

HUBUNGAN ANTARA VARIABILITAS IKLIM DENGAN KEJADIAN TUBERKULOSIS (TBC) DI MINAHASA UTARA TAHUN 2021-2023

Cristy Engelica Rolleh^{1*}, Eva Mariane Mantjoro², Afnal Asrifuddin³

Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi^{1,2,3}

*Corresponding Author : cristyrolleh121@student.unsrat.ac.id

ABSTRAK

Variabilitas iklim dapat mempengaruhi kelangsungan hidup *Mycobacterium Tuberculosis*, agen penyebab TBC, di mana curah hujan yang sangat tinggi, kelembaban yang tinggi, suhu rendah dan kecepatan angin yang cepat memiliki hubungan positif dengan peningkatan insiden TBC. Riset ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara variabilitas iklim dan kejadian TBC di Kabupaten Minahasa Utara selama periode 2021-2023. Penelitian ini menggunakan desain *time series* analitik dengan pendekatan Analisis Korelasi *Bivariate Pearson*. Hasil melalui analisis korelasi menunjukkan bahwa variabel curah hujan (0,008), kelembaban (0,000), suhu (0,000), dan kecepatan angin (0,009) memiliki hubungan yang signifikan dengan kejadian TBC. Keempat variabilitas iklim yang diteliti dalam penelitian ini ditemukan memiliki hubungan dengan kejadian TBC di Kabupaten Minahasa Utara pada tahun 2021-2023. Perubahan curah hujan memengaruhi kelembaban, yang pada gilirannya meningkatkan jumlah partikel mikroba, termasuk bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*, di udara. Lingkungan dengan kelembaban tinggi meningkatkan potensi paparan orang yang sehat terhadap infeksi TBC. Suhu berperan dalam kelangsungan hidup *Mycobacterium Tuberculosis* dan juga memengaruhi sistem kekebalan tubuh manusia. Oleh karena itu, perubahan suhu dapat berpengaruh pada penyebaran TBC. Kecepatan angin, sebagai salah satu variabilitas iklim, turut mempengaruhi penyebaran penyakit menular, termasuk TBC, dengan cara yang tidak langsung namun signifikan. Angin berperan dalam distribusi partikel udara dan mempengaruhi penyebaran bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*.

Kata kunci : partikel di udara, tuberkulosis, variabilitas iklim

ABSTRACT

Climate variability can affect the survival of Mycobacterium tuberculosis, the causative agent of tuberculosis, where very high rainfall, high humidity, low temperatures and fast wind speeds have a positive relationship with an increased incidence of tuberculosis. This research aims to analyze the relationship between climate variability and the incidence of tuberculosis in North Minahasa Regency during the 2021-2023 period. This study uses an analytical time series design with the Pearson Bivariate Correlation Analysis approach. The results through correlation analysis showed that the variables of rainfall (0.008), humidity (0.000), temperature (0.000), and wind speed (0.009) had a significant relationship with the incidence of tuberculosis. The four climate variability studied in this study was found to be related to the incidence of tuberculosis in North Minahasa Regency in 2021-2023. Changes in rainfall affect humidity, which in turn increases the number of microbial particles, including the bacterium Mycobacterium tuberculosis, in the air. Environments with high humidity increase the potential exposure of healthy people to TB infection. Temperature plays a role in the survival of Mycobacterium Tuberculosis and also affects the human immune system. Therefore, temperature changes can affect the spread of tuberculosis. Wind speed, as one of the climatic variables, also affects the spread of infectious diseases, including tuberculosis, in an indirect but significant way. Wind plays a role in the distribution of air particles and affects the spread of Mycobacterium tuberculosis bacteria.

