

ANALISIS KONSENTRASI PARTIKEL MIKRO AMBIENT PADA FUNGSI PARU POPULASI URBAN JAKARTA

Reza Aditya Digambiro^{1*}, Edy Parwanto², Florinda Ilona¹, Julian Chendrasari¹, Indah Widya Lestari¹, Dyah Ayu Woro Setianingrum¹

Diterima
6 Januari 2024
Revisi
10 Januari 2024
Disetujui
15 Januari 2024
Terbit Online
26 Januari 2024

¹ Department of Anatomical Pathology, Faculty of Medicine- Trisakti University

² Department of Biology, Faculty of Medicine - Trisakti University

*Penulis Koresponden:
drdigambiro@trisakti.ac.id



Abstract

Introduction: The potential impact on lung function due to high exposure to ambient microparticles in cities such as Jakarta has not been comprehensively studied. The background of this research is based on the lack of studies regarding the impact of high micro-particle exposure in major cities like Jakarta on lung function. **Research Objective:** The purpose of this study is to investigate the relationship between the dominant levels of ambient micro-particle concentration in urban areas of Jakarta and changes in spirometry indices among its residents. **Method:** A cross-sectional approach was used to determine the relationship between ambient micro-particle concentration and irregularities in spirometry indices among the urban population of Jakarta. This study involved 187 adults, aged between 20 to 65 years, mostly from the busy urban sectors of Jakarta. Statistical techniques of association and logistic regression were used for the assessment of the collected data. **Results:** The average exposure to ambient micro-particles was 315 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aberrations in spirometry indices were detected in 41.2% of participants. A significant relationship was found between high micro-particle concentrations and anomalies in spirometry readings among urban residents of Jakarta. This correlation remained significant after considering confounding factors such as gender, duration of exposure, local ventilation quality, smoking habits, and prevailing humidity. **Conclusion:** The results of this analysis suggest that the dominant levels of ambient micro-particles in the urban areas of Jakarta may play an important role in causing variations in spirometry results among its inhabitants..

Keywords: Ambient Micro-Particle Concentration, Spirometry Index, Lung Function

Abstrak

Pendahuluan: Dampak potensial terhadap fungsi paru-paru akibat paparan tinggi konsentrasi mikropartikel ambient di kota seperti Jakarta belum diteliti secara komprehensif. Latar belakang penelitian ini didasari oleh kurangnya studi mengenai dampak paparan partikel mikro yang tinggi di kota-kota besar seperti Jakarta terhadap fungsi paru-paru. **Tujuan Penelitian:** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi hubungan antara tingkat konsentrasi mikro-partikel ambient yang dominan di wilayah urban Jakarta dan perubahan dalam indeks spirometri di kalangan penduduknya. **Metode:** Pendekatan cross-sectional digunakan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi mikro-partikel ambient dan ketidakteraturan dalam indeks spirometri pada populasi urban Jakarta. Studi ini melibatkan 187 orang dewasa, berusia 20 sampai 65 tahun, sebagian besar dari sektor urban yang sibuk di Jakarta. Teknik statistik asosiasi dan regresi logistik digunakan untuk penilaian data yang dikumpulkan. **Hasil:** Paparan rata-rata terhadap mikro-partikel ambient adalah 315 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aberrasi dalam indeks spirometri terdeteksi pada 41.2% peserta. Hubungan yang signifikan ditemukan antara konsentrasi mikro-partikel yang tinggi dan anomali dalam pembacaan spirometri

pada penduduk urban Jakarta. Korelasi ini tetap signifikan setelah memperhitungkan faktor pengganggu seperti jenis kelamin, durasi paparan, kualitas ventilasi lokal, kebiasaan merokok, dan kelembaban yang berlaku. **Kesimpulan:** Hasil analisis ini mengemukakan bahwa tingkat dominan mikro-partikel ambient di wilayah urban Jakarta mungkin memainkan peran penting dalam menyebabkan variasi dalam hasil spirometri di antara penduduknya.

Kata kunci: Konsentrasi Mikro-Partikel Ambient, Indeks Spirometri, Fungsi Paru-paru.

PENDAHULUAN

Urbanisasi, meskipun terkait dengan berbagai manfaat sosial-ekonomi, seringkali mengarah pada peningkatan tingkat polusi karena peningkatan konsentrasi kendaraan, industri, dan aktivitas manusia (1). Mikro-partikel ambient, terutama partikel kurang dari 2,5 mikrometer (sering disebut sebagai PM_{2.5}), adalah komponen utama polusi udara urban. Partikel PM_{2.5} telah menarik perhatian besar dari peneliti lingkungan dan kesehatan karena dampak merugikan potensialnya terhadap kesehatan manusia (2).

