



Studi Faktor Iklim dan Kasus TB di Kabupaten Serang, Provinsi Banten

Achmad Rizki Azhari¹, Agustin Kusumayati^{2✉}, Ema Hermawati²

¹Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Program Pascasarjana, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

²Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 07 September 2021

Disetujui Januari 2022

Dipublikasikan Januari 2022

Keywords:

Climate factors; ecological study; number of new TB cases

DOI:

<https://doi.org/10.15294/higeia.v6i1.49739>

Abstrak

TB disebabkan *M. tuberculosis* yang menyebar melalui udara dan telah menginfeksi seperempat populasi dunia. Indonesia memiliki tren peningkatan prevalensi TB pada tahun 2010-2019. Kasus TB paru di Kabupaten Serang memiliki tren peningkatan selama 2017-2019 dan menduduki peringkat pertama kasus baru TB BTA+ terbanyak di Provinsi Banten pada tahun 2019. Faktor iklim merupakan salah satu faktor lingkungan terpenting dalam penyebaran TB. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan jumlah kasus baru TB dengan faktor iklim bulanan (suhu, kelembaban, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari) tahun 2014-2020 di Kabupaten Serang. Penelitian ini menggunakan rancangan studi ekologi yang dilaksanakan pada April-Juni 2021. Hasil uji korelasi *rank spearman* menunjukkan kelembaban (nilai-p = 0,010; r = -0,279), curah hujan, (nilai-p = 0,004; r = -0,312) dan lama penyinaran matahari (nilai-p = 0,007; r = 0,293) berhubungan dengan jumlah kasus baru TB. Sedangkan suhu dan kecepatan angin tidak berhubungan dengan jumlah kasus baru TB (nilai-p > 0,05). Kesimpulan penelitian ini adalah kelembaban, curah hujan, dan lama penyinaran matahari berhubungan dengan jumlah kasus baru TB.

Abstract

TB is airborne disease caused by *M. tuberculosis* and had infected a quarter of the world's population. Indonesia had upward trend of TB prevalence at 2010-2019. Pulmonary TB cases in Serang Regency had upward trend at 2017-2019 and ranked first in the most new TB cases in Banten Province at 2019. Climate factors were one of the most important environmental factors in TB transmission. The purpose of this research was to analyze the correlation between the number of new TB cases and climate factors (temperature, humidity, rainfall, wind speed, and sunshine duration) at 2014-2020 in Serang Regency. This research used ecological study design that have done at April-June 2021. Spearman test results showed that humidity (p-value = 0.010; r = -0.279), rainfall (p-value = 0.004; r = -0.312) and sunshine duration (p-value = 0.007; r = 0.293) were correlated with new TB cases. Temperature and wind speed were not correlated with new TB cases (p-value > 0.05). In conclusion, humidity, rainfall, and sunshine duration were correlated with new TB cases.

© 2022 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung FKM Universitas Indonesia,
Kota Depok, Jawa Barat, 16424
E-mail: agustin.kusumavati@ui.ac.id

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) merupakan suatu penyakit menular melalui udara, disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (World Health Organization, 2020; Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2016). Menurut badan kesehatan dunia, WHO, bahwa *incidence rate* TB terjadi penurunan sebesar 9% antara tahun 2015 dan 2019 (dari 142 menjadi 130 kasus baru per 100.000 penduduk). Namun, penurunan tersebut tidak cukup cepat untuk mencapai *milestone* pertama dari WHO End TB Strategy, dimana ditargetkan terjadi pengurangan kasus TB sebesar 20% antara tahun 2015 dan 2020 (World Health Organization, 2020).

TB juga merupakan masalah kesehatan di Negara Indonesia. Berdasarkan data jumlah kasus TB paru terkonfirmasi bakteriologis, kasus TB paru di Indonesia sebesar 260.699 kasus atau sebesar 97,25 kasus per 100.000 penduduk pada tahun 2019 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020). Angka prevalensi TB paru di Indonesia sejak tahun 2010 sampai 2019 cenderung meningkat, dimana prevalensi TB paru terendah terjadi pada tahun 2014 sebesar 70,08 per 100.000 penduduk dan prevalensi TB paru tertinggi terjadi pada tahun 2019 (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2016, 2012, 2015, 2014, 2013, 2017, 2018, 2019, 2020, 2011).

Kabupaten Serang merupakan salah satu daerah administrasi di Provinsi Banten yang mempunyai permasalahan terkait TB. Berdasarkan data kasus baru TB BTA+, Kabupaten Serang menduduki peringkat pertama kasus TB di Provinsi Banten pada tahun 2019 dengan jumlah kasus sebesar 3.568 kasus atau sebesar 236,54 kasus per 100.000 penduduk (Dinas Kesehatan Kabupaten Serang, 2020; Dinas Kesehatan Provinsi Banten, 2019). Jika dibandingkan data dua tahun sebelumnya, terjadi peningkatan kasus baru TB di Kabupaten Serang, dimana pada tahun 2018 sebesar 2.855 kasus baru TB paru (CNR= 190 kasus per 100.000 penduduk) dan terdapat 1.139 kasus baru TB paru (CNR= 79 kasus per 100.000

penduduk) saat tahun 2017 (Dinas Kesehatan Kabupaten Serang, 2018, 2019, 2020).

Penyakit menurut teori Trias Epidemiologi disebabkan oleh tiga faktor yaitu agen penyakit, host yang rentan, serta lingkungan yang dapat mempengaruhi agen dan peluang pajanan (*Centers for Disease Control and Prevention*, 2012). Dari ketiga faktor tersebut, faktor lingkungan menjadi faktor penting dalam penyebaran penyakit menular. Dari berbagai faktor lingkungan, menurut WHO, faktor iklim menjadi salah satu dari empat faktor lingkungan terpenting dalam penyebaran penyakit menular terutama penyakit-penyakit yang rentan menimbulkan epidemi (World Health Organization, 2008).

Variasi faktor iklim berupa suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari, curah hujan dan kecepatan angin diperkirakan memiliki hubungan dengan kasus penyakit TB. Penelitian menggunakan tahun data 2003-2012 oleh Fernandes di Distrik Federal, Brazil, menunjukkan bahwa kasus TB berhubungan dengan kelembaban relatif antara 31,0% dan 69,0% ($p = <0,001$), 12 jam sinar matahari setiap hari atau lebih ($p= 0,001$), dan suhu antara 20°C dan 23°C ($p = <0,001$) (Fernandes, 2017). Hasil analisis ekologi antara data faktor iklim dan kasus TB selama lima tahun di 31 provinsi di daratan Cina oleh Cao menunjukkan suhu rata-rata (RR= 1,00324; 95% CI= 1,00150–1,00550), curah hujan (RR= 1,01010; 95% CI= 1,01007–1,01013), dan kecepatan angin (RR= 0,8351; 95%CI= 0,93732–0,96138) memberikan efek pada risiko kasus TB (Cao, 2016).

