

## Hubungan Kadar Polusi Udara dengan Kejadian Tuberkulosis di Kota Pekanbaru Tahun 2015 sampai dengan 2020

Suyanto<sup>1</sup>, Salsabilla Aulia<sup>2</sup>, Emillian Ramli<sup>3</sup>, Fifia Chandra<sup>1</sup>

### ABSTRACT

Changes in air quality increase host susceptibility to *Mycobacterium tuberculosis*. Retrospective cohort study to see the relationship between air pollution levels and climate with tuberculosis cases in Pekanbaru City in 2015 – 2020. It found there is a significant positive correlation between PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> and the number of tuberculosis cases per day. While in climate, temperature and humidity parameters do not provide a significant relationship, while rainfall and wind speed provide a very weak correlation strength with tuberculosis. We conclude there is a positive correlation air pollution and the number of tuberculosis cases per day.

**Keywords:** air pollution, climate, tuberculosis

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.<sup>1</sup> Aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara di daerah perkotaan.<sup>2</sup> Khusus untuk wilayah Riau, kejadian kebakaran hutan juga merupakan sumber polusi udara dan dapat berdampak pada aspek sosial, budaya, ekonomi dan politik. Berdasarkan laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, melalui Karhutla *Monitoring System*, kejadian karhutla tahun 2015 diduga telah membakar hutan dan lahan Indonesia seluas 2,61 juta hektar. Selanjutnya, pada tahun 2019 sekitar 90.550 hektar wilayah Riau dari 1.649.258 hektar hutan dan lahan Indonesia mengalami kebakaran hutan.<sup>3</sup>

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang dapat menyerang paru dan organ lainnya. Tuberkulosis terutama menyerang paru-paru sebagai tempat infeksi primer, selain itu TB dapat juga

menyerang kulit, kelenjar limfe, tulang, dan selaput otak. Tuberkulosis menular melalui droplet infeksius yang terinhalasi oleh orang sehat.<sup>4,5</sup>

Jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia pada tahun 2020 sebanyak 351.936 kasus, jumlah kasus ini menurun dibandingkan tahun 2019 yaitu sebesar 568.987 kasus. Prevalensi kasus tuberkulosis di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 214 kasus per 100.000 penduduk. Prevalensi ini menurun pada tahun 2020 sebesar 130 kasus per 100.000 penduduk.<sup>6</sup> Tingginya jumlah kasus tuberkulosis juga berasosiasi dengan kualitas udara yang buruk. Hal ini sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Wenjuan Wang pada tahun 2020 di Shijiazhuang, China, penelitian tersebut menyebutkan bahwa PM<sub>10</sub> memiliki efek jangka pendek terhadap jumlah kasus tuberkulosis.<sup>7</sup> Selain itu sebuah *systematic literature review* yang dilakukan oleh Igor Popovic pada tahun 2020 menyatakan bahwa dari 11 studi terdapat beberapa statistik yang menunjukkan efek yang signifikan dari polusi udara terhadap kasus tuberkulosis.<sup>8</sup>

Salah satu kota di Indonesia yang terdampak polusi udara adalah Kota Pekanbaru. Paparan asap dari kebakaran hutan yang terjadi selama periode 2015-2019 membuat kualitas udara memburuk. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kadar polusi udara dengan angka kejadian tuberkulosis di Kota Pekanbaru.

\* Corresponding author : [suyantounri@gmail.com](mailto:suyantounri@gmail.com)

<sup>1</sup> KJFD Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

<sup>3</sup> Dinas Kesehatan Provinsi Riau, Indonesia

## METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analitik. Metode ini dilakukan dengan metode time-series dengan kohort retrospektif yang digunakan untuk melihat hubungan kualitas udara berdasarkan pola polusi udara dan iklim dengan pola kejadian tuberkulosis di Kota Pekanbaru tahun 2015-2020.

Dilakukan uji korelasi antara CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, temperatur, kelembapan, curah hujan dan kecepatan angin dengan tuberkulosis. Uji korelasi ini dilakukan dengan uji korelasi Spearman's rho yang kemudian akan didapatkan nilai signifikansi (*p value*) dan koefisien korelasi (*r*).