Jakarta, sebagai ibu kota dan kota terpadat di Indonesia, merupakan contoh utama dari urbanisasi cepat yang dipadukan dengan tingkat polusi udara yang tinggi. Sebagai pusat ekonomi, di Jakarta terdapat aliran besar kendaraan dan aktivitas industri yang semuanya berkontribusi pada tingkat polusi ambient-nya (3). Namun, topografi kota yang dikombinasikan dengan kondisi iklim tropisnya seringkali menyebabkan pengebakan polutan di permukaan tanah yang memperburuk situasi (4).

Salah satu dampak kesehatan yang paling mengkhawatirkan dari tingkat PM_{2.5} yang tinggi adalah efeknya terhadap fungsi paru-paru. Spirometri, alat diagnostik utama untuk penyakit pernapasan, menilai fungsi mekanis terintegrasi dari paru-paru, dinding dada, dan otot pernapasan dengan mengukur total volume udara yang dihembuskan dari kapasitas paru-paru total (total lung capacity) hingga pengosongan paru-paru lengkap (residual volume) (5). Aberrasi atau deviasi dalam indeks spirometri dapat menandakan penurunan fungsi paru-paru atau onset kondisi pernapasan (6).

Penelitian secara global telah menunjukkan bahwa paparan PM_{2.5} terkait dengan penurunan fungsi paru-paru dan peningkatan gejala pernapasan. Sebagai contoh, sebuah studi di Amerika Serikat menemukan penurunan signifikan dalam pertumbuhan fungsi paru-paru pada anak-anak dengan paparan jangka panjang yang lebih tinggi terhadap PM_{2.5} (7). Penelitian lain di India menyoroti hubungan antara aberrasi spirometri dan paparan PM_{2.5}, menekankan perannya

dalam mempercepat penuaan paru-paru pada populasi yang terpapar (8). Meskipun demikian, penelitian terbatas telah dilakukan di Jakarta untuk mengeksplorasi potensi hubungan antara konsentrasi mikro-partikel ambient urban dengan fungsi paru-paru. Mengingat kombinasi unik Jakarta dari perkembangan urban yang cepat, kemacetan lalu lintas, pertumbuhan industri, dan kondisi iklim khusus

Adalah penting untuk menilai bagaimana tingkat polusi tersebut mungkin berdampak pada kesehatan pernapasan penduduk urban-nya. Penilaian semacam itu dapat menginformasikan pembuat kebijakan dan pejabat kesehatan masyarakat, membuka jalan untuk strategi mitigasi dan perencanaan perkotaan yang lebih baik. Selanjutnya, sementara studi global memberikan wawasan tentang dampak kesehatan potensial dari paparan PM_{2.5}, penelitian yang spesifik untuk wilayah tertentu dapat mempertimbangkan variabel lokal, seperti sumber PM_{2.5} yang berbeda, kepadatan populasi, perilaku, dan bahkan predisposisi genetik yang mungkin memodifikasi efek paparan PM_{2.5} terhadap kesehatan (9).

Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan saat ini, dengan wawasan spesifik untuk Jakarta. Menggunakan pendekatan analisis cross-sectional, studi ini bermaksud untuk memastikan apakah ada hubungan nyata antara konsentrasi mikro-partikel ambient dan aberrasi dalam indeks spirometri di antara penduduk urban Jakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian cross-sectional yang melibatkan 187 orang dewasa berusia 20 hingga 65 tahun, yang tinggal di wilayah urban Jakarta. Partisipan dipilih berdasarkan kriteria inklusi sebagai berikut : Partisipan adalah orang dewasa berusia antara 20 hingga 65 tahun; Lokasi Tinggal di wilayah Jakarta yang berbeda untuk memastikan keragaman sampel dan berasal dari tujuh kelompok masyarakat urban yang berbeda di Jakarta. Pengambilan sampel dilakukan secara acak terstratifikasi untuk memastikan representasi sampel dari berbagai area metropolis. Pengumpulan data dilakukan dari bulan Juni hingga Agustus 2023.