Penelitian yang dilaksanakan Masalamate dan Pamaruntuan menggunakan tahun data 2014-2018 di Kota Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara, menemukan bahwa jika terjadi peningkatan suhu dan kelembaban, maka akan terjadi peningkatan jumlah kasus TB yang dilaporkan, jumlah pasien TB Paru baru BTA positif yang diobati dan juga pasien TB Paru yang sembuh dan pengobatan lengkap (Masalamate & Pamaruntuan, 2019). Analisis data sekunder tahun 2009 hingga 2012 oleh Lambok di Kabupaten Serdang Bedagai,

Provinsi Sumatera Utara, menemukan kelembaban udara ($p=0,013$) dan penyinaran matahari ($p=0,012$) berhubungan dengan kasus TB (Sinaga, 2014). Jumlah penelitian terkait faktor iklim dan penyakit TB khususnya di Indonesia masih terbatas dan menggunakan rentang tahun data lima tahun. Sedangkan menurut World Meteorological Organization, kriteria minimal pengamatan iklim periode pendek atau juga dikenal sebagai *provisional normal* yaitu lebih dari lima tahun (World Meteorological Organization, 2017).

Mengetahui dampak kesehatan dari perubahan iklim diperlukan untuk memberikan bukti ilmiah yang menjadi dasar kebijakan terkait dengan tindakan pengendalian dan mitigasi (World Health Organization, 2003). Berdasarkan uraian permasalahan di atas, bahwa faktor iklim merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kasus TB. Sehingga, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai analisis faktor iklim dengan kasus TB. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan faktor iklim berupa suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari, curah hujan dan kecepatan angin dengan kasus TB di Kabupaten Serang tahun 2014-2020.

METODE

Rancangan studi ekologi tren waktu diterapkan dalam penelitian ini. Populasi dan sampel merupakan agregat wilayah Kabupaten Serang. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Serang sejak bulan April hingga Juni 2021. Jumlah kasus baru TB dan faktor iklim (suhu udara rata-rata, kelembaban rata-rata, total curah hujan, lama penyinaran matahari rata-rata, dan kecepatan angin rata-rata) merupakan variabel utama penelitian. Untuk mendukung hasil analisis hubungan antara kedua variabel tersebut, peneliti melibatkan variabel non-iklim yang berhubungan dengan kasus TB yang terdiri atas kepadatan penduduk, kondisi kemiskinan, ketersediaan dokter umum, ketersediaan dokter spesialis, dan angka kesembuhan TB. Pengumpulan data jumlah kasus baru TB per bulan periode Januari 2014-

Desember 2020 dilakukan dengan mengambil data sekunder dari Dinas Kesehatan Kabupaten Serang. Sedangkan data faktor iklim per bulan Kabupaten Serang dengan periode yang sama berasal dari BKMG Stasiun Meteorologi Klas I Serang.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas analisis univariat dan bivariat. Analisis univariat untuk memberikan gambaran distribusi masing-masing variabel jumlah kasus baru TB dan faktor iklim. Analisis bivariat dengan menganalisis hubungan faktor iklim dengan jumlah kasus baru TB pada *lag time* atau selang waktu (bulan) yang berbeda untuk mencari pada *lag time* mana yang memperlihatkan korelasi antara variabel penelitian dan pada *lag time* mana yang memiliki koefisien korelasi terbesar. Analisis dilakukan dengan menghubungkan jumlah kasus baru TB per bulan dengan faktor iklim per bulan dengan *lag time* (bulan) berbeda yang dimulai dengan *lag time* 0 (bulan yang sama) hingga *lag time* 12. Pengambilan *lag time* hingga 12 bulan dikarenakan masa inkubasi *M. tuberculosis* di dalam tubuh host dapat mencapai satu tahun (Vynnycky, 2000). Untuk mengetahui hubungan antara faktor iklim dan kasus baru TB digunakan uji korelasi *pearson* atau korelasi *rank spearman* (tergantung kondisi distribusi data) untuk melihat hubungan antara faktor iklim dan jumlah kasus baru TB di Kabupaten Serang tahun 2014-2020 pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$).

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik dan Riset dan Pengabdian Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia pada tanggal 06 Mei 2021. Adapun persetujuan etik yang dimaksud tertuang di dalam surat persetujuan etik nomor Ket-173/UN2.F10.D11/PPM.00.02/2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah kasus baru TB per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki puncak kasus pada bulan Oktober 2019 sebanyak 425 kasus. Jumlah kasus baru TB per

bulan terendah pada bulan Mei 2020 sebanyak 139 kasus. Jumlah kasus baru TB per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 cenderung mengalami penurunan ketika memasuki bulan Desember.

Suhu udara rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki puncak tertinggi pada bulan November 2019 sebesar 28,8 °C. Suhu udara rata-rata per bulan terendah di Kabupaten Serang terjadi pada bulan Januari 2014 sebesar 26,1 °C. Selain itu, suhu udara rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki pola dimana secara konsisten meningkat ketika memasuki bulan April dan September, serta penurunan ketika memasuki bulan Juni dan Juli.

Kelembaban udara rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki puncak tertinggi pada bulan Februari 2014 sebesar 87%. Kelembaban udara rata-rata per bulan terendah di Kabupaten Serang terjadi pada September 2015 sebesar 70%. Selain itu, kelembaban udara rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 cenderung

mengalami penurunan ketika Bulan Agustus dan peningkatan pada Oktober.

Total curah hujan per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki puncak tertinggi pada bulan Januari 2014 sebesar 376,7 mm. Total curah hujan per bulan terendah terjadi pada bulan Agustus 2018 dan September 2019 yaitu sebesar 0,0 mm. Selain itu, total curah hujan per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki pola dimana secara konsisten mengalami penurunan ketika memasuki bulan April dan dominan mengalami peningkatan ketika bulan Desember.

Kecepatan angin rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki puncak tertinggi pada bulan Januari 2018 dan Desember 2020, sebesar 3,2 knot. Kecepatan angin rata-rata per bulan terendah di Kabupaten Serang terjadi pada bulan Juli 2017, sebesar 1,1 knot. Selain itu, kecepatan angin rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 cenderung menurun ketika memasuki bulan Maret dan Juni serta cenderung mengalami peningkatan pada bulan Agustus.