Keywords : airborne particles, climate variability, tuberculosis

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TBC) diakibatkan oleh bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*, yang dapat menyebar ke udara melalui percikan (seperti batuk). Sekitar satu perempat dari populasi dunia

diperkirakan telah terinfeksi TBC. Dari jumlah total kasus TBC yang muncul setiap tahunnya, sekitar 90% di antaranya terjadi pada orang dewasa, dengan jumlah kasus pada pria lebih tinggi dibandingkan wanita (WHO, 2024). Pada tahun 2023, diperkirakan ada 10,8 juta orang yang terinfeksi TBC di seluruh dunia, dengan tingkat kejadian baru mencapai 134 kasus per 100.000 penduduk, yang mengalami peningkatan kecil sebesar 0,2% dibandingkan tahun 2022. Sebagian besar kasus TBC setiap tahunnya terjadi di 30 negara dengan beban TBC tertinggi, yang mencakup 87% dari total kasus global pada tahun 2023. Lima negara yang menyumbang sebagian besar kasus tersebut (56% dari total dunia) adalah India (26%), Indonesia (10%), Tiongkok (6,8%), Filipina (6,8%), dan Pakistan (6,3%) (WHO, 2024).

Kasus TBC yang ditemukan di Indonesia menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan jumlah penderita tercatat sebanyak 443.235 kasus pada tahun 2021, meningkat menjadi 724.309 kasus pada tahun 2022, dan 820.789 kasus pada tahun 2023. Di tingkat nasional, terdapat 9 provinsi yang berhasil mencapai target 90 persen, yaitu Jawa Barat (121%), Papua Selatan (119%), Papua Tengah (116%), Jawa Tengah (115%), Banten (112%), Papua Barat (112%), DKI Jakarta (111%), Papua (107%), dan Sulawesi Utara (93%) (Kemenkes, 2024). Pada Profil Kesehatan Indonesia tahun 2023 menunjukkan bahwa Sulawesi Utara adalah salah satu provinsi yang belum mencapai target Renstra ($\geq 90\%$) cakupan penemuan kasus TBC (jumlah kasus TBC yang diobati dan dilaporkan kemudian dibagi dengan jumlah insiden kasus TBC dan dinyatakan dalam persentase) dengan angka 88,6% yang menandakan masih kurangnya pengobatan TBC di Sulawesi Utara (Kemenkes, 2024).

Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Utara tahun 2023, Kabupaten Minahasa Utara memiliki angka penemuan TBC paling tinggi dengan 113%, Kota Manado dengan 112% dan Kota Kotamobagu dengan 105%. Untuk Kabupaten Minahasa Utara sendiri dari tahun ke tahun mengalami kenaikan angka penemuan kasus TBC yang dimana pada tahun 2021 terdapat 58,9%, pada tahun 2022 terdapat 62% kemudian pada tahun 2023 terjadi kenaikan hampir dua kali lipat dengan 113%, dengan data ini maka penulis memilih untuk meneliti TBC di Kabupaten Minahasa Utara (BPS Sulut, 2023). Kemenkes (2021) menjelaskan bahwa kejadian TBC dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang berkaitan dengan iklim maupun non-iklim. Faktor iklim seperti curah hujan, kelembaban, suhu, dan kecepatan angin berperan dalam penyebaran TBC, sementara faktor non-iklim meliputi jenis kelamin, pekerjaan, tingkat pendidikan, komponen rumah, serta perilaku penghuni rumah, yang juga ditemukan dalam penelitian Tumiwa (2024). Selain itu, polusi dalam ruangan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar biomassa untuk memasak atau pemanas rumah tangga dapat melemahkan pertahanan saluran pernapasan terhadap *Mycobacterium Tuberculosis*, mirip dengan dampak paparan asap rokok. Perilaku, khususnya kebiasaan merokok, juga menjadi faktor risiko penting bagi TBC. Dalam penelitian Noris (2023), ditemukan bahwa dari 39 responden yang terjangkit TBC, 24 orang adalah perokok aktif, dan 15 orang lainnya merupakan perokok pasif (Kemenkes, 2021) (Tumiwa, 2024) (Noris, 2023).

