

Analisis Spasial Kasus Tuberkulosis Menggunakan QGIS sebagai Upaya Deteksi Dini Risiko Penularan di Kabupaten Bantul

Avito Andhika Arimukti Stephanus, Syamsu Windarti*, Muhammad Muslim
Program Studi Sarjana Terapan Manajemen Informasi Kesehatan, STIKES Akbidyo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

*Email korespondensi: wiwien@akbidyo.ac.id

ABSTRAK

Pendahuluan: Tuberkulosis (TB) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat. Tingginya jumlah kasus TB mendorong perlunya deteksi dini melalui pendekatan analisis spasial.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan menganalisis persebaran kasus TB dengan teknik analisis spasial menggunakan QGIS sebagai dasar deteksi dini risiko penularan di Kabupaten Bantul.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan data sekunder kasus TB tahun 2022–2024 dari Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul yang bersumber dari Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB), sebanyak 4.052 kasus. *Preprocessing* meliputi *data cleaning*, *data selection*, *data normalization*, dan *data transformation* dilakukan sebelum analisis spasial menggunakan QGIS. Data spasial diperoleh dari Geoportal Daerah Istimewa Yogyakarta yang menyediakan *shapefile* wilayah administrasi kecamatan. Data yang telah diolah disajikan pada *dashboard* dalam bentuk tabel, diagram, dan peta sebaran kasus.

Hasil: Jumlah kasus TB selama tahun 2022–2024 mencapai 4.052 kasus. Kecamatan Sewon memiliki jumlah kasus tertinggi, yaitu 547 kasus, diikuti Bantul sebanyak 371 kasus dan Banguntapan sebanyak 363 kasus. Persebaran kasus terkonsentrasi di wilayah tengah hingga utara, dengan peningkatan kasus berturut-turut di Sewon, Banguntapan, dan Bambanglipuro. Hasil pemetaan dikembangkan dalam bentuk *dashboard* berbasis web.

Kesimpulan: Analisis spasial menggunakan QGIS mampu menggambarkan pola persebaran kasus TB dan membantu mengidentifikasi wilayah berisiko mengalami peningkatan penularan.

Kata kunci: analisis spasial, QGIS, tuberkulosis

Spatial Analysis of Tuberculosis Cases Using QGIS for Early Detection of Transmission Risk in Bantul Regency

Abstract

Introduction: Tuberculosis (TB) remains a public health issue. The high number of cases highlights the need for early detection through spatial analysis.

Objective: This study aimed to analyze TB case distribution using QGIS as a basis for early detection of transmission risk in Bantul Regency.

Methods: This quantitative descriptive study used TB case data for 2022–2024 obtained from the Bantul District Health Office through the Tuberculosis Information System (SITB), comprising 4,052 cases. Preprocessing included data cleaning, data selection, data normalization, and data transformation before spatial analysis using QGIS. Spatial data were obtained from the Special Region of Yogyakarta Geoportal, which provides shapefiles of sub-district areas. Processed data were presented on a dashboard as tables, charts, and case distribution maps.

Results: A total of 4,052 TB cases were recorded from 2022 to 2024. Sewon had the highest number of cases, with 547 cases, followed by Bantul with 371 cases and Banguntapan with 363 cases. Cases were concentrated in the central to northern regions, with consecutive increases in Sewon, Banguntapan, and Bambanglipuro. The mapping results were developed into a web-based dashboard.

Conclusion: Spatial analysis using QGIS can illustrate TB case distribution patterns and help identify areas at risk of increased transmission.

