bahwa aktivitas fisik yang dilakukan di lingkungan yang tercemar oleh polusi udara tidak mengurangi efek positif dari olahraga dan tidak boleh sepenuhnya dihindari di lingkungan seperti itu (Gauderman et al.,

2008). Tingkat aktivitas fisik yang moderat, seperti kebiasaan berjalan atau bersepeda, mungkin masih bermanfaat bagi individu yang sehat jika dilakukan di mana konsentrasi polusi udara rendah (Kubesch et al., 2015; Zorana Jovanovic Andersen et al., 2015). Namun, bukti kurang pada keseimbangan antara risiko dan manfaat kesehatan pada tingkat polusi yang berbeda dan dalam populasi yang beragam (misalnya, individu yang sehat vs. mereka yang rentan terhadap penyakit tertentu), menunjukkan bahwa strategi yang berbeda mungkin diperlukan untuk subpopulasi yang menghadapi risiko kesehatan yang lebih besar.

## **KESIMPULAN**

Polusi udara dapat menimbulkan ancaman kesehatan masyarakat yang besar terhadap promosi aktivitas fisik. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian bahwa tingginya jumlah polutan di udara dapat berpengaruh terhadap FVC dan FEV<sub>1</sub>. Dengan tidak adanya penegakan peraturan lingkungan yang berarti untuk meredam pertumbuhan industrialisasi dan urbanisasi, kualitas udara akan terus memburuk, membuat para atlet semakin terpapar oleh polusi udara. Dengan demikian, inisiatif kesehatan masyarakat berskala besar, termasuk penelitian epidemiologis yang diperluas, diperlukan untuk melindungi populasi dan kebiasaan individu maupun masyarakat umum dalam berolahraga di luar ruangan khusus nya di stadion atau alun-alun yang dekat dengan perkotaan.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kepada Program Penelitian Pengabdian Masyarakat dan Inovasi (P3MI) SF-LPPM Institut Teknologi Bandung yang telah mendanai seluruh penelitian ini, dan kepada seluruh Instansi Pemerintah yang sudah mengizinkan kami dalam pengambilan data penelitian

## **REFERENSI**

- Auchincloss, A. H., Roux, A. V. D., Dvornch, J. T., Brown, P. L., Barr, R. G., Daviglius, M. L., ... Neill, M. S. O. (2008). *Associations between Recent Exposure to Ambient Fine Particulate Matter and Blood Pressure in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis ( MESA )*. 486(4), 486–491. <https://doi.org/10.1289/ehp.10899>
- Cutrufello, P. T., Rundell, K. W., Smoliga, J. M., & Stylianides, G. A. (2011).

- Inhaled whole exhaust and its effect on exercise performance and vascular function. *Inhalation Toxicology*, 23(11), 658–667. <https://doi.org/10.3109/08958378.2011.604106>
- Frank, L. D., & Engelke, P. (2005). Multiple impacts of the built environment on public health: Walkable places and the exposure to air pollution. *International Regional Science Review*, 28(2), 193–216. <https://doi.org/10.1177/0160017604273853>
- Gauderman, W. J. E. A., Gilliland, F., Vora, H., Thomas, D., Berhane, K., McConnell, R., ... Peters, J. (2008). The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age. *The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE*, 351(11), 1543–1554. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa040610>
- Janice F. Bell, PhD, M., Jeffrey S. Wilson, P., & Gilbert C. Liu, MD, M. (2009). Neighborhood Greenness and 2-Year Changes in Body Mass Index of Children and Youth. *Am J Prev Med*, 35(6), 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.07.006.Neighborhood>
- Kubesch, N., De Nazelle, A., Guerra, S., Westerdahl, D., Martinez, D., Bouso, L., ... Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Arterial blood pressure responses to short-term exposure to low and high traffic-related air pollution with and without moderate physical activity. *European Journal of Preventive Cardiology*, 22(5), 548–557. <https://doi.org/10.1177/2047487314555602>
- Laumbach, R., Meng, Q., & Kipen, H. (2015). What can individuals do to reduce personal health risks from air pollution? *Journal of Thoracic Disease*, 7(1), 96–107. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.21>
- Lin, H., Zhang, Y., Liu, T., Xiao, J., Xu, Y., Xu, X., ... Ma, W. (2014). Mortality reduction following the air pollution control measures during the 2010 Asian Games. *Atmospheric Environment*, 91, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.051>
- Marshall, J. D., Brauer, M., & Frank, L. D. (2009). Healthy neighborhoods: Walkability and air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 117(11), 1752–1759. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900595>
- McCreanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Stewart-Evans, J., Malliarou, E., Jarup, L., ... Zhang, J. (2007). Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *New England Journal of Medicine*, 357(23), 2348–2358. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa071535>
- Mitchell, R., & Popham, F. (2008). Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The Lancet*, 372(9650), 1655–1660. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61689-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61689-X)
- Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Cole-Hunter, T., de Nazelle, A., Dons, E., Gerike, R., ... Nieuwenhuijsen, M. (2015). Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Preventive Medicine*, 76, 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.04.010>
- Oliveira, R. S., Barros Neto, T. L., Braga, A. L. F., Raso, V., Pereira, L. A. A.,

- Morette, S. R., & Carneiro, R. C. (2006). Impact of acute exposure to air pollution on the cardiorespiratory performance of military firemen. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 39(12), 1643–1649. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2006001200016>
- Rundell, K. W., Slee, J. B., Caviston, R., & Hollenbach, A. M. (2008). *Decreased Lung Function After Inhalation of Ultrafine and Fine Particulate Matter During Exercise is Related to Decreased Total Nitrate in Exhaled Breath Condensate*. (2005), 1–9. <https://doi.org/10.1080/08958370701758593>
- Sinharay, R., Gong, J., Barratt, B., Ohman-Strickland, P., Ernst, S., Kelly, F. J., ... Chung, K. F. (2018). Respiratory and cardiovascular responses to walking down a traffic-polluted road compared with walking in a traffic-free area in participants aged 60 years and older with chronic lung or heart disease and age-matched healthy controls: a randomised, crossover study. *The Lancet*, 391(10118), 339–349. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32643-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32643-0)
- Wen, X. J., Balluz, L., & Mokdad, A. (2009). Association between media alerts of air quality index and change of outdoor activity among adult asthma in six states, BRFSS, 2005. *Journal of Community Health*, 34(1), 40–46. <https://doi.org/10.1007/s10900-008-9126-4>
- Xing, Y. F., Xu, Y. H., Shi, M. H., & Lian, Y. X. (2016). The impact of PM2.5 on the human respiratory system. *Journal of Thoracic Disease*, 8(1), E69–E74. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19>
- Zorana Jovanovic Andersen, A. de N., Mendez, M. A., Garcia-Aymerich, J., Hertel, O., Tjønneland, A., Overvad, K., ... Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). A Study of the combined effects of physical activity and air pollution on mortality in elderly urban residents: the danish Diet , Cancer , and. *Environmental Health Perspectives*, 123(6), 557–563.