Dalam penelitian Rizki (2024), faktor iklim juga yang dapat mempengaruhi kejadian TBC seperti curah hujan, kelembaban, suhu, dan kecepatan angin. Curah hujan memengaruhi kelembaban di wilayah tertentu, dengan menunjukkan korelasi yang positif tidak langsung. Pada total curah hujan 160,7 mm, risiko TBC berkurang sebesar 28,1% ketika kelembaban mencapai 72%. Penelitian ini juga menemukan korelasi positif antara insiden TBC dengan suhu rata-rata harian sebesar -15°C, serta hubungan positif antara kecepatan angin rata-rata dengan kejadian TBC. Risiko TBC meningkat sebesar 56,2% ketika kecepatan angin harian rata-rata mencapai 5,2 m/s (Rizki, 2024).

Curah hujan tertinggi pada suhu rata-rata harian 15°C memiliki korelasi positif dengan insiden TBC. Kelembaban yang lebih dari 72% dapat menurunkan risiko TBC. *Mycobacterium Tuberculosis* biasanya terhirup dalam bentuk aerosol dan memasuki paru-paru, yang kemudian menyebabkan TBC. Suhu juga mempengaruhi penularan *Mycobacterium Tuberculosis* dengan

mengubah durasi aktivitas di dalam atau luar ruangan pada populasi yang rentan, karena rata-rata waktu antara infeksi dan gejala klinis yang muncul adalah sekitar 7 minggu. Kecepatan angin juga berperan dalam mempercepat penyebaran *Mycobacterium Tuberculosis* di udara, sehingga meningkatkan risiko penularan TBC (CDC, 2021). Berdasarkan penjelasan di atas, variabilitas iklim seperti suhu, kelembaban, curah hujan, dan kecepatan angin memiliki peran yang signifikan dalam mendukung kelangsungan hidup *Mycobacterium Tuberculosis*, penyebab TBC. Peningkatan jumlah kasus TBC di Kabupaten Minahasa Utara dari tahun 2021 hingga 2023 semakin memperkuat asumsi ini. Data tersebut menunjukkan bahwa faktor iklim lokal berpotensi mempengaruhi tingkat kejadian TBC di daerah tersebut.

Oleh karena itu, penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian lebih lanjut guna memahami hubungan antara variabilitas iklim dan peningkatan kasus TBC di Kabupaten Minahasa Utara, serta menemukan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah ini.

METODE

Riset ini menggunakan model desain *time series* analitik untuk menganalisis hubungan antara variabilitas iklim seperti curah hujan, kelembaban, suhu, dan kecepatan angin dengan kejadian TBC di Kabupaten Minahasa Utara selama periode 2021-2023. Dalam menganalisis data, diterapkan Analisis Korelasi *Bivariate Pearson*, yang bertujuan untuk menilai sejauh mana dua variabel saling berhubungan melalui koefisien korelasi. Penelitian ini berfokus pada mengidentifikasi hubungan antara empat variabel independen curah hujan, kelembaban, suhu, dan kecepatan angin setiap bulan pada 2021-2023 dan variabel dependen, yaitu jumlah kejadian TBC per bulan di Kabupaten Minahasa Utara dalam periode tersebut.

HASIL

Tabel 1. Hasil Analisis Korelasi Bivariate Pearson

Variabel	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
Curah Hujan	0,434**	0,008
Kelembaban	0,586**	0,000
Suhu	0,633**	0,000
Kecepatan Angin	0,431**	0,009

Berdasarkan nilai signifikansi Sig. (2-tailed): Jika nilai Sig. (2-tailed) $< 0,05$ maka terdapat korelasi antar variabel yang dihubungkan, begitupun sebaliknya: (1) Variabel Curah Hujan sebesar $0,008 < 0,05$ maka disimpulkan berhubungan secara signifikan dengan variabel terikat, (2) Variabel Kelembaban sebesar $0,000 < 0,05$ maka disimpulkan berhubungan secara signifikan dengan variabel terikat, (3) Variabel Suhu sebesar $0,000 < 0,05$ maka disimpulkan berhubungan secara signifikan dengan variabel terikat, (4) Variabel Kecepatan Angin sebesar $0,009 < 0,05$ maka disimpulkan berhubungan secara signifikan dengan variabel terikat.