Keywords: QGIS, spatial analysis, tuberculosis

PENDAHULUAN

Tuberkulosis merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* dan masih menjadi salah satu penyebab utama kesakitan serta kematian di dunia. Menurut WHO (2024), Indonesia termasuk negara dengan beban tuberkulosis tertinggi di dunia. Tingginya jumlah kasus menunjukkan bahwa upaya pengendalian masih memerlukan pendekatan yang lebih efektif dan berbasis data. Persebaran penyakit menular dipengaruhi oleh interaksi antara manusia, lingkungan, dan agen penyakit. Secara epidemiologis, kejadian tuberkulosis berkaitan dengan kepadatan penduduk, mobilitas masyarakat, kondisi sosial ekonomi, dan akses pelayanan kesehatan. Wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi memiliki risiko penularan yang lebih besar dibandingkan wilayah dengan kepadatan rendah (Amalia & Setiyadi, 2021). Kepadatan penduduk memiliki hubungan yang signifikan dan berkorelasi sangat kuat dengan kejadian tuberkulosis ($r = 0,700$). Kepadatan penduduk yang tinggi meningkatkan frekuensi kontak antarindividu sehingga memperbesar peluang terjadinya penularan tuberkulosis serta membentuk pola persebaran kasus yang cenderung terkonsentrasi pada wilayah dengan tingkat urbanisasi tinggi (Fadhlillah dkk., 2025). Selain itu, Septatia dkk. (2025) juga membuktikan melalui analisis spasial bahwa faktor lingkungan, khususnya kepadatan penduduk, berperan dalam penyebaran kasus TB. Wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi cenderung memiliki angka kesakitan yang lebih besar karena tingginya intensitas kontak antarpenduduk dan kondisi lingkungan yang padat.

Analisis spasial merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pola distribusi penyakit berdasarkan aspek

geografis. Menurut Girsang dkk. (2023), analisis spasial dapat membantu menentukan wilayah prioritas intervensi kesehatan melalui visualisasi data dalam bentuk peta. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan adalah *Quantum Geographic Information System* (QGIS), yaitu aplikasi SIG berbasis *open source* yang mampu mengolah, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial. Kabupaten Bantul merupakan salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta yang masih menghadapi kasus tuberkulosis cukup tinggi setiap tahun. Oleh karena itu, diperlukan analisis spasial untuk mengetahui pola persebaran kasus dan mengidentifikasi wilayah yang berpotensi mengalami peningkatan risiko penularan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis persebaran kasus tuberkulosis menggunakan QGIS sebagai deteksi dini risiko penularan di Kabupaten Bantul.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian dilaksanakan di Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul pada November 2025–April 2026. Data penelitian berupa data sekunder kasus tuberkulosis tahun 2022–2024 yang diperoleh dari Sistem Informasi Tuberkulosis (SITB). Tahapan pengolahan data meliputi *data cleaning*, *data selection*, *data normalization*, dan *data transformation*. Data yang telah diproses kemudian diintegrasikan dengan data spasial administrasi Kabupaten Bantul menggunakan aplikasi QGIS. Analisis dilakukan menggunakan metode *Natural Breaks* (Jenks) untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan jumlah kasus tuberkulosis.

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan jumlah kasus tuberkulosis di Kabupaten Bantul selama periode 2022–2024 mencapai 4.052 kasus. Jumlah kasus mengalami fluktuasi

setiap tahun, yaitu sebanyak 1.328 kasus pada tahun 2022, meningkat menjadi 1.444 kasus pada tahun 2023, kemudian menurun menjadi 1.280 kasus pada tahun 2024. Jika dikelompokkan berdasarkan jenis kelamin, kasus tuberkulosis pada laki-laki tahun 2022, 2023, dan 2024 berturut-turut sebanyak 746, 771, dan 758 kasus. Kasus pada perempuan berturut-turut pada tahun 2022, 2023, dan 2024 sebanyak 582, 673, dan 522 kasus. Sebaran data secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Sebelum dilakukan analisis spasial, data terlebih dahulu melalui tahap *preprocessing* yang meliputi *data cleaning*, *data selection*, *data normalization*, dan *data transformation*. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan kualitas data sehingga dapat digunakan dalam proses analisis spasial menggunakan QGIS.

Proses *data cleaning* dilakukan dengan memeriksa data yang tidak lengkap dan menghilangkan duplikasi data. *Data selection* dilakukan dengan memilih atribut yang dibutuhkan dalam penelitian, yaitu kecamatan, jumlah kasus, jenis kelamin, dan tahun kejadian. Tahap normalisasi dilakukan untuk menyeragamkan format data, sedangkan transformasi data

dilakukan agar data dapat diintegrasikan dengan data spasial dalam format yang sesuai untuk analisis menggunakan QGIS. Hasil *preprocessing* menghasilkan data agregat yang konsisten dan siap digunakan untuk pemetaan serta pengembangan *dashboard*.