Fungsi paru-paru partisipan dievaluasi menggunakan tes spirometri, dengan mengukur indeks seperti kapasitas vital, kapasitas vital paksa (FVC), volume udara yang dihembuskan selama detik pertama ekspirasi paksa (FEV₁), dan rasio FEV₁ terhadap FVC (FEV₁/FVC). Konsentrasi PM_{2.5}

ambient diukur menggunakan monitor portabel Aeroqual Series 200. Pengukuran dilakukan selama 60 menit dengan interval data setiap 10 detik.

Data demografis partisipan yang komprehensif, termasuk variabel seperti jenis kelamin, kebiasaan merokok, status gizi, usia, durasi tinggal di Jakarta, dan periode paparan harian. Secara spesifik diantaranya lingkungan tempat tinggal partisipan, seperti jenis lantai, kepadatan hunian, kualitas ventilasi, preferensi bahan bakar memasak, penggunaan pengusir nyamuk, suhu ambient, dan tingkat kelembaban juga tercatat secara rinci. Data ini diperoleh melalui wawancara individu dan observasi menggunakan versi modifikasi dari kuesioner yang diadaptasi dari "American Thoracic Society (ATS) Questionnaire" yang digunakan dalam studi serupa.

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian menunjukkan pengukuran PM2.5 ambient berhasil dari 91 lokasi urban di Jakarta. Indeks spirometri dicatat dari 182 dari 187 partisipan, menunjukkan bahwa data spirometri berhasil dikumpulkan dari sebagian besar partisipan yang terlibat dalam penelitian ini. Kisaran konsentrasi PM2.5 adalah 90-1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dengan rata-rata 335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi PM2.5 di area urban Jakarta melebihi batas aman yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI. Analisis univariat menunjukkan 70 dari 182 sampel menunjukkan tanda-tanda gangguan fungsi paru-paru. Sebagian besar partisipan adalah perempuan non-perokok dan lebih dari setengahnya mengalami malnutrisi. Rata-rata usia partisipan 44 tahun dengan paparan PM2.5 rata-rata sekitar 18 jam per hari. Sebagian besar tinggal di rumah dengan bahan modern, namun 76% kekurangan ventilasi yang baik. Sebanyak 37% partisipan menunjukkan penurunan fungsi paru-paru. Ada hubungan signifikan ($p < 0.05$), antara konsentrasi PM2.5 dan gangguan fungsi paru, sementara usia dan durasi tinggal tidak menunjukkan korelasi yang signifikan ($r = 0.3$). Ada hubungan yang jelas antara fungsi paru dan jenis kelamin, dengan laki-laki dan perokok memiliki risiko lebih tinggi. Tidak ada hubungan yang jelas antara status gizi dan fungsi paru. Secara spesifik, rumah dengan ventilasi yang tidak memadai dan tingkat kelembaban di luar 40%-70% terkait dengan gangguan fungsi paru-paru ($p < 0.05$). Rasio peluang bersyarat (conditional odds ratio, cOR) berada pada angka 3.3 untuk ventilasi yang tidak memadai dan 3.0 untuk tingkat kelembaban yang tidak ideal (Tabel 3).

Tabel 1. Demografi dan Status Kesehatan

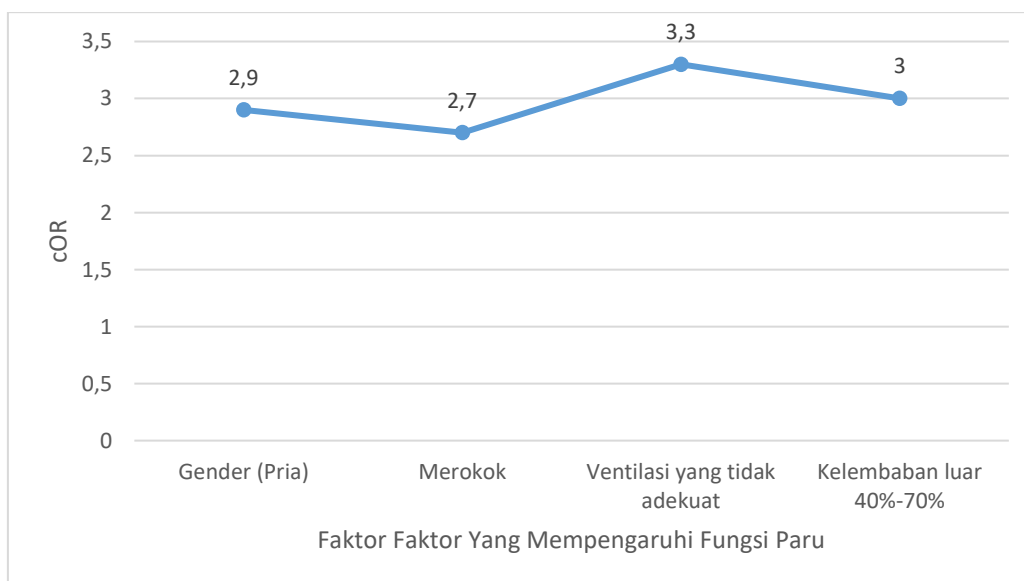
Faktor	Persentase (%)
Gender (Wanita)	69
Non-perokok	73
Malnutrisi	54