Tabel 1. Hasil Uji Korelasi *Rank Spearman* Faktor Iklim dan Jumlah Kasus Baru TB

Lag (Bulan)	Koefisien Korelasi Setiap Variabel Faktor Iklim dengan Jumlah Kasus Baru TB				
	Suhu	Kelembaban	Curah Hujan	Kecepatan Angin	Lama Matahari
Lag 0	0,162	*-0,279	*-0,312	-0,018	*0,293
Lag 1	0,025	*-0,236	-0,147	0,045	*0,312
Lag 2	0,077	-0,142	-0,108	-0,065	0,115
Lag 3	0,014	-0,095	-0,117	-0,070	*0,241
Lag 4	0,023	-0,137	-0,149	0,041	*0,220
Lag 5	0,035	-0,056	-0,069	0,019	0,182
Lag 6	0,080	-0,027	-0,036	-0,041	0,113
Lag 7	0,211	0,013	0,113	0,138	0,018
Lag 8	0,123	-0,074	0,114	0,163	-0,060
Lag 9	0,099	0,027	0,104	-0,050	-0,092
Lag 10	0,007	0,086	0,151	-0,008	-0,035
Lag 11	0,007	-0,003	0,076	0,016	-0,038
Lag 12	0,006	0,017	-0,050	-0,050	0,087

*Signifikan pada $\alpha=0,05$

Lama penyinaran matahari rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki puncak tertinggi pada Bulan Agustus 2014 dan September 2019 sebesar 91%. Lama penyinaran matahari rata-rata per bulan terendah di Kabupaten Serang terjadi pada bulan Januari 2014 sebesar 29%. Selain itu, lama penyinaran matahari rata-rata per bulan di Kabupaten Serang periode 2014-2020 memiliki pola secara konsisten dimana mengalami peningkatan ketika bulan Juli, serta penurunan ketika bulan Desember.

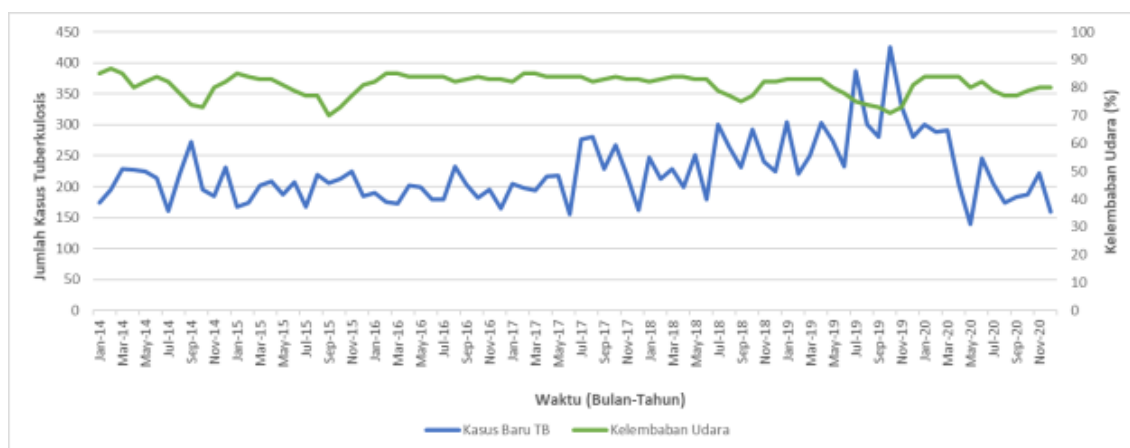
Hasil uji korelasi dalam Tabel 1. menunjukkan bahwa suhu udara rata-rata dan kecepatan angin rata-rata tidak memiliki hubungan signifikan dengan jumlah kasus baru TB dalam semua *lag* bulan yang dianalisis. Hubungan signifikan dengan arah negatif terjadi antara kelembaban udara rata-rata dan jumlah kasus baru TB dimana tingkat kekuatan hubungan terbesar terjadi pada *lag* 0 bulan. Hasil uji korelasi antara total curah hujan dan jumlah kasus baru TB per bulan menunjukkan hubungan yang signifikan ($\text{nilai-p} \leq 0,05$) hanya terdapat pada *lag* 0 bulan dengan arah negatif. Sedangkan hubungan signifikan antara lama penyinaran matahari rata-rata dan jumlah kasus baru TB dengan tingkat kekuatan hubungan terbesar terjadi pada *lag* 1 bulan dengan arah positif.

Analisis bivariat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan signifikan antara suhu udara rata-rata dan jumlah kasus baru TB per bulan di Kabupaten Serang tahun 2014-2020. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Khaliq (2015) di Lahore, Pakistan (Khaliq, 2015) dan hasil penelitian Onozuka dan Hagihara (2014) di Prefektur Fukuoka, Jepang (Onozuka, 2015) yang menunjukkan bahwa suhu udara berhubungan dengan kasus TB. Terdapat perbedaan variasi antara suhu udara rata-rata di Kabupaten Serang dan kedua lokasi penelitian tersebut menjadi penyebab adanya perbedaan hasil penelitian. Suhu udara rata-rata selama tahun 2014-2020 di Kabupaten Serang berkisar 26,1 °C-28,8 °C, sedangkan suhu udara rata-rata di Lahore dalam penelitian Khaliq (2015)

berkisar 20°C-40°C (Khaliq, 2015), dan suhu udara rata-rata di Prefektur Fukuoka dalam penelitian Onozuka dan Hagihara (2014) berkisar 4 °C-30 °C (Onozuka, 2015). Perbedaan tersebut mungkin dikarenakan Pakistan dan Jepang merupakan negara empat musim, sedangkan Kabupaten Serang memiliki dua musim.

Suhu udara diperkirakan dapat mempengaruhi kejadian TB melalui pengaruhnya terhadap pola aktivitas host. Pada musim dingin maupun kondisi suhu ekstrim, aktivitas dalam ruangan jauh lebih sering daripada di musim hangat, yang meningkatkan kemungkinan orang sehat terpajan basil tuberkel yang dikeluarkan dari orang yang terinfeksi di dalam ruangan untuk jangka waktu yang lebih lama (Janmeja, 2005; Ríos, 2000; Fares, 2011; Naranbat, 2009) dan berkonsekuensi terhadap transmisi *M. tuberculosis*. Kondisi suhu udara rata-rata di Kabupaten Serang selama tahun 2014-2020 mungkin tidak mempengaruhi pola aktivitas dalam ruang dari penduduk Kabupaten Serang, sehingga tidak adanya hubungan yang signifikan antara suhu dan kasus TB. Hal tersebut bisa diperkuat dengan besaran nilai maksimum (28,8 °C) dan minimum (26,1 °C) tidak begitu jauh berbeda.

Suhu udara juga dapat mempengaruhi kehidupan agen penyebab penyakit TB. *M. tuberculosis* termasuk dalam kelompok bakteri mesofilik, dimana bakteri ini menyukai tempat dengan suhu 25-40 °C (Gould, 2003). Besaran suhu rata-rata per bulan di Kabupaten Serang selama tahun 2014-2020 termasuk dalam kondisi yang disukai *M. tuberculosis*. Tidak ada hubungan signifikan antara suhu udara dengan kasus baru TB mungkin dikarenakan faktor keberadaan ventilasi di suatu bangunan atau rumah yang dapat mempengaruhi suhu udara di dalam ruangan. (Mukono, 2014). Selain keberadaan ventilasi rumah, perilaku seseorang dapat mempengaruhi pertukaran udara di rumah. Hasil penelitian Wallace (2002) menunjukkan perilaku membuka jendela berpengaruh kuat pada peningkatan laju pergantian udara. Kelompok peneliti tersebut juga menemukan bahwa seseorang cenderung



Gambar 1. Grafik Kelembaban Udara dan Jumlah Kasus Baru TB di Kabupaten Serang

lebih lama membuka jendela pada saat musim panas atau saat suhu udara luar tidak dingin (Wallace, 2002).