## HASIL

Penelitian ini telah dilakukan dalam wilayah kerja Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Pekanbaru berupa data laporan kualitas udara dan data dari Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru berupa data tuberkulosis. Penelitian ini dilakukan berdasarkan data laporan selama 2.192 hari yang terhitung mulai tanggal 1 Januari 2015 sampai dengan 31 Desember 2020.

### Korelasi parameter Polusi Udara dengan angka kejadian Tuberkulosis

Berdasarkan pengolahan data, didapatkan nilai koefisien korelasi antara parameter polusi udara dengan tuberkulosis pada tabel 1, sebagai berikut:

Tabel 1. Korelasi parameter polusi udara dengan angka kejadian tuberkulosis

Variabel	N	p value	r (koefisien korelasi)
PM <sub>10</sub>	1811	0,000	0,159
SO <sub>2</sub>	1157	0,002	0,092
CO	1706	0,000	0,135
O <sub>3</sub>	1736	0,000	0,174
NO <sub>2</sub>	1649	0,000	0,137
PM <sub>2.5</sub>	910	0,000	0,115

Pada tabel 1 menunjukkan hasil uji korelasi *Spearman's rho* antara polusi udara berupa konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan jumlah kasus total tuberkulosis per hari diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Konsentrasi SO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,002. Konsentrasi CO dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Konsentrasi O<sub>3</sub> dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Nilai signifikansi *p value* < 0,05, menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara variabel parameter polusi udara dan kasus tuberkulosis.

Pada kekuatan hubungan dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi PM<sub>10</sub> 0,159 yang memiliki tingkat korelasi yang lemah. Kekuatan hubungan SO<sub>2</sub> dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi 0,092 yang memiliki tingkat korelasi yang sangat lemah. Kekuatan hubungan CO dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi 0,135 yang memiliki tingkat korelasi yang lemah. Pada kekuatan hubungan dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi O<sub>3</sub> 0,174 memiliki tingkat korelasi yang lemah. Kekuatan hubungan NO<sub>2</sub> dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi 0,137 yang memiliki tingkat korelasi yang lemah. Pada kekuatan hubungan dapat terlihat dari nilai koefisien korelasi PM<sub>2.5</sub> 0,115 yang memiliki tingkat korelasi yang lemah.

**Korelasi Parameter Iklim dengan angka kejadian Tuberkulosis**

Hasil uji korelasi iklim berupa data temperatur, kelembapan, curah hujan, kecepatan angin dengan

pengaruhnya terhadap jumlah kasus tuberkulosis dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2. Korelasi hubungan parameter iklim dengan angka kejadian tuberculosi

Variabel	N	p value	r (koefisien korelasi)
Temperatur rata-rata	2137	0,965	0,001
Kelembapan rata-rata	2137	0,464	-0,016
Curah hujan	1783	0,021	-0,055
Kecepatan angin	2147	0,003	0,065

Berdasarkan tabel 2, menunjukkan bahwa hasil uji korelasi *Rank Spearman* antara hubungan temperatur rata-rata dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,965. Hubungan kelembapan rata-rata dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,464. Nilai signifikansi *p value* > 0,05 yang berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan antara temperatur dan kelembapan udara dengan tuberkulosis.

Hasil uji korelasi *Spearman's rho* antara hubungan curah hujan dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,021. Pada hubungan kecepatan angin dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,003. Nilai signifikansi *p value* curah hujan dan kecepatan angin < 0,05 yang berarti menunjukkan hubungan yang signifikan dengan tuberkulosis.

Pada kekuatan hubungan curah hujan dengan nilai koefisiensi korelasi -0,055 yang memiliki korelasi negatif yang sangat lemah dengan tuberkulosis. Pada kekuatan hubungan kecepatan angin dapat terlihat nilai koefisiensi korelasi 0,065 yang memiliki tingkat korelasi yang sangat lemah dengan tuberkulosis.