Berdasarkan nilai r hitung (*Pearson Correlation*): Jika nilai r hitung $>$ r tabel maka ada korelasi antar variabel, begitupun sebaliknya. Dimana diketahui, r tabel = 0,329; (1) Variabel Curah Hujan sebesar $0,434 > 0,329$ maka disimpulkan berkorelasi secara signifikan dengan variabel terikat, (2) Variabel Kelembaban sebesar $0,586 > 0,329$ maka disimpulkan berkorelasi secara signifikan dengan variabel terikat, (3) Variabel Suhu sebesar $0,633 > 0,329$ maka disimpulkan berkorelasi secara signifikan dengan variabel terikat, (4) Variabel Kecepatan Angin sebesar $0,431 > 0,329$ maka disimpulkan berkorelasi secara signifikan dengan variabel terikat.

Berdasarkan tanda bintang (*) yang diberikan oleh SPSS, jika terdapat tanda bintang (*) itu menunjukkan korelasi pada tingkat signifikansi 1% atau 0,01, sedangkan tanda bintang (**) menunjukkan korelasi pada tingkat signifikansi 0,001 atau 0,05.

menunjukkan korelasi pada tingkat signifikansi 5% atau 0,05. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1, keempat variabel yang diteliti mendapatkan tanda bintang (**), yang mengindikasikan bahwa terdapat korelasi yang signifikan pada tingkat 5% atau 0,05. Ini berarti hubungan antara variabel-variabel tersebut dengan kejadian TBC di Minahasa Utara dapat dianggap signifikan pada tingkat kepercayaan 95%.

PEMBAHASAN

Curah Hujan

Korelasi antara curah hujan dengan kejadian TBC dalam hasil penelitian ini adalah sebesar 0,434 dari hasil nilai r hitung (*Pearson Correlation*) dimana variabel curah hujan mendapatkan nilai positif disimpulkan berkorelasi secara positif, jadi jika variabilitas iklim curah hujan naik maka angka kejadian TBC juga akan naik serta dapat disimpulkan keeratan curah hujan adalah 0,434 yang adalah variabilitas iklim kedua yang memiliki keeratan rendah dengan kejadian TBC dalam penelitian ini. Penyebaran penyakit ini terjadi melalui udara membuat fluktuasi curah hujan mempengaruhi aspek kelembaban yang dimana dapat meningkatkan keberadaan partikel-partikel mikroba, termasuk bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* di udara. Bakteri TBC lebih bertahan dalam kondisi lembap, karena droplet yang mengandung bakteri ini tetap terdispersi lebih lama di udara (Wagner, 2019).

Hasil temuan ini konsisten dengan temuan Nabiha (2023), yang mendapatkan hasil bahwa curah hujan dapat mempengaruhi angka kejadian TBC secara tidak langsung. Penelitian Nabiha menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan dari bulan ke bulan, khususnya pada periode September-Oktober, diikuti oleh peningkatan jumlah kasus TBC pada bulan Oktober-November (Nabiha, 2023). Sebaliknya, penelitian Pratiwi (2023) menemukan bahwa uji statistik antara curah hujan dan kasus TBC menghasilkan p-value sebesar 0,903, yang menunjukkan tidak adanya korelasi yang signifikan curah hujan dan kejadian TBC di Kota Padang pada periode 2020-2022. Pratiwi (2023) berasumsi bahwa curah hujan di Kota Padang tidak cukup mempengaruhi kejadian TBC, karena rata-rata curah hujan yang relatif rendah, sehingga tidak berdampak besar terhadap daya tahan hidup *Mycobacterium Tuberculosis* atau ketahanan tubuh host itu sendiri (Pratiwi, 2023).

Kelembaban

Korelasi antara kelembaban dengan kejadian TBC dalam hasil penelitian ini adalah sebesar 0,586 dari hasil nilai r hitung (*Pearson Correlation*) dimana variabel kelembaban mendapatkan nilai positif disimpulkan berkorelasi secara positif, jadi jika variabilitas iklim kelembaban naik maka angka kejadian TBC juga akan naik serta dapat disimpulkan keeratan kelembaban adalah 0,586 yang adalah variabilitas iklim kedua yang memiliki keeratan tinggi dengan kejadian TBC dalam penelitian ini. Lingkungan dengan kelembaban yang tinggi sepanjang waktu menyebabkan *Mycobacterium Tuberculosis* bertahan di udara, meningkatkan kemungkinan paparan orang yang sehat terhadap infeksi terutama di tempat dengan kepadatan penduduk tinggi dan ventilasi buruk. Selain itu, keadaan lingkungan dengan kelembaban yang rendah dapat mempengaruhi kekebalan tubuh manusia (Derny, 2023).