Analisis bivariat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan dengan arah negatif antara kelembaban udara rata-rata dan jumlah kasus baru TB per bulan di Kabupaten Serang tahun 2014-2020 dengan kondisi kelembaban udara rata-rata sebesar 70% hingga 87%.

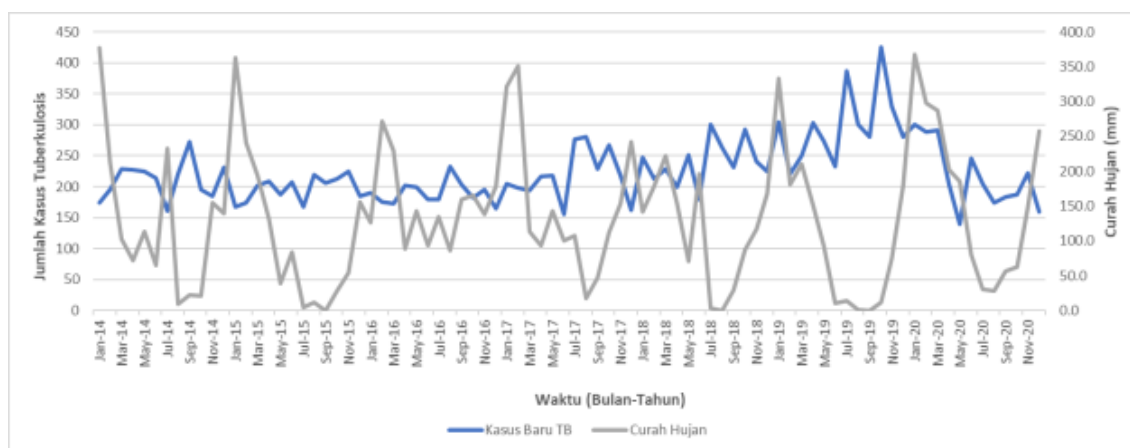
Pola hubungan negatif antara kelembaban udara dan jumlah kasus baru TB di Kabupaten Serang dapat dilihat dari Gambar 1. Misalnya, ketika memasuki Bulan Agustus 2016 dan Oktober 2019, terjadi peningkatan jumlah kasus baru TB bersamaan dengan penurunan kelembaban udara rata-rata di Kabupaten Serang. Selain itu, bila dilihat dari pola pergerakan kelembaban udara yang dimana cenderung menurun ketika memasuki bulan Agustus, maka terlihat bahwa jumlah kasus baru TB dominan mengalami peningkatan di Kabupaten Serang.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Beiranvand (2016) di Provinsi Khuzestan, Iran Selatan dengan periode tahun data 2005-2012 dan kondisi kelembaban sangat kering (Beiranvand, 2016); Fernandes (Fernandes, 2017) di Distrik Federal, Brazil, dengan periode tahun data 2005-2012 dan kondisi kelembaban sebesar 31,0%-69,0%; dan Kuddus (2019) di Bangladesh dengan periode tahun data 2007-2012 dan kondisi kelembaban udara rendah (72,3%) (Kuddus, 2019). Apabila

membandingkan kondisi kelembaban di Kabupaten Serang dan lokasi penelitian Fernandes (Fernandes, 2017) serta Kuddus (Kuddus, 2019), terlihat bahwa lokasi penelitian dengan kelembaban udara rata-rata minimal 31%-72,3% ditemukan pola hubungan negatif antara kelembaban udara dan jumlah kasus baru TB.

Pajanan udara dengan kelembaban rendah (30%-40%) dalam jangka waktu panjang dapat mengurangi produksi *mucus* pelindung pada permukaan saluran pernapasan, sehingga mengurangi ketahanan saluran pernapasan terhadap *Mycobacterium tuberculosis* (Fahy, 2010; Xiao, 2018; Arundel, 1986). Menurut hasil penelitian Nguyen (2013) bahwa kelembaban udara luar ruang memiliki hubungan yang kuat dengan arah positif, dengan kelembaban udara dalam ruang ($r = 0,66$) (Nguyen, 2014). Menurut data BMKG Klas I Serang bahwa kelembaban udara rata-rata Kabupaten Serang selama sebelas tahun (2010-2020) cenderung mengalami penurunan, sehingga terdapat kemungkinan bahwa terjadi penurunan kelembaban udara dalam rumah. Dengan kondisi kelembaban luar ruang tersebut, masyarakat di Kabupaten Serang hendaknya menjaga kelembaban dalam rumah, sehingga tidak menurun hingga besaran 30%-40% (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Klas I Serang, 2021).

Bakteri yang menyebabkan pneumonia, TB, brucellosis, dan antraks dapat ditransmisikan melalui udara. Masih sedikit literatur



Gambar 2. Grafik Curah Hujan dan Jumlah Kasus Baru TB di Kabupaten Serang

atau hasil penelitian yang menunjukkan tentang pengaruh langsung kelembaban relatif terhadap kelangsungan hidup di udara ataupun infektivitas bakteri patogen tersebut (Arundel, 1986). Namun, kebanyakan bakteri dan jamur bisa bertahan hidup pada kondisi kelembaban udara $\geq 70\%$ (World Health Organization, 1990). Dengan kondisi kelembaban udara rata-rata per bulan di Kabupaten Serang sebesar 70%-87%, maka bakteri dan jamur dapat hidup di lingkungan luar. Pola hubungan negatif yang terjadi antara kelembaban udara dan jumlah kasus baru TB, mungkin menunjukkan bahwa kelembaban udara di dalam rumah tidak memiliki hubungan dengan keberadaan agen penyebab TB di dalam rumah masyarakat Kabupaten Serang. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Duffield dan Young (1984) yang menemukan bakteri *Mycobacterium* patogen dapat bertahan hidup di tanah lembab maupun kering (Duffield, 1985).

Analisis bivariat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan dengan arah negatif antara total curah hujan dan jumlah kasus baru TB per bulan di Kabupaten Serang tahun 2014-2020 dengan total curah hujan bulanan sebesar 0,0-376,7 mm. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil yang ditemukan Xiao (2018) di Kota Jinghong, Cina Barat Daya, dengan total curah hujan bulanan sekitar 0-350 mm dan menggunakan data tahun 2006-2015 (Xiao, 2018). Penelitian Beiranvand (2016) di Provinsi Khuzestan, Iran Selatan dengan menggunakan tahun data 2005-

2012 juga melaporkan bahwa terdapat hubungan signifikan dengan arah negatif antara curah hujan dan angka kejadian TB ($r = -0,45$, nilai- $p = 0,001$), dimana kasus baru TB terendah (0-100 kasus per 100.000) berada di daerah dengan curah hujan rata-rata tahunan lebih dari 1.000 mm (nilai- $p = 0,003$) (Beiranvand, 2016). Jika melihat Gambar 2, maka terlihat bahwa setiap memasuki bulan April terjadi penurunan total curah hujan, namun dominan terjadi peningkatan jumlah kasus baru TB di Kabupaten Serang. Dengan demikian, semakin menurunnya curah hujan, maka jumlah kasus baru TB meningkat.