**PEMBAHASAN**

**Korelasi Polusi Udara dengan angka kejadian Tuberkulosis**

Polusi udara adalah kondisi dimana terdapat zat berbahaya di udara yang dapat mengakibatkan risiko gangguan kesehatan atau dapat juga terjadi gangguan pada lingkungan secara umum. Tuberkulosis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang berasal riwayat

kontak dengan seseorang yang terinfeksi.

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan hasil uji korelasi *Spearman* antara hubungan konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan jumlah kasus tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Nilai *p value* 0,000 < 0,05 yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Nilai koefisiensi korelasi PM<sub>10</sub> dengan tuberkulosis 0,159 yang memiliki korelasi positif tetapi dengan tingkat korelasi yang lemah.

Uji korelasi pada hubungan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan jumlah kasus tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,000. Nilai *p value* 0,000 < 0,05 yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Nilai koefisiensi korelasi PM<sub>2,5</sub> dengan tuberkulosis 0,115 yang memiliki korelasi positif tetapi dengan tingkat korelasi yang lemah.

Jika terjadi peningkatan konsentrasi PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> akan meningkatkan jumlah kasus tuberkulosis di Kota Pekanbaru. Penyebab meningkatnya risiko tuberkulosis ini bisa disebabkan karena peningkatan konsentrasi PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> dapat merusak respon imun pernafasan di dalam tubuh seseorang sehingga meningkatkan kerentanan terhadap bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Selain itu ukuran polutan yang kecil dari 10mikron atau bahkan polutan berukuran 2,5 mikron ini mampu melewati saluran pernapasan dan menumpuk pada jaringan paru-paru.<sup>9</sup> Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Jinan, Shandong, China oleh Liu Yao *et al.*, pada tahun 2019 yang menyatakan bahwa terdapat korelasi positif peningkatan paparan PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2,5</sub> dengan kejadian kasus tuberkulosis.<sup>10</sup>

Begitu juga uji korelasi pada hubungan konsentrasi  $\text{SO}_2$  dengan jumlah kasus tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0.002. Nilai *p value*  $0,002 < 0,05$  yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Nilai koefisiensi korelasi  $\text{SO}_2$  dengan tuberkulosis 0,092 yang memiliki korelasi positif tetapi dengan tingkat korelasi yang sangat lemah.

Jika terjadi peningkatan konsentrasi  $\text{SO}_2$  akan meningkatkan jumlah kasus tuberkulosis di Kota Pekanbaru. Penelitian ini sejalan dengan *systematic literatur review* yang dilakukan oleh Igor Popovic et al., yang menyatakan bahwa  $\text{SO}_2$  memiliki korelasi terhadap meningkatnya kasus tuberkulosis.<sup>8</sup> Paparan  $\text{SO}_2$  selama 30 menit, kemungkinan mampu mengakibatkan apoptosis pada makrofag alveolar.<sup>7</sup>

Selanjutnya uji korelasi pada hubungan konsentrasi CO dengan jumlah kasus tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0.000. Nilai *p value*  $0,000 < 0,05$  yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Nilai koefisiensi korelasi CO dengan tuberkulosis 0,155 yang memiliki korelasi positif tetapi dengan tingkat korelasi yang lemah.

Peningkatan konsentrasi CO akan meningkatkan jumlah kasus tuberkulosis di Kota Pekanbaru. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Liu Yao et al., pada tahun 2019 yang menyatakan bahwa CO meningkatkan sensitifitas kasus tuberkulosis dan meningkatkan resistensi pengobatan TB.<sup>10</sup> Ikatan karboksihemoglobin memiliki efek penghambatan pada respon imun tubuh dan menyebabkan inflamasi.<sup>9</sup> Penelitian lain yang dilakukan oleh Yi Jun Lin et al., pada tahun 2019 menyebutkan pengaruh CO dapat mengaktifkan interleukin (IL-10) dalam makrofag paru-paru dan meningkatkan risiko reaktivasi *Mycobacterium tuberculosis*.<sup>11</sup>

Uji korelasi pada hubungan konsentrasi  $\text{O}_3$  dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0.000. Nilai *p value*  $0,000 < 0,05$  yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Nilai koefisiensi korelasi  $\text{O}_3$  dengan tuberkulosis 0,174 yang memiliki korelasi positif tetapi dengan tingkat korelasi yang lemah.