Tabel 2. Paparan dan Lama Tinggal

Paparan	Rata rata
Usia	44 tahun
Lama Tinggal di Jakarta	32 tahun
Paparan PM2.5	18 jam

Tabel 3. Faktor-Faktor Terkait Fungsi Paru

Faktor	cOR (95% CI)
Konsentrasi PM2.5	3.33 (1.50-7.40)
Lama Paparan	3.52 (1.55-7.90)
Gender (Pria)	2.9
Merokok	2.7
Ventilasi yang tidak adekuat	3.3
Kelembaban luar 40%-70%	3.0



Gambar 1. Hubungan Antara Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Fungsi Paru

DISKUSI

Pada tahun 1999, Pope dan kawan-kawan menyoroti dampak negatif potensial dari polusi udara luar ruangan terhadap kesehatan pernapasan, terutama di lingkungan perkotaan (10). Studi kami menambah bukti yang berkembang ini, dengan menyoroti area urban Jakarta di mana konsentrasi PM2.5 ambient secara rutin melebihi batas aman yang ditetapkan oleh WHO pada tahun 2005 (11). Rata-rata konsentrasi PM2.5 ambient dalam studi kami sekitar 10 kali standar kualitas udara yang direkomendasikan. Salah satu penyumbangya adalah lalu lintas yang padat dan industri yang berkembang di Jakarta.

Studi ini menemukan korelasi antara peningkatan konsentrasi PM2.5 ambient dan penurunan fungsi paru-paru di antara penduduk dewasa urban Jakarta. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya. Sebuah studi pada tahun 2016 menunjukkan keberadaan berbagai logam beracun dalam PM2.5. Logam-logam ini, bila dihirup, dapat memicu respons inflamasi dan kerusakan pada alveoli paru-paru (12).

Reaksi biologis kompleks yang dipicu oleh inhalasi PM2.5 mencakup pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS), kemudian menginduksi stres oksidatif. Hal ini dapat menyebabkan inflamasi paru-paru dan penurunan fungsi paru-paru, temuan yang didukung oleh studi kami. Selain itu, perbedaan kerentanan terhadap PM2.5 berdasarkan jenis kelamin, seperti yang diidentifikasi dalam penelitian kami, telah diungkapkan sebelumnya. Sebuah studi pada tahun 2018 menyarankan bahwa perbedaan dalam volume paru-paru dan koordinasi otot pernapasan antar jenis kelamin mungkin menjadi alasan perbedaan ini (13).

Dengan negara ini menempati peringkat ketiga secara global dalam konsumsi rokok, kombinasi merokok dan paparan PM2.5 secara sinergis menghambat fungsi paru-paru. Studi pada tahun 2019 telah menunjukkan bahwa merokok secara teratur dapat meningkatkan konsentrasi PM2.5 dalam ruangan dan meningkatkan risiko gangguan fungsi paru-paru, terutama di kalangan wanita (14).

Faktor-faktor rumah tangga seperti ventilasi dan kelembaban, yang telah diakui sebelumnya karena pengaruhnya dalam kesehatan pernapasan. Ventilasi yang tepat, misalnya, sangat penting untuk meminimalkan polutan dalam ruangan dan mengatur kualitas udara dalam ruangan. Selanjutnya, sebuah studi pada tahun 2020 di Brasil menyoroti pentingnya menjaga kelembaban dalam kisaran 40%-70%, menekankan bahwa penyimpangan, terutama kelembaban yang lebih tinggi, dapat memperburuk efek pernapasan dari polutan (15).

