

Analisis Spasial Autokorelasi Tuberkulosis di Pulau Jawa Tahun 2021

Nayaka Nayottama Pamadi^{1*}, Kemal Nazaruddin¹, Martya Rahmaniati¹, Atmiroseva²

¹Departemen Biostatistika dan Ilmu Kependudukan,
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
²Kedeputian Riset, Inovasi, dan Pengembangan BPJS Kesehatan

*Korespondensi: Nayaka Nayottama Pamadi - nayaka.nayottama@ui.ac.id

Abstrak

Tuberkulosis (TB) adalah salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia. Terlebih, adanya pandemi COVID-19 berimbas kepada berkurangnya progress dan penanganan TB di tahun 2021, maka dari itu dilakukan penelitian untuk mengetahui situasi TB dan melihat hubungan spasial pada kasus TB dengan faktor-faktor risikonya di salah satu wilayah dengan jumlah kasus tertinggi di Indonesia; Pulau Jawa, di tingkat kabupaten/kota. Faktor risiko dibagi menjadi dua kelompok, yaitu faktor geografis seperti rata-rata ketinggian, suhu tahunan, dan kelembaban tahunan; serta faktor sosiodemografi yang mencakup kepadatan penduduk/densitas, jumlah fasilitas kesehatan, dan rata-rata usia diagnosis. Hasil penelitian menunjukkan adanya pola mengelompok di seluruh variabel; proporsi TB, jumlah fasilitas kesehatan, rata-rata umur diagnosis, kepadatan penduduk, ketinggian rata-rata, suhu, dan kelembaban tahunan. Hasil uji signifikansi menemukan adanya hubungan spasial pada rata-rata umur diagnosis, kepadatan penduduk, ketinggian rata-rata, suhu, dan kelembaban tahunan, sedangkan jumlah fasilitas kesehatan dengan proporsi TB tidak ditemukan adanya hubungan spasial. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam alokasi sumber daya penanganan TB dan sebagai kesempatan bagi penelitian selanjutnya untuk menggali lebih jauh mengenai hubungan kompleks antara TB dengan faktor-faktor risikonya.

Kata kunci: analisis spasial, autokorelasi, tuberkulosis

Autocorrelation Spatial Analysis of Tuberculosis in Java in 2021

Abstract

Tuberculosis (TB) is an infectious disease that is still a public health problem in Indonesia. Moreover, the COVID-19 pandemic has had an impact on reducing the progress and treatment of TB in 2021, therefore research was carried out to determine the TB situation and see the spatial relationship between TB cases and risk factors in one of the regions with the highest number of cases in Indonesia; Java Island, at district/city level. Risk factors are divided into two groups, namely geographic factors such as average altitude, annual temperature, and annual humidity; as well as sociodemographic factors which include population density, number of health facilities, and average age of diagnosis. The research results show that there are clustered patterns in all variables; proportion of TB, number of health facilities, average age at diagnosis, population density, average altitude, temperature and annual humidity. The results of the significance test found a spatial relationship in the average age of diagnosis, population density, average height, temperature and annual humidity, while the number of health facilities and the proportion of TB did not find a spatial relationship. The results of this study can be used as recommendations for allocating resources for treating TB and as an opportunity for further research to explore further the complex relationship between TB and its risk factors.

Keywords: autocorrelation, spatial analysis, tuberculosis

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) adalah salah satu penyakit paling mematikan di seluruh dunia. Indonesia memiliki kasus insiden TB yang tinggi dan menjadikan Indonesia salah satu negara dengan insiden TB tertinggi di dunia. Pemerintah telah melakukan banyak usaha dengan tujuan menargetkan penurunan angka insiden TB menjadi 65 per 100.000 penduduk dan menurunkan angka kematian sebesar 90% dari angka kematian di tahun 2019.¹

Namun, pandemi COVID-19 mengakibatkan banyak kemunduran dari pengendalian TB, diantaranya adalah penurunan angka *case notification rate* (CNR) yang mengakibatkan 52% kasus TB tidak terdeteksi. World Health Organization (WHO) memperkirakan bahwa Indonesia dapat terlambat selama 5-8 tahun untuk mengendalikan TB.²

Dilakukan penelitian untuk melihat pola sebaran spasial TB dan faktor risikonya di Pulau Jawa, serta melihat pola sebaran spasial dan interaksi ruang, suhu, kelembaban, dan kepadatan penduduk dengan kasus TB yang tercatat di data sampel kontekstual TB BPJS di tahun 2021.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain studi ekologi dengan pendekatan spasial.

Jenis data yang digunakan adalah data agregat yang diperoleh dari berbagai sumber data seperti data sampel kontekstual TB BPJS Kesehatan tahun 2021, data pengukuran harian BMKG, BPS, dan Profil Kesehatan dari 6 provinsi di Pulau Jawa.