Selanjutnya peningkatan konsentrasi  $\text{O}_3$  akan meningkatkan jumlah kasus tuberkulosis

di Kota Pekanbaru. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Wulumuqi, China oleh Jiandong Yang et al., yang menyatakan bahwa  $\text{O}_3$  meningkatkan risiko terjadinya kasus tuberkulosis. Hal ini terjadi karena sifat ozon merupakan zat kimia yang dapat melakukan oksidasi yang kuat, menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan.<sup>9</sup>

Uji korelasi pada hubungan konsentrasi  $\text{NO}_2$  dengan jumlah kasus total tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0.000. Nilai *p value*  $0,000 < 0,05$  yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Nilai koefisiensi korelasi  $\text{NO}_2$  dengan tuberkulosis 0,137 yang memiliki korelasi positif tetapi dengan tingkat korelasi yang lemah.

Demikian pula, peningkatan konsentrasi  $\text{NO}_2$  akan meningkatkan jumlah kasus tuberkulosis di Kota Pekanbaru. Penelitian ini sejalan dengan meta-analysis yang dilakukan oleh Kun Xiang et al. pada tahun 2021 yang menyatakan paparan  $\text{NO}_2$  berasosiasi dengan tingginya insiden tuberkulosis.<sup>12</sup> Penelitian oleh Kai Huang et al. pada tahun 2020 juga mengatakan  $\text{NO}_2$  merupakan gas yang dapat mengiritasi saluran pernapasan bagian bawah dan juga alveolus. Oleh karena itu  $\text{NO}_2$  membantu mempercepat *Mycobacterium tuberculosis* menyerang alveoli dan dapat mempercepat perkembangan tuberkulosis.<sup>13</sup>

Selain akibat yang ditimbulkan oleh gas-gas polusi udara, secara umum peningkatan kadar polusi udara juga dapat berasosiasi dengan aktivitas dan kegiatan masyarakat. Semakin tingginya kadar polusi udara mengakibatkan berkurangnya aktivitas di luar ruangan. Terjadinya peningkatan aktivitas di dalam ruangan juga dapat meningkatkan risiko penularan akibat kontak terhadap seseorang yang terinfeksi tuberkulosis.<sup>9</sup>

Berdasarkan paparan hubungan signifikansi dari parameter parameter polusi udara tahun 2015 sampai dengan 2020 menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara variabel polusi udara berupa  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ , CO,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  dengan jumlah kasus tuberkulosis per hari. Penelitian lain yang mendukung dengan peningkatan polusi udara mengakibatkan peningkatan kualitas udara adalah pada penelitian yang dilakukan di Federal District, Brazil yang dilakukan oleh Fernanda Monteiro de Castro Fernandes et al., yang menyatakan bahwa

terdapat hubungan antara meningkatnya polusi udara dengan peningkatan kasus tuberkulosis.<sup>14</sup>

### **Korelasi Iklim dengan angka kejadian Tuberkulosis**

Berdasarkan tabel 2, menunjukkan bahwa hasil uji korelasi *Spearman* antara hubungan temperatur rata-rata dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,965. Nilai *p value*  $0,965 > 0,05$  yang berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Begitu juga hasil uji korelasi *Spearman* antara hubungan kelembapan rata-rata dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,464. Nilai *p value*  $0,464 > 0,05$  yang berarti juga tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kelembapan dengan tuberkulosis.

Data temperatur dan kelembapan udara menunjukkan tidak terdapat adanya pengaruh yang signifikan terhadap kasus tuberkulosis. Temperatur dan kelembapan dapat berpengaruh pada suhu udara yang sangat rendah, seperti pada musim dingin dengan suhu  $<22^{\circ}\text{C}$ . Pada musim dingin, sedikitnya waktu paparan sinar matahari kekurangan mengakibatkan seseorang vitamin D dan dapat menurunkan sistem kekebalan tubuh.<sup>15,16</sup> Indonesia merupakan negara tropis, sehingga temperatur rendah yang sangat ekstrim sangat jarang terjadi.<sup>17</sup>

Berdasarkan tabel 2, menunjukkan bahwa hasil uji korelasi *Spearman* antara hubungan curah hujan dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,021. Nilai *p value*  $0,021 < 0,05$  yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Kekuatan hubungan dapat terlihat dengan nilai koefisiensi korelasi -0,055 yang memiliki tingkat korelasi yang sangat lemah.