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Budi (2018), yang menunjukkan bahwa kelembaban secara statistik berhubungan dengan kejadian TBC di daerah kumuh Kota Palembang. Masyarakat yang tinggal di rumah dengan tingkat kelembaban tinggi memiliki kemungkinan 2,7 kali lebih besar untuk terinfeksi TBC. *Mycobacterium Tuberculosis*, seperti bakteri lainnya, berkembang dengan baik di lingkungan yang lembab. Air, yang membentuk lebih dari 80% volume sel bakteri, merupakan elemen penting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup sel bakteri tersebut (Budi, 2018). Hasil ini bertentangan dengan temuan Maulinda (2021), yang melalui analisis Chi-Square memperoleh nilai p-value sebesar 0,395,

yang menunjukkan tidak adanya pengaruh signifikan antara kelembaban dan TB Paru (p -value $> 0,05$). Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa semakin rendah suhu, semakin tinggi kelembaban udara ruangan, di mana kelembaban udara ambient dipengaruhi oleh faktor cuaca, terutama curah hujan. *Mycobacterium Tuberculosis*, seperti bakteri lainnya, lebih mudah berkembang di lingkungan dengan kelembaban tinggi (Maulinda, 2021).

Suhu

Korelasi antara suhu dengan kejadian TBC dalam hasil penelitian ini adalah sebesar 0,633 dari hasil nilai r hitung (*Pearson Correlation*) dimana variabel suhu mendapatkan nilai positif disimpulkan berkorelasi secara positif, jadi jika variabilitas iklim kelembaban naik maka angka kejadian TBC juga akan naik serta dapat disimpulkan keeratan suhu adalah 0,633 yang adalah variabilitas iklim yang memiliki keeratan paling tinggi dengan kejadian TBC dalam penelitian ini. Suhu mempengaruhi keberlangsungan *Mycobacterium Tuberculosis* dan disaat yang bersamaan mempengaruhi kekebalan tubuh manusia. Maka dari itu, dengan naik turunnya suhu maka akan dapat berdampak pada penyebaran TBC. Suhu dingin meningkatkan risiko penyebaran TBC karena dapat meningkatkan konsentrasi *Mycobacterium Tuberculosis* di udara. Suhu panas dapat menurunkan daya tuhan tubuh dimana memperburuk penularan penyakit (Kemenkes, 2021).

Hasil ini sejalan dengan temuan Irhamna (2024), yang menemukan bahwa dari tiga variabilitas iklim yang diteliti, hanya satu yang berhubungan dengan kekuatan korelasi sedang dan bernilai positif (p -value $< 0,05$; $r = 0,355$). Variabel yang memiliki korelasi dengan kejadian TB Paru adalah suhu udara. Ketika saat musim dingin atau dalam kondisi suhu ekstrim, aktivitas di dalam ruangan lebih sering terjadi dibandingkan dengan musim panas, yang meningkatkan kemungkinan terpapar dalam jangka waktu lebih lama dan meningkatkan risiko transmisi *Mycobacterium Tuberculosis* (Irhamna, 2024). Berkebalikan dengan temuan Pratiwi (2023), yang melalui uji statistik memperoleh nilai p -value sebesar 0,185, yang menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara suhu udara dan kasus TBC di Kota Padang pada periode 2020-2022. Temuan serupa juga ditemukan dalam penelitian Azhari (2022), yang menyatakan bahwa suhu udara tidak memiliki hubungan signifikan dengan kasus baru TBC (Pratiwi, 2023) (Azhari, 2022).