Penelitian ini dilakukan di wilayah Pulau Jawa yang mencakup 6 provinsi, yaitu Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta, dan Daerah Istimewa Yogyakarta serta 120 kota dan kabupaten didalamnya. Pelaksanaan penelitian dilakukan dari bulan April hingga Juni 2023.

Populasi pada penelitian ini adalah sampel peserta BPJS berdomisili di Pulau Jawa yang menderita TB tahun 2021. Penelitian ini menggunakan data agregat, sehingga seluruh data sampel peserta BPJS yang tersedia dimasukkan dalam analisis. Unit analisis yang digunakan adalah 120 kota dan kabupaten di Pulau Jawa pada tahun 2021.

Proses pengolahan data dimulai dengan pengumpulan data dalam dataset baru yang berisi seluruh variabel yang akan diteliti. Kemudian data dicocokkan untuk memastikan kembali kesesuaian pasangan data yang dikumpulkan. Analisis data dibantu dengan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk pembuatan master data, *SPSS* untuk proses cleaning data, *QGIS* untuk pembuatan peta, dan *Geoda* untuk analisis autokorelasi.

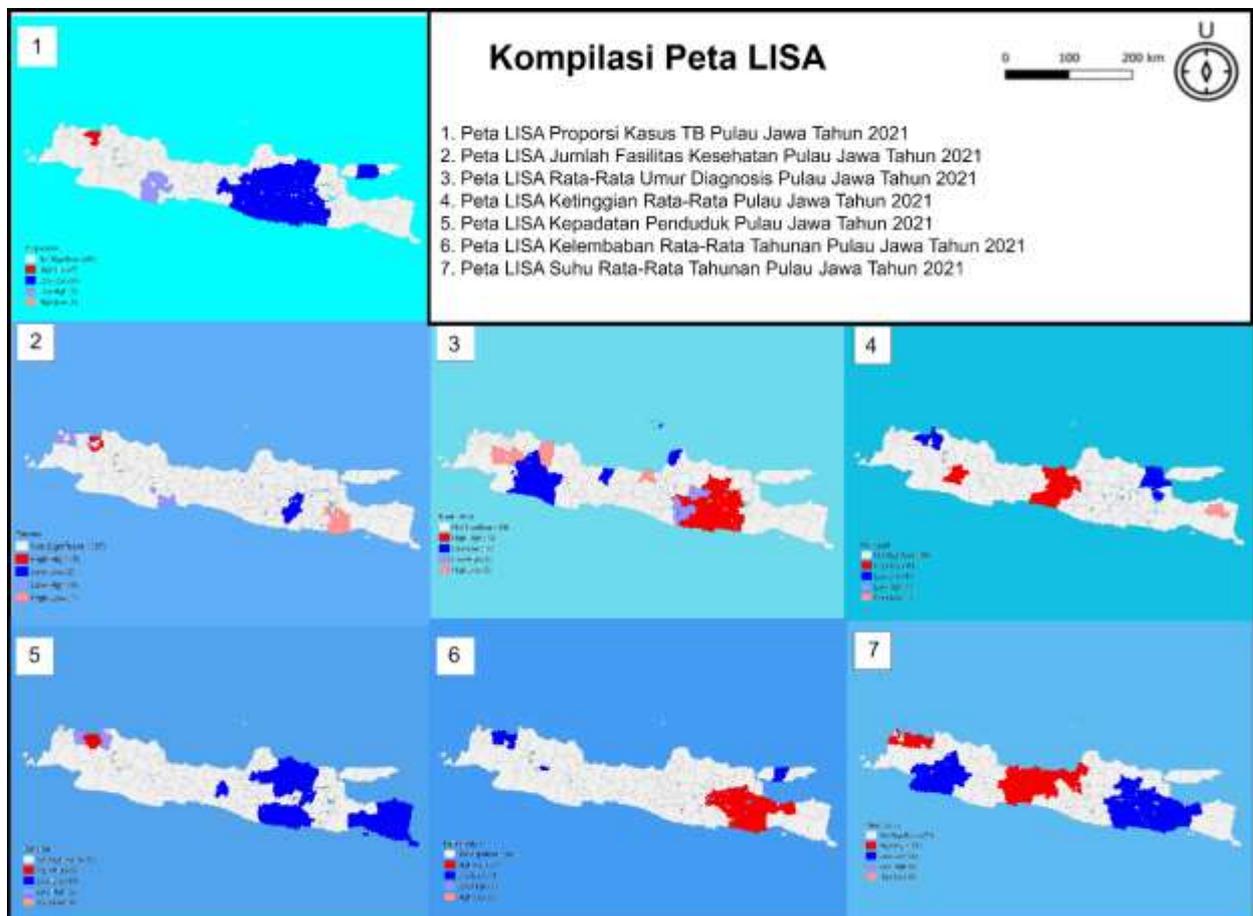
Data yang akan dianalisis diinput dalam peta digital, kemudian hasil analisis dicantumkan bersama dengan peta yang memuat judul, arah mata angin, legenda, dan skala. Data suhu dan kelembaban, menggunakan metode interpolasi dengan teknik IDW untuk memperkirakan suhu dan kelembaban di suatu kota/kabupaten karena ketidak-tersediaan data di beberapa daerah.