Hasil dari uji korelasi ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif yang berarti jika terjadi peningkatan curah hujan maka terjadi penurunan jumlah kasus tuberkulosis di Kota Pekanbaru. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh curah hujan berkorelasi negatif, tetapi dengan kekuatan hubungan yang sangat lemah. Efek korelasi negatif tersebut bisa terjadi akibat lamanya perkembangan penyakit tuberkulosis, basil *Mycobacterium tuberculosis* membutuhkan waktu yang lama untuk menimbulkan gejala setelah masuk kedalam

tubuh.<sup>18</sup> Oleh karena itu pada saat tingginya curah hujan, tidak terdapat korelasi langsung curah hujan dengan penyakit tuberkulosis. Pada musim hujan masyarakat mengurangi aktivitas di luar ruangan yang berhubungan dengan berkurangnya pemeriksaan kesehatan ke fasilitas kesehatan.<sup>14</sup>

Hasil uji korelasi *Spearman* antara hubungan kecepatan angin dengan tuberkulosis diperoleh nilai signifikansi (*p value*) 0,003. Nilai *p value*  $0,003 < 0,05$  yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel tersebut. Pada kekuatan hubungan dapat terlihat nilai koefisiensi korelasi 0,065 yang memiliki tingkat korelasi yang sangat lemah.

Hasil dari uji korelasi ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif yang berarti jika terjadi peningkatan kecepatan angin maka terjadi peningkatan jumlah kasus tuberkulosis di Kota Pekanbaru tetapi dengan kekuatan yang sangat lemah. Penelitian yang mendukung hubungan kecepatan angin ini dilakukan di Beijing, China yang dilakukan oleh Cun Yan Zhang et al., yang menyatakan bahwa terdapat peningkatan kasus tuberkulosis apabila meningkatnya kecepatan angin, hal ini bisa terjadi akibat difusi yang cepat basil *Mycobacterium tuberculosis* oleh kecepatan angin yang tinggi, sehingga secara langsung mempengaruhi kejadian tuberkulosis.<sup>19</sup>

Secara umum hubungan kondisi iklim di Indonesia khususnya Pekanbaru tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap kasus tuberkulosis. Iklim tropis dengan perbedaan rentang yang tidak terlalu jauh membuat nilai hasil yang tidak signifikan ataupun korelasi yang sangat lemah antara parameter iklim dan tuberkulosis tersebut.

### **KESIMPULAN**

Uji korelasi *Spearman rho* menunjukkan terdapat korelasi positif antara hubungan polusi udara dengan meningkatnya kasus tuberkulosis. Ada hubungan yang signifikan antara  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  (*p value*  $< 0,05$ ) dan mempunyai korelasi positif dengan jumlah kasus tuberkulosis per harinya meskipun dengan korelasi yang lemah. Sedangkan pada iklim parameter temperatur dan kelembapan tidak memberikan hubungan yang signifikan, serta curah hujan dan kecepatan angin