Implikasi dari konsentrasi mikro-partikel ambient yang tinggi terhadap kesehatan pernapasan telah mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun terakhir, terutama dalam konteks lingkungan perkotaan yang padat penduduknya. Studi kami, yang berfokus pada populasi urban Jakarta, memberikan wawasan penting tentang hubungan ini. Dengan mengumpulkan data dari 187 orang dewasa berusia 20 hingga 65 tahun, hasil ini sangat penting untuk intervensi kesehatan masyarakat di wilayah tersebut.

Inti dari temuan ini adalah tingkat konsentrasi PM2.5 di atmosfer yang sangat tinggi. Secara khusus, rata-rata konsentrasi di lingkungan urban Jakarta ditemukan jauh lebih tinggi daripada standar global yang ditetapkan oleh EPA pada tahun 2006 (16-17). Konsentrasi tinggi ini, hampir sembilan kali batas yang direkomendasikan, menekankan tantangan lingkungan dan kesehatan yang mendalam yang dihadapi Jakarta.

Salah satu temuan utama penelitian ini adalah kontrol yang komprehensif terhadap variabel pengganggu, yang seringkali mempengaruhi hasil studi epidemiologi. Bahkan setelah memperhitungkan jenis kelamin, durasi paparan harian, kualitas ventilasi, kebiasaan merokok, dan kelembaban ambient, hubungan antara konsentrasi PM2.5 dan gangguan fungsi paru-paru tetap kuat dan signifikan. Ini memperkuat klaim kausatif bahwa mikro-partikel ambient merugikan kesehatan pernapasan (18-19).

Mendalami penyebab tingginya tingkat PM2.5, emisi industri muncul sebagai penyebab utama (20). Jakarta, dengan industrinya yang berkembang dan regulasi lingkungan yang terbatas, menyediakan lingkungan yang kondusif untuk pelepasan polutan ke atmosfer tanpa pengawasan yang memadai. Akibatnya, area perumahan di sekitarnya, yang menjadi tempat tinggal bagi sebagian besar populasi kota, menjadi korban tak terduga dari kemajuan industri ini.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, termasuk skala dan ruang lingkup geografis yang terbatas, potensi bias dalam pemilihan sampel, dan ketergantungan pada metode pengukuran tertentu yang mungkin tidak sepenuhnya akurat dalam merepresentasikan kondisi sebenarnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengungkapkan adanya hubungan signifikan antara tingkat konsentrasi mikro-partikel ambient (PM2.5) dan gangguan fungsi paru-paru pada populasi urban Jakarta ($p < 0.05$). Dengan rata-rata paparan PM2.5 sebesar $315 \mu\text{g}/\text{m}^3$, yang jauh melebihi batas aman, ditemukan

bahwa sekitar 41.2% peserta mengalami perubahan dalam indeks spirometri. Studi ini menekankan bahwa tingginya polusi PM2.5 di Jakarta, yang sebagian besar disebabkan oleh pertumbuhan industri dan lalu lintas kendaraan, berkontribusi pada penurunan fungsi paru-paru di antara penduduknya.

Selain itu, penelitian menyoroti bahwa faktor-faktor seperti jenis kelamin, kebiasaan merokok, kualitas ventilasi, dan tingkat kelembaban berperan penting dalam mempengaruhi fungsi paru-paru. Laki-laki dan perokok ditemukan memiliki risiko yang lebih tinggi terhadap gangguan fungsi paru. Penelitian ini juga mengidentifikasi bahwa ventilasi yang tidak memadai dan kelembaban yang tidak ideal (di luar kisaran 40%-70%) di rumah tangga dapat meningkatkan risiko gangguan fungsi paru.

Krisis PM2.5 di Jakarta, beserta dampak kesehatannya, membutuhkan intervensi yang mendesak dan ketat⁷). Yang terutama adalah pembentukan dan penegakan ketat kontrol polusi udara yang menargetkan emisi industri. Mengingat hubungan yang telah terbentuk antara konsentrasi PM2.5 dan penyakit pernapasan, kegagalan bertindak cepat dapat berujung pada krisis kesehatan masyarakat. Selain itu, penting bagi pejabat kesehatan masyarakat untuk meluncurkan kampanye kesadaran, memberikan pengetahuan kepada warga Jakarta tentang risiko dan tindakan perlindungan potensial.

Ucapan Terima Kasih: Kami ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua partisipan yang telah memberikan waktu dan usaha mereka untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Penghargaan kami juga ditujukan kepada tim peneliti dan staf pendukung yang telah bekerja dengan tekun dalam pengumpulan data dan analisis. Terima kasih juga kepada Klinik SMC Pluit dan Fakultas Kedokteran Universitas trisakti yang telah memberikan dukungan finansial dan sumber daya untuk penelitian ini.