HASIL

Peta hasil analisis LISA dari proporsi kasus TB menggambarkan wilayah dengan hubungan pengelompokan yang signifikan secara statistik dibagi dalam empat kuadran, yaitu wilayah dengan

hubungan *High-High* ditandai dengan warna merah, ditemukan di Kota Jakarta Utara, Jakarta Pusat, Jakarta Barat, Jakarta Timur, Jakarta Selatan, Kota Depok, dan Kota Tangerang.

Wilayah berwarna biru tua dengan hubungan *Low-Low*, terdiri dari Kabupaten Bojonegoro, Tuban, Blora, Grobogan, Semarang, Wonosobo, Magelang Sleman, Kulon Progo, Gunungkidul, Wonogiri, Pacitan, Ponorogo, Tulungagung, Trenggalek, Blitar, Kediri, Nganjuk, Madiun, Ngawi, Sragen, Boyolali, Sukoharjo, Klaten, Karanganyar, Magetan, dan dua kabupaten dari Pulau Madura; Pamekasan dan Sampang.



Gambar 1. Kompilasi Peta Hasil Analisis Autokorelasi Lokal

Wilayah sebaran proporsi kasus TB yang ditandai warna biru muda adalah wilayah dengan hubungan *Low-High*, berada di Kabupaten Ciamis dan Tasikmalaya. Sedangkan wilayah yang bersifat *High-Low* tidak ada ditemukan.

Peta hasil analisis LISA jumlah fasilitas kesehatan menggambarkan wilayah yang memiliki hubungan pengelompokan signifikan secara statistik, dibagi empat kuadran yaitu wilayah dengan hubungan *High-High* ditandai dengan warna merah terdapat di Kota Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Barat, Bekasi, dan Depok.

Wilayah berwarna biru tua berdasarkan jumlah fasilitas kesehatan merupakan wilayah dengan hubungan *Low-Low*, terdiri dari Kabupaten Ponorogo dan Madiun. Wilayah dengan hubungan *Low-High* ditandai oleh warna biru muda ditemukan di Kabupaten Serang, Kota Tangerang Selatan, Kota Tasikmalaya dan Kabupaten Pangandaran. Serta wilayah dengan hubungan *High-Low* ditemukan di Kabupaten Malang.

Peta sebaran rata-rata umur diagnosis menunjukkan beberapa pola pengelompokan yang signifikan, seperti 13 kota/kabupaten dengan pola *High-High* yang berada di perbatasan Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur, yaitu Kabupaten Karanganyar, Magetan, Bojonegoro, Trenggalek, Ponorogo, Pacitan, Blitar,

Kediri, Jombang, Nganjuk, Tulungagung, Madiun, dan Kota Madiun.

Sebaran rata-rata umur diagnosis di wilayah *Low-Low* ditemukan di Jawa Barat dan Jawa Tengah, yaitu di Kabupaten Tegal, Jepara, Cianjur, Bandung, Garut, Purwakarta, Bandung Barat, Kota Bandung, Cimahi, Tegal, dan Sukabumi. Wilayah *Low-High* ditemukan di Kabupaten Ngawi, Sukoharjo, dan Wonogiri. Sedangkan wilayah *High-Low* terdapat di Kabupaten Bogor, Subang, dan Kendal.

Hasil analisis Moran lokal untuk ketinggian rata-rata, didapatkan 11 wilayah dengan pola interaksi *High-High* yang tersebar di Jawa Barat yaitu Kabupaten Bandung, Kota Bandung dan Ciamis; serta di Jawa Tengah di antaranya Kabupaten Kebumen, Purworejo, Wonosobo, Magelang, Batang, Temanggung, Semarang, dan Kendal. Pola *Low-Low* tersebar di 11 wilayah, yaitu Kabupaten Gresik, Lamongan, Mojokerto, Bekasi, Kota Surabaya, Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Barat, Jakarta Timur, Jakarta Pusat, dan Tangerang. Serta, Bondowoso memiliki pola *High-Low*.

Peta hasil analisis LISA sebaran kepadatan penduduk menunjukkan wilayah dengan hubungan pengelompokan yang signifikan secara statistik dibagi dalam empat kuadran dengan warna yang berbeda-beda, yaitu wilayah dengan

hubungan *High-High* ditandai dengan warna merah ditemukan di seluruh Provinsi DKI Jakarta beserta Kota Tangerang, Kota Tangerang Selatan, Kota Depok, dan Kota Bekasi.