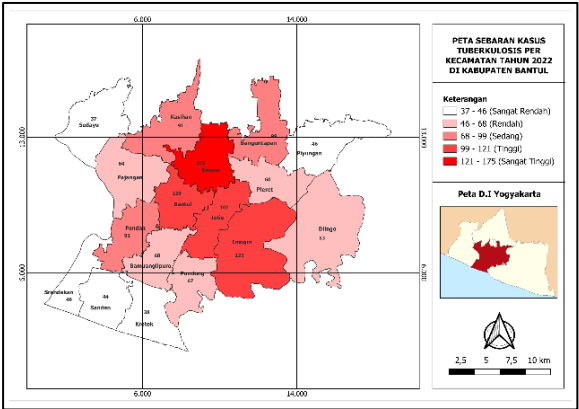
Berdasarkan hasil pengolahan data, jumlah kasus tuberkulosis di Kabupaten Bantul tahun 2022 sebanyak 1.328 kasus, terdiri atas 746 kasus laki-laki dan 582 kasus perempuan. Distribusi kasus menunjukkan variasi yang cukup signifikan antarkecamatan. Kecamatan Sewon menjadi wilayah dengan jumlah kasus tertinggi, yaitu 175 kasus, diikuti Kecamatan Imogiri sebanyak 121 kasus dan Kecamatan Bantul sebanyak 120 kasus. Sementara itu, jumlah kasus terendah terdapat di Kecamatan Sedayu sebanyak 37 kasus dan Kecamatan Kretek sebanyak 38 kasus.

Tabel 1. Data Kasus TB Per-Kecamatan Tahun 2022, 2023, 2024

No	Kecamatan	Tahun			Total
		2022	2023	2024	
1.	Sewon	175	182	190	547
2.	Bantul	120	160	91	371
3.	Banguntapan	99	130	134	363
4.	Imogiri	121	121	92	334
5.	Kasihan	91	121	108	320
6.	Jetis	107	121	77	305
7.	Pandak	92	94	67	253
8.	Bambanglipuro	68	68	77	213
9.	Pundong	67	75	56	198
10.	Pleret	60	58	76	194
11.	Pajangan	64	62	60	186
12.	Srandakan	46	51	47	144
13.	Sanden	44	57	42	143
14.	Dlingo	53	40	39	132

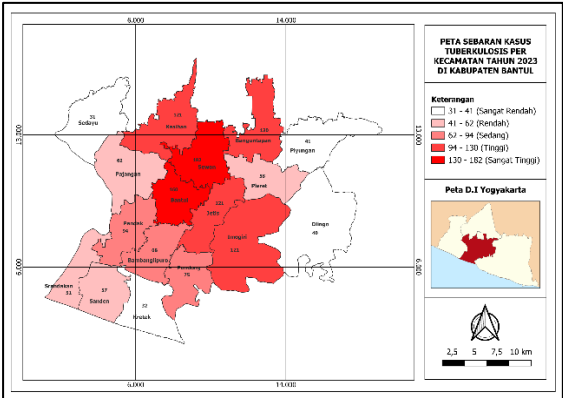
15.	Kretek	38	32	55	125
16.	Piyungan	46	41	30	117
17.	Sedayu	37	31	39	107
Total		1328	1444	1280	4052
Laki-laki		746	771	758	2275
Perempuan		582	673	522	1777

Sumber: Data skunder, Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul



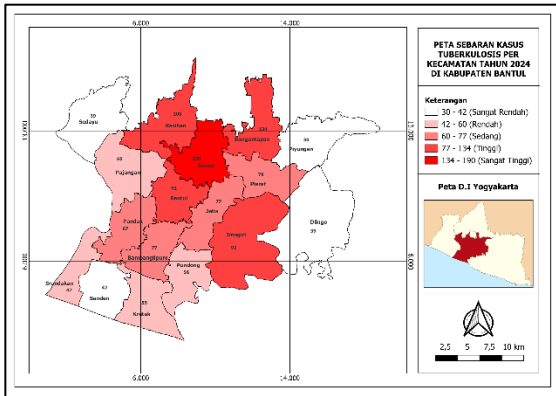
Gambar 1. Peta Sebaran Kasus TB di Kabupaten Bantul Tahun 2022

Pada tahun 2023, jumlah kasus tuberkulosis meningkat menjadi 1.444 kasus, terdiri atas 771 kasus laki-laki dan 673 kasus perempuan. Kecamatan Sewon masih menjadi wilayah dengan jumlah kasus tertinggi, yaitu 182 kasus, diikuti Kecamatan Bantul sebanyak 160 kasus dan Kecamatan Banguntapan sebanyak 130 kasus. Jumlah kasus terendah terdapat di Kecamatan Sedayu sebanyak 31 kasus dan Kecamatan Kretek sebanyak 32 kasus.