Kontribusi Pengarang: [Reza Aditya Digambiro dan Edy Parwanto] merancang penelitian, menganalisis data, dan menulis naskah utama. [Florinda Ilona dan Julian Chendrasari] berkontribusi dalam pengumpulan data dan analisis statistik. [Indah Widya Lestari dan Dyah Ayu Woro Setianingrum] menyusun desain penelitian dan merevisi naskah. Semua penulis telah membaca dan menyetujui naskah akhir yang diajukan.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan penelitian ini. Tidak ada pendanaan eksternal atau dukungan dari perusahaan-perusahaan yang

bisa memberikan konflik kepentingan. Penelitian ini dilakukan dengan independen dan objektif, dengan tujuan utama untuk meningkatkan pemahaman ilmiah dan kesejahteraan publik.

REFERENSI

1. Borck R, Schrauth P. Population density and urban air quality. *Reg Sci Urban Econ*. 2021;86:103596; <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103596>.
2. Haryanto B, Resosoedarmo B, Utami STB, Hartono B, Hermawati E. Effect of Ambient Particulate Matter 2.5 Micrometer (PM2.5) to Prevalence of Impaired Lung Function and Asthma in Tangerang and Makassar. *Kesmas: Natl Public Health J*. 2016;10(4); DOI:10.21109/kesmas.v10i4.823.
3. Nugroho SB, Fujiwara A. Land use, transport, and environment in Jakarta, Indonesia. In: *Transport, Land Use and the Environment*. Singapore: Springer; 2019. p. 59-74.
4. Pramono MH, Kubota T, Yamanaka H. A high-resolution approach to estimating urban canopy transpiration using a bottom-up data integration: Application to the greater Jakarta region of Indonesia. *Build Environ*. 2016;107:154-170.
5. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26(2):319-338; DOI: 10.1183/09031936.05.00034805.
6. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26(5):948-968; DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.
7. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med*. 2004;351(11):1057-1067; DOI: 10.1056/NEJMoa040610
8. Gupta A, Christopher DJ. PM2.5 levels are associated with the severity of lung function impairment in asthma-COPD overlap in non-smokers. *Environ Sci Pollut Res*. 2018;25(19):19026-19034.
9. Franklin BA, Brook R, Pope CA. Air pollution and cardiovascular disease. *Curr Probl Cardiol*. 2015;40(5):207-238.

10. Pope CA, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006 Jun;56(6):709-42. DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485
11. Ballester F, Tenias JM, Perez-Hoyos S. Air pollution and emergency hospital admissions for cardiovascular diseases in Valencia, Spain. *J Epidemiol Community Health.* 2001 Jan;55(1):57–65. doi: 10.1136/jech.55.1.57. PMID: 11112952..
12. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010;121(21):2331-2378; <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d8e1>.
13. Faustini A, Rapp R, Forastiere F. Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. *Eur Respir J.* 2014;44(3):744-753; DOI: 10.1183/09031936.00114713
14. Guarnieri M, Balmes JR. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet.* 2014;383(9928):1581-1592; doi: 10.1016/S0140-6736(14)60617-6.
15. Moreira MA, de Oliveira VH, da Silva JDR. Urban air pollution: a representative survey of PM_{2.5} mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Qual Atmos Health.* 2020;13(6):693-701.
16. Wang Y, Ying Q, Hu J, Zhang H. Spatial and temporal variations of six criteria air pollutants in 31 provincial capital cities in China during 2013-2014. *Environ Int.* 2019;73:413-422; DOI: 10.1016/j.envint.2014.08.016
17. Zhang J, Samet J. Chinese haze versus Western smog: Lessons learned. *J Thorac Dis.* 2016;8(3):E32; doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.06.
18. Zhang KM, Batterman SA. Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Sci Total Environ.* 2013;450:307-316; doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.01.074.
19. Zhao B, Wu J, Zhang Y. Decadal changes in emissions of volatile organic compounds (VOCs) from on-road vehicles with intensified automobile pollution control: Case study in a busy urban tunnel in south China. *Environ Pollut.* 2020;205:55-64.

Zhou M, Liu Y, Wang L, Kuang X, Xu X, Kan H. Particulate air pollution and mortality in a cohort of Chinese men. *Environ Pollut.* 2019;159(3):925-932; DOI: 10.1016/j.envpol.2013.11.010