Sebaran kepadatan penduduk di wilayah dengan hubungan *Low-Low* ditandai warna biru tua, yaitu Wonosobo, Rembang, Blora, Grobogan, Tuban, Bojonegoro, Ngawi, Nganjuk, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Pacitan, Wonogiri, Lumajang Jember, Bondowoso, Situbondo, dan Banyuwangi. Wilayah *Low-High* ditandai warna biru muda ditemukan di Kabupaten Bekasi dan Tangerang.

Berdasarkan analisis Moran lokal pada kelembapan rata-rata, didapatkan empat wilayah yang cenderung mengelompok dan signifikan secara statistik. Wilayah dengan tipe pengelompokan *High-High* terdapat di wilayah utara Provinsi Banten, seluruh Jakarta dan sebagian besar Jawa Tengah yang terdiri dari Kabupaten Serang, Tangerang, Kota Tangerang, Kota Jakarta Utara, Jakarta Pusat, Jakarta Barat, Jakarta Timur, Jakarta Selatan, Kabupaten Cilacap, Banyumas, Brebes, Tegal, Purbalingga, Pemalang, Pekalongan, Batang, Kendal, Semarang, Demak, Wonosobo, Banjarnegara, dan Kota Semarang.

Wilayah dengan pola sebaran *Low-Low* untuk kelembapan rata-rata ditemukan di Jawa Barat dan Jawa Timur, yaitu

Kabupaten Sukabumi, Cianjur, Purwakarta, Bandung, Bandung Barat, Bojonegoro, Madiun, Ponorogo, Magetan Tulungagung, Trenggalek, Blitar, Malang, Lumajang, Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Kediri, Kota Ciamis, Bandung, Malang, Batu, dan Pasuruan.

Berdasarkan suhu rata-rata, pengelompokan wilayah yang signifikan terlihat pada wilayah dengan jenis kelompok *High-High* yang berada di wilayah Jawa Timur, yaitu Kabupaten Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Kediri, Blitar, Malang, Kota Malang, Batu, dan Kota Pasuruan. Wilayah dengan pola *Low-Low* tersebar di Jawa Barat, Banten dan Pulau Madura, yaitu Kota Depok, Jakarta Barat, Jakarta Utara, Jakarta Pusat, Jakarta Timur, Jakarta Selatan, Tangerang, Ciamis, Bandung, Kabupaten Tangerang, dan Sampang.

Nilai Moran's I pada proporsi kasus TB didapatkan 0,221 dengan nilai dugaan I sebesar -0,008, sehingga pola sebarannya adalah mengelompok. Didapatkan pula nilai Z sebesar 3,885 yang berarti ada interaksi spasial pada variabel proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

Berdasarkan jumlah fasilitas kesehatan didapatkan nilai Moran's I sebesar 0,043 dengan nilai dugaan I sebesar -0,008, sehingga pola sebarannya adalah mengelompok. Nilai Z yang didapatkan

adalah 0,9858 yang berarti tidak ada interaksi spasial antara jumlah fasilitas kesehatan dengan proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

Pada sebaran umur, didapatkan nilai Moran's I sebesar 0,39 dengan nilai dugaan I sebesar -0,008, sehingga pola penyebarannya adalah mengelompok. Didapatkan nilai Z sebesar 5,9026 bermakna ada interaksi spasial antara rata-rata umur didiagnosis pertama dengan proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

Kepadatan penduduk memiliki nilai Moran's I sebesar 0,531 dengan nilai dugaan I sebesar -0,008, sehingga pola sebarannya adalah mengelompok. Didapatkan nilai Z senilai 8,0289 bermakna

ada interaksi spasial antara kepadatan penduduk dengan proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

Pada ketinggian rata-rata, nilai Moran's I sebesar 0,475 dengan nilai dugaan I -0,008, sehingga pola penyebarannya mengelompok. Dengan nilai Z sebesar 7,2517, maka ada interaksi spasial antara ketinggian rata-rata dengan proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

Kelembaban rata-rata memiliki nilai Moran's I sebesar 0,629 dengan nilai dugaan I -0,008 sehingga pola sebarannya mengelompok. Dengan nilai Z sebesar 9,4157, maka ada interaksi spasial antara kelembaban rata-rata tahunan dengan proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