Curah hujan dapat menentukan jumlah waktu yang dihabiskan host di dalam ruangan sehingga mempengaruhi transmisi *M. tuberculosis* di dalam rumah (Naranbat, 2009). Kondisi hujan cenderung mendorong seseorang untuk beraktivitas di dalam ruangan. Hal tersebut didukung dengan hasil penelitian Wagner (2019) terhadap perilaku aktivitas fisik penduduk Amerika dewasa yang menunjukkan bahwa kondisi hujan meningkatkan peluang 3,33 kali lebih tinggi responden untuk beraktivitas fisik di dalam ruangan dibandingkan di luar ruangan (95%CI: 1,34–8,28) (Wagner, 2019). Dengan demikian, masyarakat yang memiliki anggota keluarga penderita TB hendaknya selalu waspada dalam kondisi yang memungkinkan kepadatan penghuni rumah meningkat seperti pada saat musim hujan, penerapan penggunaan pelindung diri seperti masker dan penerapan pola hidup bersih dan

sehat penting untuk mencegah penularan di dalam rumah.

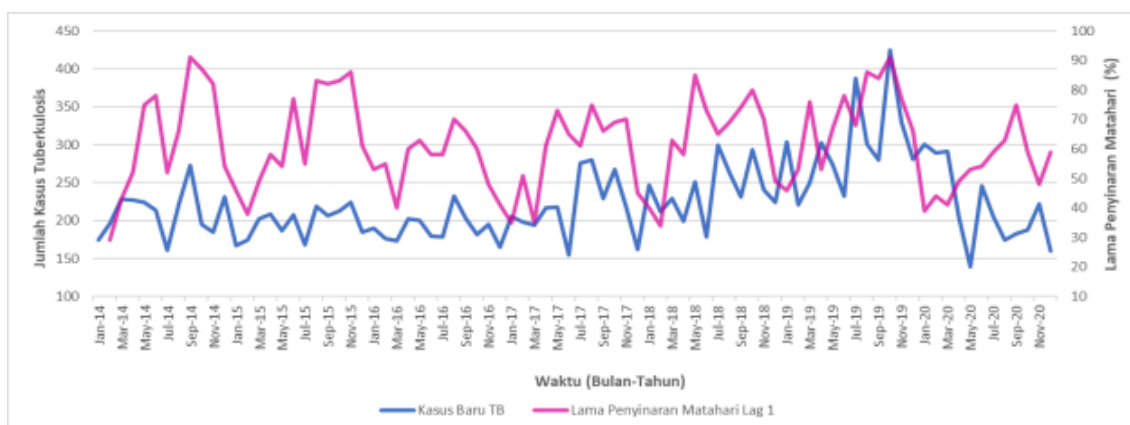
Analisis bivariat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan signifikan antara kecepatan angin rata-rata dan kasus TB di Kabupaten Serang tahun 2014-2020 dengan besaran kecepatan angin rata-rata sebesar 1,1-3,5 knot (atau dapat dikonversi menjadi 0,6-1,6 m/s). Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Rao di Provinsi Qinghai, Cina yang menemukan hubungan antara kecepatan angin dan kasus TB dengan besaran kecepatan angin rata-rata bulanan 0,0-3,5 m/s dalam periode 2009-2013 (Rao, 2016). Penelitian Xiao di Kota Jinghong, Cina Barat Daya, dengan tahun data 2006-2015 juga menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata berhubungan searah terhadap kejadian TB, dengan lag 0 bulan dan besar kecepatan angin rata-rata perbulan 0,7-1,6 m/s (Xiao, 2018). Terjadinya perbedaan hasil penelitian mungkin dikarenakan luas wilayah studi Rao menggunakan delapan kota/distrik dan Xiao meneliti satu kota dengan wilayah yang lebih luas dan penduduk lebih padat dari Kabupaten Serang.

Angin dapat mempengaruhi kejadian TB, melalui perannya membawa droplet yang mengandung agen penyakit dan polutan di udara. Menurut hasil penelitian Dbouk dan Drikakis (2020), kecepatan angin yang bernilai nol menyebabkan droplet saliva tidak bisa bergerak sejauh 2 meter. Namun, pada kecepatan angin yang bervariasi dari 4 km/jam (1,1 m/s) hingga 15 km/jam (4,2 m/s), ditemukan bahwa droplet saliva dapat bergerak hingga 6 meter dengan penurunan konsentrasi dan ukuran droplet sesuai arah angin (Dbouk, 2020).

Tidak terdapatnya hubungan signifikan antara kecepatan angin dan kasus baru TB di Kabupaten Serang mungkin dikarenakan pengaruh faktor kepadatan penduduk. Hal ini didukung oleh hasil analisis spasial Silva (2016) di negara bagian Minas Gerais, Brasil Tenggara yang menemukan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara kepadatan penduduk dan kasus baru TB selama periode 2002-2012 (de

Abreu, 2016). Kepadatan penduduk merupakan salah satu faktor dalam penularan penyakit dengan potensi epidemi seperti infeksi saluran pernapasan akut, meningitis, tipus, kolera, kudis, dan lain-lain. Dengan luas wilayah yang tetap dan jumlah penduduk yang terus bertambah, akan mendorong terciptanya kawasan permukiman padat di suatu daerah. Masyarakat akan tinggal di rumah dengan kepadatan hunian tinggi atau crowded (Suhaeni, 2011) yang menyebabkan kurangnya pertukaran udara di dalam rumah, sehingga mempengaruhi kualitas udara dalam rumah (Syani, 2015). Dengan demikian, kepadatan penduduk secara tidak langsung akan berpengaruh pada sirkulasi udara terutama dalam ruang, dimana agen penyebab infeksi saluran nafas dan TB tentu lebih mudah terhirup oleh banyak orang di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi (Pitriani, 2019).

Analisis bivariat dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan dengan arah positif antara lama penyinaran matahari rata-rata dan kasus TB di Kabupaten Serang tahun 2014-2020 (Gambar 3) dengan lama penyinaran matahari rata-rata bulanan sebesar 29%-91%. Hubungan signifikan antara lama penyinaran matahari dan kasus TB juga ditemukan oleh Zhang (2019) di daratan Cina (Zhang, 2019) dan Koh (2013) di Birmingham, Britania Raya (Koh, 2013). Namun terdapat perbedaan dalam arah hubungan yang ditemukan antara hasil penelitian ini dan hasil studi kedua peneliti tersebut. Analisis spasial Zhang (2019) mendapatkan bahwa rata-rata lama penyinaran matahari berhubungan negatif atau terbalik dengan insiden TB dengan menggunakan periode data 2005 hingga 2015 (Zhang, 2019). Studi ekologi Koh (2013) di Birmingham, Britania Raya, juga menemukan bahwa jumlah jam penyinaran matahari berhubungan terbalik dengan total penemuan TB dan diperkirakan terjadi peningkatan 4,7% kasus TB untuk setiap penurunan 100 jam penyinaran matahari ($p < 0,001$) dengan menggunakan periode data 1980-2009 (Koh, 2013). Terjadinya perbedaan arah hubungan mungkin disebabkan oleh range



Gambar 3. Grafik Lama Penyinaran Matahari dan Kasus Baru TB di Kabupaten Serang

waktu data yang digunakan. Kemungkinan ini didukung dengan pernyataan WMO (2017) bahwa untuk mengamati faktor iklim periode pendek dengan baik, dibutuhkan data minimal sepuluh tahun (World Meteorological Organization, 2017). Dibutuhkan studi dengan range waktu data lebih panjang untuk melihat arah hubungan antara lama penyinaran matahari dan jumlah kasus baru TB di Kabupaten Serang.