Gambar 2. Peta Sebaran Kasus TB di Kabupaten Bantul Tahun 2023

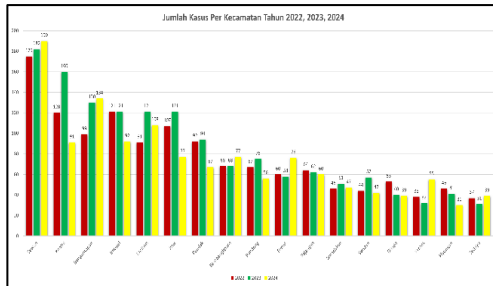
Pada tahun 2024, jumlah kasus tuberkulosis menurun menjadi 1.280 kasus, terdiri atas 758 kasus laki-laki dan 522 kasus perempuan. Kecamatan Sewon tetap menjadi wilayah dengan jumlah kasus tertinggi, yaitu 190 kasus, diikuti Kecamatan Banguntapan sebanyak 134 kasus dan Kecamatan Kasihan sebanyak 108 kasus. Sementara itu, jumlah kasus terendah terdapat di Kecamatan Piyungan sebanyak 30 kasus dan Kecamatan Dlingo sebanyak 39 kasus.



Gambar 3. Peta Sebaran Kasus TB di Kabupaten Bantul Tahun 2024

PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah kasus tuberkulosis mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. Jumlah kasus meningkat dari 1.328 kasus pada tahun 2022 menjadi 1.444 kasus pada tahun 2023, kemudian menurun menjadi 1.280 kasus pada tahun 2024.



Gambar 4. Diagram Jumlah Kasus TB Per-Kecamatan Tahun 2022, 2023, 2024

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa Kecamatan Sewon secara konsisten menempati posisi tertinggi selama tiga tahun berturut-turut, yaitu sebanyak 175 kasus pada tahun 2022, meningkat menjadi 182 kasus pada tahun 2023, dan kembali meningkat menjadi 190 kasus pada tahun 2024.

Analisis zona risiko dilakukan berdasarkan kecamatan yang mengalami peningkatan jumlah kasus secara berturut-turut selama periode 2022–2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tiga kecamatan yang memenuhi kriteria tersebut, yaitu Kecamatan Sewon, Banguntapan, dan Bambanglipuro.

Kecamatan Sewon mengalami peningkatan jumlah kasus dari 175 kasus pada tahun 2022 menjadi 182 kasus pada tahun 2023 dan meningkat kembali menjadi 190 kasus pada tahun 2024 dengan total 547 kasus selama tiga tahun. Kecamatan Banguntapan mengalami peningkatan dari 99 kasus pada tahun 2022 menjadi 130 kasus pada tahun 2023 dan 134 kasus pada tahun 2024 dengan total 363 kasus. Sementara itu, Kecamatan Bambanglipuro memiliki jumlah kasus sebanyak 68 kasus pada tahun 2022, 68 kasus pada tahun 2023, dan meningkat menjadi 77 kasus pada tahun 2024 dengan total 213 kasus.

Hasil analisis spasial selanjutnya dikembangkan dalam bentuk *dashboard* berbasis web untuk mempermudah visualisasi dan pemantauan kasus tuberkulosis di Kabupaten Bantul.



Gambar 5. Tampilan *Dashboard*

Dashboard menyediakan berbagai komponen visualisasi seperti peta persebaran kasus berdasarkan kecamatan, diagram batang jumlah kasus per kecamatan, grafik perbandingan kasus antartahun, serta informasi tren kasus tuberkulosis. *Dashboard* juga dilengkapi menu navigasi yang memudahkan pengguna dalam mengakses data tahun 2022, 2023, dan 2024 secara cepat. Secara keseluruhan, *dashboard* mampu menyajikan informasi kasus tuberkulosis secara lebih sistematis, informatif, dan mudah dipahami sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media *monitoring*, evaluasi, dan deteksi dini risiko penularan tuberkulosis di Kabupaten Bantul.

Menurut Salam dkk. (2023), *data preprocessing* merupakan proses pengolahan data awal yang bertujuan mengubah data mentah menjadi data yang lebih bersih, konsisten, dan siap dianalisis.