Tabel 1. Tabel Hasil

Variabel	Nilai Z	Pola Sebaran	Contoh Kota/Kabupaten
Proporsi Kasus TB	3,885*	0,221*	Kota Jakarta Utara, Kota Jakarta Pusat, Kota Jakarta Barat, Kota Jakarta Timur, Kota Jakarta Selatan, Kota Depok, Kota Tangerang, Kabupaten Ciamis dan Tasikmalaya.
Jumlah Fasilitas Kesehatan	0,9858	0,043*	Kota Jakarta Pusat, Kota Jakarta Utara, Kota Jakarta Barat, Kota Bekasi, Kota Depok, Kabupaten Malang, Ponorogo Madiun, Serang, Kota Tangerang Selatan, Kota Tasikmalaya.
Rata-Rata Umur Diagnosis	5,9026*	0,39*	Kabupaten Karanganyar, Magetan, Bojonegoro, Trenggalek, Ponorogo, Pacitan, Blitar, Kediri, Jombang,
Ketinggian Rata-Rata	7,2517*	0,475*	Kabupaten Bandung, Kebumen, Purworejo, Wonosobo, Magelang, Batang, Temanggung, Semarang, dan Kendal, Gresik, Lamongan, Bondowoso,
Kepadatan Penduduk	8,0289*	0,531*	Nganjuk, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Pacitan, Wonogiri, Lumajang Jember, Bondowoso, Situbondo, Banyuwangi, Bekasi dan Tangerang.
Kelembaban Rata-Rata	9,4157*	0,629*	Kabupaten Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Madiun, Kediri, Blitar, Malang, Kota Malang, Kota Batu, Kota Pasuruan.
Suhu Rata-Rata	12.4695*	0,822*	Bandung, Bandung Barat, Bojonegoro, Madiun, Ponorogo, Magetan Tulungagung, Trenggalek, Blitar, Malang, Lumajang, Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Kediri, Kota Ciamis, Bandung, Malang, Batu, dan Pasuruan.

Keterangan: *Signifikan

Pada suhu rata-rata, nilai Moran's I didapatkan 0,822 dengan nilai dugaan I sebesar -0,008 sehingga pola sebarannya mengelompok. Dengan nilai Z sebesar 12.4695, maka ada interaksi spasial antara suhu rata-rata tahunan dengan proporsi kasus TB di Pulau Jawa.

PEMBAHASAN

Berdasarkan data Profil Kesehatan Indonesia tahun 2021, wilayah DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa tengah, Jawa Timur, dan Banten menduduki empat peringkat teratas jumlah kasus tertinggi di Indonesia. Angka tersebut terefleksikan pada hasil penelitian ini dan ditemukan di Kota Tasikmalaya, Kota Jakarta Pusat, Kepulauan Seribu, Kota Mojokerto, dan Kota Bogor yang memiliki proporsi kasus tertinggi di Pulau Jawa serta berkontribusi dalam 20% proporsi di Pulau Jawa.³

Banyaknya kota yang memiliki proporsi kasus TB yang tinggi tersebar di kepadatan penduduk dan mobilitas penduduk yang tinggi. Seperti penelitian di Maharashtra, India yang menggunakan GWR menemukan pengelompokan dan korelasi kasus di wilayah yang padat penduduk.⁴ Penelitian spasial di Brazil juga menemukan adanya pengelompokan kasus TB di wilayah yang padat penduduk.⁵

Kepadatan penduduk memiliki hubungan yang kompleks dengan prevalensi TB di suatu wilayah. Banyak

penelitian yang memiliki hasil yang sejalan dengan penelitian ini. Salah satunya adalah penelitian Yang dkk di China menemukan pola mengelompok dalam kasus TB di wilayah yang ramai penduduk secara konsisten dari 2012 hingga 2018.⁶

Temuan di Tanzania juga menunjukkan adanya perbedaan perilaku antara kelompok yang tinggal di lingkungan dengan kepadatan penduduk tinggi dan rendah. Wilayah pedesaan memiliki kepadatan penduduk yang lebih rendah akan menghadapi kesulitan untuk mendapatkan akses kesehatan, keterlambatan diagnosis, dan kecenderungan untuk pergi ke pengobatan tradisional yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi.⁷

Penelitian spasial tahun 2020 menekankan juga bahwa kepadatan penduduk sangat substansial, dimana ukuran populasi berisiko harus dimasukan secara gamblang dalam sebuah model penyebaran penyakit TB.⁸ Namun, beberapa penelitian spasial lain memiliki hasil yang berbeda.

Seperti penelitian di Kota Manado yang menyimpulkan bahwa kepadatan penduduk tidak bisa menjadi penyebab tunggal TB.⁹ Penelitian yang dilakukan di Jawa Tengah dengan metode penelitian yang serupa juga tidak menemukan hubungan secara spasial antara kasus TB baru dengan kepadatan penduduk.¹⁰

Tabel 2. Tabel Implikasi Kebijakan dengan Faktor Risiko Kepadatan Penduduk

Kota/Kabupaten	Proporsi	Kepadatan Penduduk	Implikasi Kebijakan
Kota Depok, Tangerang, dan kelima Kota di Provinsi Jakarta	<i>High-High</i>	<i>High-High</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemantauan Keberhasilan program seperti KAPITU di Kota Depok • Peningkatan Alokasi sumber daya dalam penanganan dan surveilans kasus TB • Pemantauan rumah sehat
Kota Tangerang Selatan	<i>High-High</i>	---	<ul style="list-style-type: none"> • Perizinan pembangunan wilayah • Pemantauan rumah sehat