Dugaan kedua, arah hubungan positif antara lama penyinaran matahari rata-rata dan jumlah kasus baru TB di Kabupaten Serang mungkin dipengaruhi oleh akses penyinaran matahari ke dalam rumah masyarakat yang berhubungan dengan kasus TB. Hal ini dicontohkan dari hasil penelitian Hayana (2020) yang menunjukkan bahwa seseorang dengan kondisi penyinaran matahari ke dalam rumah < 60 lux, tiga kali lebih berisiko menjadi suspek TB paru dibandingkan dengan seseorang dengan kondisi penyinaran matahari ke dalam rumah ≥ 60 lux (Hayana, 2020). Pencahayaan alami dalam rumah dapat diperoleh dari penyinaran matahari yang masuk melewati genting rumah yang terbuat dari kaca, jendela, maupun dari ventilasi (Fraas, 1983).

Penyinaran matahari secara tidak langsung dapat mempengaruhi kasus TB dengan mempengaruhi kondisi *host*. Daerah dengan keterbatasan penyinaran matahari dilaporkan banyak kasus defisiensi vitamin D (Cannell, 2006). Sinar matahari memiliki peran terhadap vitamin D di dalam tubuh (Wacker & Holick,

2013; Nair & Maseeh, 2012) dan defisiensi vitamin D dapat mempengaruhi sistem peptida antimikroba yang bertugas atas pengaturan respon imun tubuh manusia (Prietl, 2013; Chirumbolo, 2017; Aranow, 2011). Imunitas *host* yang terganggu akibat defisiensi vitamin D akan mendukung perkembangan dan pengaktifan kembali penyakit TB (Soetens, 2013; Wilkinson, 2000)

Selain itu, penyinaran matahari juga dapat mempengaruhi kehidupan agen penyebab TB. Penelitian Duffield (1985) mendapatkan bahwa bakteri *Mycobacterium* dapat bertahan di lingkungan lebih dari 74 hari jika terlindungi dari cahaya (Duffield, 1985). Penelitian Twitchell (1905) dalam Martinez (2019) mendapatkan hasil bahwa *M. Tuberculosis* dalam dahak akan mati dalam rentang waktu yang singkat bila terkena sinar matahari hingga 7 jam (Martinez, 2019). Dengan demikian, akses penyinaran matahari ke dalam ruangan sangat penting untuk mencegah terbentuknya tempat kondusif bagi *M. tuberculosis* di dalam rumah.

Terlepas hasil yang didapatkan, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Keterbatasan pertama, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sejak tahun 2014 hingga 2020 (N= 84), sehingga hanya dapat menganalisis *lag time* hingga satu tahun. Keterbatasan kedua, analisis *lag time* yang digunakan menggunakan unit bulanan, menyesuaikan ketersediaan data jumlah kasus baru TB yang disediakan instansi terkait. *Lag 0* bulan dalam penelitian ini mungkin

menunjukkan faktor iklim yang diteliti dapat memengaruhi pertambahan kasus baru TB dalam jeda waktu dibawah satu bulan atau memiliki jeda dalam satuan minggu (misal: lag 5 minggu, lag 6 minggu, dan seterusnya). Hal ini didukung hasil penelitian Li (2021) di Provinsi Jiangsu, Cina Timur, menemukan hubungan signifikan antara faktor dan kasus TB pada lag 0 minggu hingga 16 minggu (Li, 2021). Keterbatasan ketiga, penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor risiko TB non-iklim tingkat agregat, seperti kepadatan penduduk (Tam, 2012), kondisi sosial ekonomi (Di Gennaro, 2017; Prado, 2017; Wu & Dalal, 2012), tingkat kesembuhan TB (Tang & Squire, 2005), dan konsentrasi polutan udara (Pokhrel, 2010; Kolappan & Subramani, 2009; Pérez-Padilla, 2001; Mishra, 1999). Hal tersebut dikarenakan variabel-variabel tersebut tidak tersedia dalam bentuk data bulanan oleh instansi terkait.

PENUTUP

Penelitian ini menemukan bahwa adanya hubungan faktor iklim (kelembaban udara, curah hujan, dan lama penyinaran matahari) dengan jumlah kasus baru TB di Kabupaten Serang bulan Januari 2014 hingga Desember 2020. Pola hubungan yang ditemukan dalam analisa data selama 84 bulan ini yaitu hubungan negatif dengan kekuatan sedang dan hubungan positif dengan kekuatan sedang.

Diharapkan terdapat penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh faktor iklim terhadap kasus baru Tuberkulosis dengan menggunakan range waktu data sekunder yang lebih lebar (lebih dari 7 tahun) dan melakukan analisis jeda waktu mingguan (lag 2 minggu, lag 3 minggu, dan seterusnya). Selain itu, penelitian dengan mengikutsertakan faktor risiko kasus Tuberkulosis non iklim juga dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

de Abreu E Silva, M., Di Lorenzo Oliveira, C., Teixeira Neto, R.G. & Camargos, P.A. 2016. Spatial distribution of tuberculosis from 2002

- to 2012 in a midsize city in Brazil. *BMC public health*, 16(1): 912. Tersedia di <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27581749>.
- Aranow, C. 2011. Vitamin D and the Immune System. *Journal of Investigative Medicine*, 59(6): 881–886.
- Arundel, A. V, Sterling, E.M., Biggin, J.H. & Sterling, T.D. 1986. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environmental health perspectives*, 65: 351–361. Tersedia di <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3709462>.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Klas I Serang 2021. *Informasi Meteorologi Khusus Pendukung Kegiatan Penelitian dalam penulisan Tesis mahasiswa Universitas Indonesia (Analisis Iklim, Curah Hujan, Angin dan Unsur Cuaca Pendukung Periode tahun 2010 – 2020 Wilayah Serang dan Sekitarnya)*. Kabupaten Serang.
- Beiranvand, R., Karimi, A., Delpisheh, A., Sayehmiri, K., Soleimani, S. & Ghalavandi, S. 2016. Correlation Assessment of Climate and Geographic Distribution of Tuberculosis Using Geographical Information System (GIS). *Iranian journal of public health*, 45(1): 86–93. Tersedia di <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27057526>.
- Cannell, J.J., Vieth, R., Umhau, J.C., Holick, M.F., Grant, W.B., Madronich, S., Garland, C.F. & Giovannucci, E. 2006. Epidemic Influenza and Vitamin D. *Epidemiology and Infection*, 134(6): 1129–1140.
- Cao, K., Yang, K., Wang, C., Guo, J., Tao, L., Liu, Q., Gehendra, M., Zhang, Y. & Guo, X. 2016. Spatial-Temporal Epidemiology of Tuberculosis in Mainland China: An Analysis Based on Bayesian Theory. *International journal of environmental research and public health*, 13(5).
- Centers for Disease Control and Prevention 2012. *Principles of Epidemiology in Public Health Practice: An Introduction to Applied Epidemiology and Biostatistics*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention.
- Chirumbolo, S., Bjørklund, G., Sboarina, A. & Vella, A. 2017. The Role of Vitamin D in the Immune System as a Pro-survival Molecule. *Clinical Therapeutics*, 39(5): 894–916.
- Dbouk, T. & Drikakis, D. 2020. On coughing and airborne droplet transmission to humans. *Physics of fluids (Woodbury, N.Y. : 1994)*, 32(5): 53310.