Kecepatan Angin

Korelasi antara kecepatan angin dengan kejadian TBC dalam hasil penelitian ini adalah sebesar 0,431 dari hasil nilai r hitung (*Pearson Correlation*) dimana variabel kecepatan angin mendapatkan nilai positif disimpulkan berkorelasi secara positif, jadi jika variabilitas iklim kelembaban naik maka angka kejadian TBC juga akan naik serta dapat disimpulkan keeratan suhu adalah 0,431 yang adalah variabilitas iklim yang memiliki keeratan paling rendah dengan kejadian TBC dalam penelitian ini. Kecepatan angin adalah salah satu variabilitas iklim yang dapat memengaruhi penyebaran penyakit menular, termasuk TBC, dengan cara yang tidak langsung, namun signifikan. Angin memiliki peran dalam distribusi partikel udara dan mempengaruhi penyebaran bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*. Dalam kondisi dengan angin yang lebih kuat, partikel udara yang memiliki *Mycobacterium Tuberculosis* bisa tersebar lebih jauh ke area yang lebih luas yang memungkinkan partikel dimaksud sampai ke area lain, memperluas potensi penularan. Menurut hasil penelitian Dbouk dan Drikakis (2020), pada kecepatan angin yang bervariasi dari 4 km/jam (1,1 m/s) hingga 15 km/jam (4,2 m/s) (Dbouk, 2020).

Hasil ini sejalan dengan temuan Pratiwi (2023), di mana uji statistik antara kecepatan angin dan kasus TBC menunjukkan nilai p -value = -0,408, yang mengindikasikan adanya hubungan signifikan antara kecepatan angin dan kasus TBC di Kota Padang pada periode 2020-2022. Kecepatan angin berperan sebagai faktor yang membantu penyebaran *Mycobacterium*

Tuberculosis, mempercepat difusi bakteri di udara, dan meningkatkan risiko penularan TBC (Pratiwi, 2023). Bertolak belakang dengan penelitian Derny (2023) dimana variabel kecepatan angin (lag 1: $r = -0,139$) memiliki hubungan terhadap insiden TB Paru di Kota Jakarta Timur pada tahun 2012-2022. Sejalan juga dengan penelitian Bie (2021) dimana untuk variabel kecepatan angin (95% CI 0,664-0,875) dimana memiliki efek negatif dan tidak berpengaruh secara signifikan dengan kejadian TBC di China (Derny, 2023) (Bie, 2021).

KESIMPULAN

Dari riset yang telah dilakukan dan didapati bahwa Curah Hujan, Kelembaban, Suhu, dan Kecepatan Angin memiliki hubungan dengan kejadian TBC di Minahasa Utara tahun 2021-2023.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada civitas akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi yang telah mendukung penuh terselesaikan artikel ini. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kasih kepada penulis dua dan penulis tiga di artikel ini yang telah mendukung sepenuhnya penulis satu dalam menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrifuddin, A. (2018). Analisis Capaian Keberhasilan Pengobatan TB Paru (*Treatment Success Rate*) di Puskesmas Ranotana Weru Kota Manado. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*.
- Azhari, A.R., Kusumayati, A., Hermawati, E. (2022). Studi Faktor Iklim dan Kasus TB di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Higeia Journal of Public Health Research and Development*.
- Badan Pusat Statistik Minahasa Utara (BPS Minut). (2023). Kabupaten Minahasa Utara dalam Angka 2023. CV. Bahu Bahtera Indah.
- Badan Pusat Statistik Sulawesi Utara (BPS Sulut). (2023). Data Kasus Penyakit menurut Kabupaten/Kota di Sulawesi Utara.
- Bie, S., Hu, X., Zhang, H., Wang, K., Dou, Z. (2021). *Influential factors and spatial-temporal distribution of tuberculosis in mainland China. Scientefic Reports*.
- Budi, I.S., Ardillah, Y., Sari, I.P., Septiawati, D. (2018). Analisis Faktor Risiko Kejadian Penyakit Tuberkulosis Bagi Masyarakat Daerah Kumuh Kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 87-94.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC)*. (2021). *TB and Diabetes Infographic*.
- Dbouk, T., Drikakis, D. (2020). *On coughing and airborne droplet transmission to humans. Physics of fluids* (Woodbury, N.Y. : 1994), 32(5):53310.
- Derny, V., Murwanto, B., Helmy, H. (2023). Hubungan Kondisi Lingkungan Fisik Rumah dengan Kejadian Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Bukit Kemuning Tahun 2022. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Ruwa Jurai*, 24-30.
- Indrayadi dkk. (2024). Ilmu Kesehatan Masyarakat. Padang: Aikomedia Press.
- Irhamna, G., Naria, E. (2024). Hubungan Curah Hujan. Suhu Udara dan Kelembapan Udara dengan Kejadian TB Paru di Kabupaten Deli Serdang tahun 2018-2022.
- Kakuhes, H., Sekeon, S.A.S., Ratag, B.T. (2020). Hubungan Antara Merokok dan Kepadatan Hunian dengan Status Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Tumiting Kota Manado. *Jurnal KESMAS*, 96-105.