Tabel 3. Tabel Implikasi Kebijakan dengan Jumlah Sarana Kesehatan

Kota/Kabupaten	Proporsi	Jumlah Fasilitas Kesehatan	Implikasi Kebijakan
Kota Jakarta Utara, Jakarta Barat, Depok	<i>High-High</i>	<i>High-High</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Penggiatan kegiatan tracing di Puskesmas • Peningkatkan penanganan kasus dan pemantauan minum obat di tingkat Puskesmas.
Kota Tangerang Selatan, Tasikmalaya, Kabupaten Serang, Pangandaran	---	<i>Low-High</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengkajian efektifitas fasilitas kesehatan • Peningkatan program tracing di tingkat Puskesmas

Tabel 4. Tabel Implikasi Kebijakan dengan Umur Diagnosis Rata-Rata

Kota/Kabupaten	Proporsi	Umur Diagnosis Rata-Rata	Implikasi Kebijakan
Kabupaten Bojonegoro, Nganjuk, Madiun, Karanganyar, Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Kediri, Blitar, Jombang	<i>Low-Low</i>	<i>High-High</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan tracing pada kelompok umur dibawah 20 tahun • Peningkatan pengawasan kepatuhan minum obat untuk yang terjangkau.
Kabupaten Bogor, Subang, Kendal	---	<i>High-Low</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengadaan screening dan imunisasi pada bayi.

Tabel 5. Tabel Implikasi Kebijakan dengan Faktor Risiko Suhu dan Kelembaban

Kota/Kabupaten	Proporsi	Suhu	Kelembaban	Implikasi Kebijakan
Kota Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Pusat, Jakarta Timur, Jakarta Barat, Tangerang	<i>High-High</i>	<i>High-High</i>	<i>Low-Low</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatkan jumlah vegetasi tumbuhan jika memungkinkan di wilayah pembangunan tinggi • Peningkatan efektifitas kendaraan umum
Kabupaten Serang,	---	<i>High-High</i>	---	<ul style="list-style-type: none"> • Investasi dalam energi solar dan bahan-bahan reflektif panas dalam pembangunan
Kabupaten Tangerang	---	<i>High-High</i>	<i>Low-Low</i>	

Tabel 6. Tabel Implikasi Kebijakan dengan Ketinggian Rata-Rata

Kota/Kabupaten	Proporsi	Ketinggian Wilayah	Implikasi Kebijakan
Kota Bandung, Cimahi, Kabupaten Bandung, Kendal, Batang, Wonosobo, Temanggung, Wonosobo, Semarang, Magelang, Purworejo, Kebumen	---	<i>High-High</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan tracing kasus di dataran tinggi atau pegunungan • Peningkatan akses fisik menuju fasilitas kesehatan kepada komunitas yang terisolasi
Kabupaten Bondowoso	---	<i>High-Low</i>	

Beberapa implikasi kebijakan yang dapat membantu menangani permasalahan kepadatan penduduk dengan proporsi TB di tingkat kabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 2.

Walaupun penelitian ini tidak menemukan hubungan spasial antara jumlah fasilitas kesehatan dengan proporsi TB, tetapi jumlah fasilitas kesehatan dapat mencerminkan efektifitas pelayanan kesehatan di tingkat kota/kabupaten. Wilayah dengan jumlah fasilitas yang tinggi juga memiliki proporsi kasus yang tinggi, sehingga harus dijadikan sebagai wilayah dengan prioritas penanganan. Beberapa implikasi kebijakan yang dapat membantu menangani permasalahan efektifitas pelayanan fasilitas kesehatan dengan proporsi TB di tingkat kabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 3.

Faktor rata-rata usia diagnosis diketahui berpengaruh pada kecepatan untuk penanganan. Penelitian yang dilakukan di India Selatan menemukan adanya peningkatan risiko kegagalan pengobatan terkait usia diagnosis.¹¹ Penelitian lainnya juga menemukan penurunan jumlah pengobatan yang selesai sampai tuntas pada kelompok usia diatas 65 tahun.¹²

Walaupun adanya perbedaan rata-rata usia diagnosis sebagai faktor risiko, WHO menjelaskan bahwa seluruh umur rentan terhadap TB.² Beberapa implikasi

kebijakan yang dapat membantu menangani permasalahan rata-rata usia diagnosis dengan proporsi TB di tingkat kabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 4.

Temuan ini memiliki hubungan dengan sebaran suhu dan kelembaban, dimana wilayah dengan ketinggian rendah akan memiliki suhu dan kelembaban yang lebih tinggi. Walaupun penelitian ini tidak melihat hubungan antar variabel independen, beberapa wilayah seperti kota di Provinsi DKI Jakarta memiliki suhu yang tinggi, kelembaban yang rendah, dan kasus yang cukup tinggi, sehingga perlu menginisiasi intervensi yang spesifik dan disesuaikan dengan wilayah yang akan ditangani. Hal ini akan sangat membantu dalam penanganan kasus TB dengan tepat sasaran. Beberapa implikasi kebijakan yang dapat membantu menangani permasalahan suhu dan kelembaban dengan proporsi TB di tingkat kabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 5.