memberikan kekuatan korelasi yang sangat lemah dengan tuberkulosis.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dinas Kesehatan dan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Pekanbaru.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Presiden RI. PP RI No 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Peraturan Pemerintah no 41 tentang Pengendali Pencemaran Udara. Published online 1999. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/54332/pp-no-41-tahun-1999>
2. Kusminingrum N, G G. Polusi udara akibat aktivitas kendaraan bermotor di jalan perkotaan Pulau Jawa dan Bali. *Pus Litbang Jalan dan Jemb*. Published online 2008:13. <http://pu.go.id/uploads/services/infopublik20130926120104.pdf>
3. BNPB. Rekapitulasi luas kebakaran hutan dan lahan (Ha) Per Provinsi di Indonesia Tahun 2016-2021. *Karhutla Monit Sist*. 2021;(1):26-27. [http://sipongi.menlhk.go.id/hotspot/luas\\_kebakaran](http://sipongi.menlhk.go.id/hotspot/luas_kebakaran)
4. Darliana D. Manajemen pasien tuberkulosis paru. *Idea Nurs J*. 2011;2(1):27-31.
5. WHO. Global tuberculosis report 2020.; 2020.
6. KEMENKES RI. Profil kesehatan Indonesia 2020; 2021. <https://pusdatin.kemkes.go.id/resources/download/pusdatin/profil-kesehatan-indonesia/Profil-Kesehatan-Indonesia-Tahun-2020.pdf>
7. Wang W, Guo W, Cai J, Guo W, Liu R, Liu X, et al. Epidemiological characteristics of tuberculosis and effects of meteorological factors and air pollutants on tuberculosis in Shijiazhuang, China: A distribution lag non-linear analysis. *Environ Res*. 2021;195:110310. doi:10.1016/j.envres.2020.110310
8. Popovic I, Soares Magalhaes RJ, Ge E, Marks GB, Dong GH, Wei X, et al. A systematic literature review and critical appraisal of epidemiological studies on outdoor air pollution and tuberculosis outcomes. *Environ Res*. 2019;170(December 2018):33-45. doi:10.1016/j.envres.2018.12.011
9. Yang J, Zhang M, Chen Y, Ma L, Yadikaer R, Lu Y, et al. A study on the relationship between air pollution and pulmonary tuberculosis based on the general additive model in Wulumuqi, China. *Int J Infect Dis*. 2020;96:42-47. doi:10.1016/j.ijid.2020.03.032
10. Yao L, Liang Liang C, Jin Yue L, Song WM, Su L, Li YF, et al. Ambient air pollution exposures and risk of drug-resistant tuberculosis. *Environ Int*. 2019;124(August 2018):161-169. doi:10.1016/j.envint.2019.01.013
11. Lin YJ, Lin HC, Yang YF, Chi YC, Min PL, Szu CC, et al. Association between ambient air pollution and elevated risk of tuberculosis development. *Infect Drug Resist*. 2019;12:3835-3847. doi:10.2147/IDR.S227823
12. Xiang K, Xu Z, Yu QH, Yi SH, Yi LD, Wu Q, et al. Association between ambient air pollution and tuberculosis risk: A systematic review and meta-analysis. *Chemosphere*. 2021;277:130342. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.130342
13. Huang K, Ding K, Yang XJ, Yang Hu C, Jiang W, Guo Hua X, et al. Association between short-term exposure to ambient air pollutants and the risk of tuberculosis outpatient visits: A time-series study in Hefei, China. *Environ Res*. 2020;184(February):109343. doi:10.1016/j.envres.2020.109343
14. Fernandes FM de C, Martins E de S, Pedrosa DMAS, Evangelista M do SN. Relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the Federal District, Brazil, 2003–2012. *Brazilian J Infect Dis*. 2017;21(4):369-375. doi:10.1016/j.bjid.2017.03.017
15. Mohammed SH, Ahmed MM, Al-Mousawi AM, Azeez A. Seasonal behavior and forecasting trends of tuberculosis incidence in Holy Kerbala, Iraq. *Int J Mycobacteriology*. 2018;6(3):239-245. doi:10.4103/ijmy.ijmy
16. Xu M, Li Y, Liu B, Chen R, Sheng L, Yan S, et al. Temperature and humidity associated with increases in tuberculosis notifications: a time-series study in Hong Kong. *Epidemiol Infect*. 2020;149:e8. doi:10.1017/S0950268820003040

17. Aldrian, Edvin, M. Karmini and BB. Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim global. pusat perubahan iklim dan kualitas udara, Kedeputian Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika; 2011.
18. Kim EH, Bae JM. Seasonality of tuberculosis in the Republic of Korea, 2006-2016. *Epidemiol Health*. 2018;40:e2018051. doi:10.4178/epih.e2018051
19. Zhang CY, Zhang A. Climate and air pollution alter incidence of tuberculosis in Beijing, China. *Ann Epidemiol*. 2019;37:71-76. doi:10.1016/j.annepidem.2019.07.003