- Dinas Kesehatan Kabupaten Serang 2018. *Profil Kesehatan Kabupaten Serang Tahun 2018*. Kabupaten Serang: Dinas Kesehatan Kabupaten Serang.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Serang 2019. *Profil Kesehatan Kabupaten Serang Tahun 2019*. Kabupaten Serang: Dinas Kesehatan Kabupaten Serang.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Serang 2020. *Profil Kesehatan Kabupaten Serang Tahun 2020*. Kabupaten Serang: Dinas Kesehatan Kabupaten Serang.
- Dinas Kesehatan Provinsi Banten 2019. *Profil Kesehatan Provinsi Banten 2019*. Kota Serang: Dinas Kesehatan Provinsi Banten.
- Duffield, B.J. & Young, D.A. 1985. Survival of *Mycobacterium bovis* in defined environmental conditions. *Veterinary Microbiology*, 10(2): 193–197. Tersedia di <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113585900215>.
- Fahy, J. V & Dickey, B.F. 2010. Airway mucus function and dysfunction. *The New England journal of medicine*, 363(23): 2233–2247. Tersedia di <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21121836>.
- Fares, A. 2011. Seasonality of tuberculosis. *Journal of global infectious diseases*, 3(1): 46–55.
- Fernandes, F.M. de C., Martins, E. de S., Pedrosa, D.M.A.S. & Evangelista, M. do S.N. 2017. Relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the Federal District, Brazil, 2003-2012. *The Brazilian journal of infectious diseases : an official publication of the Brazilian Society of Infectious Diseases*, 21(4): 369–375.
- Fraas, L.M., Pyle, W.R. & Ryason, P.R. 1983. Concentrated and piped sunlight for indoor illumination. *Applied optics*, 22(4): 578–582.
- Di Gennaro, F., Pizzol, D., Cebola, B., Stubbs, B., Monno, L., Saracino, A., Luchini, C., Solmi, M., Segafredo, G., Putoto, G. & Veronese, N. 2017. Social determinants of therapy failure and multi drug resistance among people with tuberculosis: A review. *Tuberculosis (Edinburgh, Scotland)*, 103: 44–51.
- Gould, D. & Brooker, C. 2003. *Mikrobiologi Terapan untuk perawat*. Jakarta: EGC.
- Hayana, Sari, N.P. & Rujati, S. 2020. Hubungan Kondisi Lingkungan Rumah dan Perilaku Anggota Keluarga dengan Suspek TB Paru Di Kelurahan Harapan Tani, Kabupaten Indragiri Hilir. *Jurnal Kesehatan Global*, 3(3): 91–99.
- Janmeja, A.K. & Mohapatra, P.R. 2005. *Seasonality of tuberculosis. The international journal of tuberculosis and lung disease : the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, .
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2011. *Profil Kesehatan Indonesia 2010*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2012. *Profil Kesehatan Indonesia 2011*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2013. *Profil Kesehatan Indonesia 2012*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2014. *Profil Kesehatan Indonesia 2013*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2015. *Profil Kesehatan Indonesia 2014*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2016. *Profil Kesehatan Indonesia 2015*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2017. *Profil Kesehatan Indonesia 2016*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2018. *Profil Kesehatan Indonesia 2017*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2019. *Profil Kesehatan Indonesia 2018*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2020. *Profil Kesehatan Indonesia 2019*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Khaliq, A., Batool, S.A. & Chaudhry, M.N. 2015. Seasonality and trend analysis of tuberculosis in Lahore, Pakistan from 2006 to 2013. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 5(4): 397–403. Tersedia di <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221060061500088X>.
- Koh, G.C.K.W., Hawthorne, G., Turner, A.M., Kunst, H. & Dedicoat, M. 2013. Tuberculosis incidence correlates with sunshine: an ecological 28-year time series study. *PloS one*, 8(3): e57752–e57752. Tersedia di <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23483924>.
- Kolappan, C. & Subramani, R. 2009. Association between biomass fuel and pulmonary tuberculosis: a nested case-control study. *Thorax*, 64(8): 705–708.