- Kementerian Kesehatan (Kemenkes). (2020). Strategi Nasional Penanggulangan Tuberkulosis di Indonesia 2020-2024. Jakarta: Kemenerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan (Kemenkes). (2021). Data dan Informasi Dampak Perubahan Iklim Sektor Kesehatan Berbasis Bukti di Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan (Kemenkes). (2024). Situasi Capaian Program TBC di Indonesia, 2021-2023. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud). (2020). Cuaca dan Iklim. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Maulinda, W.N., Hernawati, S., Marchiant, N., Caesarina, A. (2021). Pengaruh Kelembaban Udara, Suhu dan Kepadatan Hunian Terhadap Kejadian TB Paru. *Jurnal MID-Z (Midwifey Zigot) Jurnal Ilmiah Kebidanan*, 38-40.
- Mustafa, N., Mantjoro, E.M., Asrifuddin, A. (2019). Hubungan Antara Komunikasi Interpersonal dan Motivasi Petugas Kesehatan terhadap Kepatuhan Berobat Penderita Tuberkulosis (TB) Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Tumiting Manado. *Jurnal KESMAS*, 124-130.
- Nabiha, P.Z. (2023). Analisis Kualitas Udara (Pm 2.5) dan Faktor Iklim (Kelembaban dan Curah Hujan) dengan Kejadian Tuberkulosis di Jakarta. Repository Universitas Airlangga.
- Noris, M, Watung, G.I.V., Sibua, S, Hasanudin, I.S. (2023). Hubungan Perokok Aktif dan Pasif dengan Kejadian Tuberkulosis di Wilayah Kerja Puskesmas Modayag.
- Pitriani, Herawanto. (2019). Epidemiologi Kesehatan Lingkungan. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka.
- Pratiwi, F.E., Masrizal, Basra, M.U. (2023). Hubungan antara Faktor Iklim dengan Kasus Tuberkulosis di Kota Padang Tahun 2020-2022.
- Riyanto, S., Putera, A.R. (2022), 'Metode Riset Penelitian Kesehatan dan Sains, Penerbit Deepublish, Yogyakarta.
- Rizki, I. (2024). Literature Review: Faktor Risiko Lingkungan Kejadian Tuberkulosis. *Journal of Public Health Innovation*, 476-483.
- Tabilantang, D., Nelwan, J.E., Kaunang, W.P.J. (2018). Analisis Spasial Distribusi Tuberkulosis Paru Basil Tahan Asam (BTA) Positif di Kota Manado Tahun 2015-2017. *Jurnal KESMAS*.
- Tindatu, H., Maramis, F., Wowor, R.E. (2020). Analisis Peran Pengawas Menelan Obat dalam Kesembuhan Pasien TB di Puskesmas Bitung Barat Kota Bitung Tahun 2020. *Jurnal KESMAS*, 128-136.
- Tumiwa, A.F., Mantjoro, E.M., Manampiring, A.E. (2024). Analisis Faktor Risiko yang Berhubungan dengan Kejadian Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Tatelu Kabupaten Minahasa Utara. Volume 8, Nomor 2.
- 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.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Global Tuberculosis Report 2021*. World Health Organization.
- World Health Organization (WHO). (2024). *Global Tuberculosis Report*. World Health Organization.