Suhu dan kelembaban adalah salah satu faktor risiko iklim yang bisa mempengaruhi perjalanan TB. Temuan dari penelitian ini menunjukkan adanya pengelompokan wilayah berdasarkan suhu dengan pola *High-High* di 22 wilayah di sekitar Jabodetabek dan Jawa Tengah. Salah satu penyebab terjadinya pengelompokan ini adalah fenomena pulau panas, dimana banyaknya struktur seperti jalanan dan bangunan yang

menyerap dan memantulkan kembali panas matahari mengakibatkan wilayah urban tertentu dapat lebih panas dari wilayah sekitarnya.¹³

Penelitian di China juga menemukan efek pulau panas pada suatu kota dapat berukuran 2-4 kali ukuran kotanya ke wilayah sekitarnya.¹⁴ Fenomena ini pernah diteliti di wilayah Jakarta dan Surabaya, dua wilayah yang juga memiliki pola sebaran *High-High*. Melalui data Landsat 8 diketahui adanya perbedaan suhu pada kedua kota dengan wilayah sekitarnya, serta memiliki korelasi negatif antara temperatur permukaan dengan jumlah vegetasi.¹⁵

Suhu memiliki hubungan yang rumit dengan proporsi TB, seperti pengaruh positif antara titik pengembunan dan suhu tinggi dengan jumlah kasus TB.¹⁶ Sebuah studi di Korea Selatan menemukan adanya pola pengumpulan spasial pada kasus TB di wilayah dengan temperatur tinggi.¹⁷

Selain itu, kelembaban juga memiliki pengaruh terhadap penyebaran kasus TB. Penelitian Bangladesh menggunakan GWR menemukan adanya korelasi negatif antara kasus TB dengan kelembaban, mengakibatkan kelembaban rata-rata rendah menjadi salah satu faktor risiko penyebaran TB.¹⁸ Kelembaban Indonesia bisa dianggap cukup tinggi dibandingkan dengan negara lain. Hal ini disebabkan oleh posisi Indonesia yang beriklim tropis

menyebabkan penguapan cepat terjadi, serta curah hujan yang tinggi menambah jumlah air di udara dalam jangka waktu panjang.

Penelitian ini juga menemukan adanya hubungan antara proporsi kasus TB dengan ketinggian rata-rata wilayah. Temuan ini sejalan dengan penelitian sistematis tahun 2019, diantara beberapa penelitian terdapat penelitian dengan desain spasial dengan hasil adanya hubungan antara ketinggian wilayah dengan penurunan kasus TB.¹⁹ Temuan di penelitian lain juga mendapati bahwa angka notifikasi kasus juga menurun seiring dengan ketinggian wilayah.²⁰ Beberapa implikasi kebijakan yang dapat membantu menangani permasalahan ketinggian rata-rata wilayah dengan proporsi TB di tingkat kabupaten/kota dapat dilihat pada Tabel 6.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya data kelembaban dan suhu yang hanya tersedia di wilayah dengan stasiun pengukuran cuaca BMKG, sehingga menggunakan interpolasi untuk memperkirakan suhu wilayah rata-rata yang tidak memiliki data. Interpolasi data suhu dan kelembaban hanya menggambarkan variasi suhu dan kelembaban yang dirata-ratakan untuk seluruh kota/kabupaten, walaupun variasi ketinggian dan luas kota/kabupaten akan mengakibatkan variasi regional yang tidak terdeteksi di tingkat kota/kabupaten.

Desain studi ekologi yang dipilih memiliki keterbatasan berupa ambiguitas temporal atau ketidakmampuan penelitian untuk menjelaskan bagaimana variabel variabel independen mempengaruhi proporsi TB secara langsung di suatu wilayah. Adanya kontiguitas atau definisi tetangga dalam analisis autokorelasi yang digunakan, sehingga penelitian ini mengeliminasi Kepulauan Seribu dalam analisis autokorelasi karena seluruh kabupaten yang terpisah dengan Pulau Jawa oleh lautan. Hal tersebut juga dilakukan pada empat kabupaten di Pulau Madura yaitu Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep. Analisis dilakukan hanya dengan wilayah tetangga di Pulau Madura karena terpisah dengan bagian Pulau Jawa lainnya.

KESIMPULAN

Hasil analisis autokorelasi menunjukkan bahwa kepadatan penduduk, rata-rata umur diagnosis, jumlah fasilitas kesehatan, ketinggian rata-rata, suhu dan kelembaban rata-rata tahunan memiliki pola sebaran mengelompok. Faktor yang memiliki interaksi spasial dengan proporsi kasus TB adalah kepadatan penduduk, rata-rata umur diagnosis, ketinggian rata-rata, suhu dan kelembaban rata-rata dengan proporsi kasus tuberkulosis.