Pada penelitian ini, proses *preprocessing* dilakukan melalui tahapan *data cleaning*, *data selection*, *data normalization*, dan *data transformation*. Tahapan tersebut dilakukan untuk mengatasi data yang tidak lengkap, menghilangkan data duplikat, menyeragamkan format penulisan wilayah, serta menyesuaikan format data agar dapat diintegrasikan dengan data spasial pada aplikasi QGIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *preprocessing* berhasil menghasilkan data yang lebih terstruktur dan siap digunakan dalam proses analisis spasial. Kualitas data yang baik menjadi faktor penting dalam menghasilkan peta persebaran yang akurat

karena kesalahan data dapat memengaruhi hasil interpretasi wilayah risiko.

Menurut Girsang dkk. (2023), analisis spasial dapat mengidentifikasi pola persebaran penyakit dan wilayah berisiko tinggi. Dalam klasifikasi data spasial, metode *Natural Breaks* (Jenks) digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan distribusi alami sehingga variasi di dalam kelas minimum dan variasi antarkelas maksimum (Aji & Oktavia, 2023). Analisis ini didukung oleh aplikasi QGIS sebagai perangkat sistem informasi geografis (SIG) berbasis *open source* yang mampu mengelola dan memvisualisasikan data spasial secara efektif (Nurfitri Andayani dkk., 2022). Berdasarkan hasil penelitian, peta persebaran kasus tuberkulosis dibuat dengan mengintegrasikan data spasial batas administrasi kecamatan dan data kasus tuberkulosis melalui proses *join* pada QGIS. Jumlah kasus diklasifikasikan menggunakan metode *Natural Breaks* (Jenks) ke dalam lima kategori, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta tematik dengan gradasi warna. Semakin gelap warna yang ditampilkan, semakin tinggi jumlah kasus pada wilayah tersebut.

Hasil pemetaan menunjukkan adanya variasi distribusi kasus tuberkulosis antarkecamatan di Kabupaten Bantul. Penggunaan QGIS dan metode *Natural Breaks* (Jenks) mempermudah identifikasi wilayah dengan kasus tinggi secara objektif sesuai distribusi data. Konsentrasi kasus yang tinggi di Kecamatan Sewon dan wilayah sekitarnya menunjukkan potensi risiko penularan yang lebih besar, yang kemungkinan dipengaruhi oleh kepadatan penduduk dan mobilitas masyarakat. Oleh karena itu, wilayah tersebut perlu menjadi prioritas pengendalian melalui skrining aktif, pelacakan kontak erat, dan peningkatan kualitas lingkungan. Pemanfaatan analisis spasial secara berkala juga penting sebagai alat *monitoring* dan deteksi dini dalam pengendalian tuberkulosis.

Persebaran penyakit menular dipengaruhi oleh interaksi antara manusia, lingkungan, dan agen penyakit. Secara epidemiologis, kejadian tuberkulosis berkaitan dengan kepadatan penduduk, di mana wilayah dengan kepadatan tinggi memiliki risiko penularan yang lebih besar (Amalia & Setiyadi, 2021). Berdasarkan hasil pemetaan dan analisis kasus, Kecamatan Sewon merupakan wilayah dengan peningkatan kasus tuberkulosis tertinggi dan terjadi secara konsisten, yaitu dari 175 kasus pada tahun 2022 menjadi 182 kasus pada tahun 2023 dan 190 kasus pada tahun 2024 atau meningkat 8,6% selama periode penelitian. Peningkatan juga terjadi di Kecamatan Banguntapan dari 99 kasus pada tahun 2022 menjadi 134 kasus pada tahun 2024 (35,4%) serta Kecamatan Bangalipuro dari 68 kasus pada tahun 2022 menjadi 77 kasus pada tahun 2024 (13,2%). Hasil menunjukkan adanya peningkatan kasus tuberkulosis yang berkelanjutan pada ketiga wilayah tersebut. Berdasarkan klasifikasi wilayah, 54 dari 75 desa (72%) di Kabupaten Bantul termasuk wilayah perkotaan (Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul, 2025). Kecamatan Sewon, Banguntapan, dan Bangalipuro merupakan wilayah urban dengan jumlah penduduk yang relatif tinggi. Menurut Profil Kependudukan Kabupaten Bantul Tahun 2024, Kecamatan Banguntapan memiliki jumlah penduduk tertinggi (117.875 jiwa), diikuti Kasihan (108.779 jiwa) dan Sewon (103.238 jiwa) (Disdukcapil Kabupaten Bantul, 2024). Tingginya jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat di wilayah urban meningkatkan intensitas kontak antarindividu sehingga berpotensi memperbesar risiko penularan tuberkulosis.