- Kuddus, M.A., McBryde, E.S. & Adegboye, O.A. 2019. Delay effect and burden of weather-related tuberculosis cases in Rajshahi province, Bangladesh, 2007–2012. *Scientific Reports*, 9(1): 12720. Tersedia di <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49135-8>.
- Li, Z., Liu, Q., Zhan, M., Tao, B., Wang, J. & Lu, W. 2021. Meteorological factors contribute to the risk of pulmonary tuberculosis: A multicenter study in eastern China. *Science of The Total Environment*, 793: 148621. Tersedia di <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721036937>.
- Martinez, L., Verma, R., Croda, J., Horsburgh, C.R., Walter, K.S., Degner, N., Middelkoop, K., Koch, A., Hermans, S., Warner, D.F., Wood, R., Cobelens, F. & Andrews, J.R. 2019. Detection, survival and infectious potential of Mycobacterium tuberculosis in the environment: a review of the evidence and epidemiological implications. *European Respiratory Journal*, 53(6). Tersedia di <https://erj.ersjournals.com/content/53/6/1802302>.
- Masalamate, R. & Pamaruntuan, A. 2019. Analisis Spasial Kejadian Tuberkulosis Paru Di Kota Tomohon Tahun 2014 – 2018. *Jurnal KESMAS*, 8(7).
- Mishra, V.K., Retherford, R.D. & Smith, K.R. 1999. Biomass cooking fuels and prevalence of tuberculosis in India. *International journal of infectious diseases : IJID : official publication of the International Society for Infectious Diseases*, 3(3): 119–129.
- Mukono, H.J. 2014. *Pencemaran udara dalam ruangan : berorientasi kesehatan masyarakat*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nair, R. & Maseeh, A. 2012. Vitamin D: The “sunshine” vitamin. *Journal of pharmacology & pharmacotherapeutics*, 3(2): 118–126.
- Naranbat, N., Nymadawa, P., Schopfer, K. & Rieder, H.L. 2009. Seasonality of tuberculosis in an Eastern-Asian country with an extreme continental climate. *European Respiratory Journal*, 34(4): 921–925. Tersedia di <http://erj.ersjournals.com/content/34/4/921.abstract>.
- Nguyen, J.L., Schwartz, J. & Dockery, D.W. 2014. The relationship between indoor and outdoor temperature, apparent temperature, relative humidity, and absolute humidity. *Indoor Air*, 24(1): 103–112. Tersedia di <https://doi.org/10.1111/ina.12052>.
- Onozuka, D. & Hagihara, A. 2015. The association of extreme temperatures and the incidence of tuberculosis in Japan. *International journal of biometeorology*, 59(8): 1107–1114.
- Pérez-Padilla, R., Pérez-Guzmán, C., Báez-Saldaña, R. & Torres-Cruz, A. 2001. Cooking with biomass stoves and tuberculosis: a case control study. *The international journal of tuberculosis and lung disease : the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*, 5(5): 441–447.
- Pitriani, H. 2019. *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka.
- Pokhrel, A.K., Bates, M.N., Verma, S.C., Joshi, H.S., Sreeramareddy, C.T. & Smith, K.R. 2010. Tuberculosis and indoor biomass and kerosene use in Nepal: a case-control study. *Environmental health perspectives*, 118(4): 558–564.
- Prado, T.N. do, Rajan, J. V, Miranda, A.E., Dias, E.D.S., Cosme, L.B., Possuelo, L.G., Sanchez, M.N., Golub, J.E., Riley, L.W. & Maciel, E.L. 2017. Clinical and epidemiological characteristics associated with unfavorable tuberculosis treatment outcomes in TB-HIV co-infected patients in Brazil: a hierarchical polytomous analysis. *The Brazilian journal of infectious diseases : an official publication of the Brazilian Society of Infectious Diseases*, 21(2): 162–170.
- Priehl, B., Treiber, G., Pieber, T.R. & Amrein, K. 2013. Vitamin D and immune function. *Nutrients*, 5(7): 2502–2521.
- Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2016. *Tuberkulosis Temukan Obati Sampai Sembuh*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Rao, H.-X., Zhang, X., Zhao, L., Yu, J., Ren, W., Zhang, X.-L., Ma, Y.-C., Shi, Y., Ma, B.-Z., Wang, X., Wei, Z., Wang, H.-F. & Qiu, L.-X. 2016. Spatial transmission and meteorological determinants of tuberculosis incidence in Qinghai Province, China: a spatial clustering panel analysis. *Infectious diseases of poverty*, 5(1): 45.
- Ríos, M., García, J.M., Sánchez, J.A. & Pérez, D. 2000. A Statistical Analysis of the Seasonality in Pulmonary Tuberculosis. *European Journal of Epidemiology*, 16(5): 483–488. Tersedia di <http://www.jstor.org/stable/3582125>.

- Sinaga, L. 2014. *Analisis Spasial Iklim Terhadap Kejadian TB Paru Di Kabupaten Serdang Bedagai Tahun 2009 - 2012*. Universitas Sumatera Utara.
- Soetens, L.C., Boshuizen, H.C. & Korthals Altes, H. 2013. Contribution of seasonality in transmission of Mycobacterium tuberculosis to seasonality in tuberculosis disease: a simulation study. *American journal of epidemiology*, 178(8): 1281–1288.
- Suhaeni, H. 2011. Kepadatan Penduduk dan Hunian Berpengaruh Terhadap Kemampuan Beradaptasi Penduduk Di Lingkungan Perumahan Padat. *Jurnal Pemukiman*, 6(2): 93–99.
- Syani, F. El, Budiyono, B. & Raharjo, M. 2015. Hubungan faktor risiko lingkungan terhadap kejadian penyakit pneumonia balita dengan pendekatan analisis spasial di Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(3).
- Tam, J.S., Barbeschi, M., Shapovalova, N., Briand, S., Memish, Z.A. & Kieny, M.-P. 2012. Research agenda for mass gatherings: a call to action. *The Lancet. Infectious diseases*, 12(3): 231–239.
- Tang, S. & Squire, S.B. 2005. What lessons can be drawn from tuberculosis (TB) Control in China in the 1990s?: An analysis from a health system perspective. *Health Policy*, 72(1): 93–104. Tersedia di <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168851004001393>.
- Vynnycky, E. & Fine, P.E. 2000. Lifetime risks, incubation period, and serial interval of tuberculosis. *American journal of epidemiology*, 152(3): 247–263.
- Wacker, M. & Holick, M.F. 2013. Sunlight and Vitamin D: A global perspective for health. *Dermato-endocrinology*, 5(1): 51–108.
- Wagner, A.L., Keusch, F., Yan, T. & Clarke, P.J. 2019. The impact of weather on summer and winter exercise behaviors. *Journal of Sport and Health Science*, 8(1): 39–45. Tersedia di <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254616300576>.
- Wallace, L.A., Emmerich, S.J. & Howard-Reed, C. 2002. Continuous measurements of air change rates in an occupied house for 1 year: The effect of temperature, wind, fans, and windows. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 12(4): 296–306. Tersedia di <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500229>.
- Wilkinson, R.J., Llewelyn, M., Toossi, Z., Patel, P., Pasvol, G., Lalvani, A., Wright, D., Latif, M. & Davidson, R.N. 2000. Influence of vitamin D deficiency and vitamin D receptor polymorphisms on tuberculosis among Gujarati Asians in west London: a case-control study. *Lancet (London, England)*, 355(9204): 618–621.
- World Health Organization 1990. *Indoor Air Quality: Biological Contaminant*. Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization 2003. *Climate change and human health - risks and responses*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization 2008. *Environment, Climate Change and Health*. Tersedia di <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/emergencies/disease-outbreaks> [Accessed 3 Maret 2021].
- World Health Organization 2020. *Global Tuberculosis Report 2020*. Geneva: World Health Organization.
- World Meteorological Organization 2017. *WMO guidelines on the calculation of climate normals*. Geneva: World Meteorological Organization.
- Wu, J. & Dalal, K. 2012. Tuberculosis in Asia and the Pacific: the role of socioeconomic status and health system development. *International journal of preventive medicine*, 3(1): 8–16.
- Xiao, Y., He, L., Chen, Y., Wang, Q., Meng, Q., Chang, W., Xiong, L. & Yu, Z. 2018. The influence of meteorological factors on tuberculosis incidence in Southwest China from 2006 to 2015. *Scientific Reports*, 8(1): 10053. Tersedia di <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28426-6>.
- Zhang, Y., Liu, M., Wu, S.S., Jiang, H., Zhang, J., Wang, S., Ma, W., Li, Q., Ma, Y., Liu, Y., Feng, W., Amsalu, E., Li, X., Wang, W., Li, W. & Guo, X. 2019. Spatial distribution of tuberculosis and its association with meteorological factors in mainland China. *BMC Infectious Diseases*, 19(1): 379. Tersedia di <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4008-1>.