Implikasi kebijakan dapat diterapkan dan dimodifikasi oleh masing-masing

pemerintah kabupaten kota dengan koordinasi dan kerjasama antar wilayah, terutama wilayah yang bertetangga. Bagi penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian yang meneliti hubungan kausalitas antara variabel-variabel dengan desain penelitian yang berbeda serta melakukan analisis spasial dengan lingkup yang lebih luas, baik secara makro maupun mikro.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yansaneh IS. Construction and use of sample weights. Statistic Division United Nations Secretariat. New York: United Nations Secretariat; 2003.
2. World Health Organization. Global tuberculosis report 2021. Geneva; 2021.
3. Kementerian Kesehatan RI. Profil Kesehatan Indonesia 2021. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2022.
4. Rao M, Johnson A. Impact of population density and elevation on tuberculosis spread and transmission in Maharashtra, India. *J Emerg Investig.* 2021;4.
5. De Abreu E Silva M, Di Lorenzo Oliveira C, Teixeira Neto RG, Camargos PA. Spatial distribution of tuberculosis from 2002 to 2012 in a midsize city in Brazil. *BMC Public Health.* 2016;16:912.

6. Yang DL, Li W, Pan MH, Su HX, Li YN, Tang MY, et al. Spatial analysis and influencing factors of pulmonary tuberculosis among students in Nanning, during 2012-2018. *PLoS One*. 2022;17(5):e0268472.
7. Sikalengo G, Hella J, Mhimbira F, Rutaihwa LK, Bani F, Ndege R, et al. Distinct clinical characteristics and helminth co-infections in adult tuberculosis patients from urban compared to rural Tanzania. *Infect Dis Poverty*. 2018;7(1):24.
8. Wong DWS, Li Y. Spreading of COVID-19: Density matters. *PLoS One*. 2020;15(12):e0242398.
9. Tabilantang DE, Nelwan JE, Kaunang WPJ, Kesehatan F, Universitas M, Ratulangi S. Analisis Spasial Distribusi Tuberkulosis Paru Basil Tahan Asam (BTA) Positif Di Kota Manado Tahun 2015 – 2017. *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*. 2018;7(4).
10. Rahmawati H, Rahmaniati M. Analisis Spasial Kasus Baru Tuberkulosis BTA (+) terhadap Kepadatan Penduduk di Jawa Tengah Tahun 2016-2018. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 2020;9(03):137–43.
11. Ananthakrishnan R, Kumar K, Ganesh M, Kumar AMV, Krishnan N, Swaminathan S, et al. The Profile and Treatment Outcomes of the Older (Aged 60 Years and Above) Tuberculosis Patients in Tamilnadu, South India. *PLoS One*. 2013;8(7):e67288.
12. Fu H, Lin HH, Hallett TB, Arinaminpathy N. Explaining age disparities in tuberculosis burden in Taiwan: a modelling study. *BMC Infect Dis*. 2020 Mar 4;20(1):191.
13. Joint Research Centre. Cities are often 10-15 °C hotter than their rural surroundings [Internet]. European Commission. 2022. Available from: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/cities-are-often-10-15-degc-hotter-their-rural-surroundings-2022-07-25_en
14. Zhou D, Zhao S, Zhang L, Sun G, Liu Y. The footprint of urban heat island effect in China. *Sci Rep*. 2015;5:11160.
15. Permatasari PA, Amalo LF, Wijayanto AK. Comparison of urban heat island effect in Jakarta and Surabaya, Indonesia. In: *SPIE. SPIE-Intl Soc Optical Eng*; 2019. p. 7.
16. Krishnan R, Thiruvengadam K, Jayabal L, Selvaraju S, Watson B, Malaisamy M, et al. An influence of dew point temperature on the occurrence of *Mycobacterium tuberculosis* disease in Chennai, India. *Sci Rep*. 2022;12:6147.
17. Im C, Kim Y. Spatial pattern of tuberculosis (TB) and related socio-

- environmental factors in South Korea, 2008-2016. PLoS One. 2021;16(8):e0255727.
18. Kuddus MA, McBryde ES, Adegboye OA. Delay effect and burden of weather-related tuberculosis cases in Rajshahi province, Bangladesh, 2007-2012. *Sci Rep.* 2019;9(1):12720.
 19. Eisen S, Pealing L, Aldridge RW, Siedner MJ, Necochea A, Leybell I, et al. Effects of Ascent to High Altitude on Human Antimycobacterial Immunity. *PLoS One.* 2013;8(9):e74220.
 20. Gelaw YA, Yu W, Magalhães RJS, Assefa Y, Williams G. Effect of Temperature and Altitude Difference on Tuberculosis Notification: A Systematic Review. *J Glob Infect Dis.* 2019;11(2):63–8.