Dashboard merupakan salah satu bentuk visualisasi data yang digunakan untuk menyajikan informasi secara interaktif dan terintegrasi. Menurut Hizriansyah (2023), *dashboard* dalam bidang kesehatan berfungsi sebagai alat *monitoring* yang dapat membantu pengambil keputusan dalam memahami

data secara cepat dan akurat. Visualisasi dalam bentuk grafik, peta, dan indikator kunci memungkinkan pengguna untuk melihat tren, perbandingan, serta distribusi data secara lebih efektif dibandingkan penyajian tabel konvensional. *Dashboard* yang dikembangkan menampilkan peta persebaran kasus, grafik jumlah kasus per kecamatan, tren kasus tahunan, serta informasi wilayah yang berpotensi mengalami peningkatan risiko penularan. Penyajian informasi dalam bentuk visual memungkinkan pengguna memahami kondisi persebaran kasus secara lebih cepat dibandingkan penyajian data dalam bentuk tabel. *Dashboard* dapat menjadi alat pendukung pengambilan keputusan dalam program pengendalian tuberkulosis karena mampu menyajikan informasi secara terintegrasi, interaktif, dan mudah dipahami. Dengan adanya *dashboard*, proses *monitoring* dan evaluasi dapat dilakukan secara lebih efektif sehingga mendukung deteksi dini risiko penularan tuberkulosis di Kabupaten Bantul.

KESIMPULAN

Analisis spasial menggunakan QGIS berhasil menggambarkan persebaran kasus tuberkulosis di Kabupaten Bantul selama tahun 2022–2024. Sebanyak 4.052 kasus dianalisis dan menunjukkan bahwa Kecamatan Sewon, Bantul, dan Banguntapan memiliki jumlah kasus tertinggi. Wilayah yang mengalami peningkatan kasus adalah Kecamatan Sewon, Banguntapan, dan Bambanglipuro. Hasil pemetaan dapat digunakan sebagai dasar deteksi dini risiko penularan serta mendukung pengambilan keputusan dalam pengendalian tuberkulosis. Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul diharapkan memanfaatkan hasil pemetaan spasial sebagai dasar penentuan wilayah prioritas intervensi. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan variabel kepadatan penduduk, kondisi lingkungan, dan faktor sosial ekonomi untuk menghasilkan analisis risiko yang lebih komprehensif.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis Pertama bertanggung jawab atas penyusunan draf awal, pengumpulan dan analisis data, penulisan naskah, serta revisi naskah; Penulis Kedua melakukan konseptualisasi, metodologi, *preprocessing* data, analisis data, dan koordinasi dengan lokasi penelitian; dan Penulis Ketiga melakukan supervisi pemetaan dan validasi akhir.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan (*conflict of interest*) dalam penelitian dan publikasi artikel ini.

KETERANGAN ETIK

Data Skunder kasus TB diambil dari Dinas Kesehatan Bantul berdasar surat ijin penelitian No B/500.6.18/00461.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, M. (2021). Data preprocessing techniques for data mining applications. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 19(2), 45–53.
- Aji, R., & Oktavia, D. (2023). Penerapan metode natural breaks (Jenks) dalam klasifikasi data spasial penyakit menular. *Jurnal Geomatika Indonesia*, 7(1), 45–53.
- Amalia, N., & Setiyadi, R. (2021). Analisis faktor risiko tuberkulosis berdasarkan karakteristik wilayah. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 15(2), 120–128.
- Anwar, M., Rahman, F., & Nugroho, A. (2024). Early detection strategies for infectious disease control in community settings. *Journal of Public Health Research*, 13(1), 1–9.
- Ashtar, M., & Rito, A. (2020). Pemanfaatan Quantum GIS sebagai perangkat lunak sistem informasi geografis berbasis open source. *Jurnal*

- Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 11(2), 55–63.
- Avy, N. P., Rahmawati, D., & Sari, P. (2024). Faktor risiko kejadian tuberkulosis paru pada masyarakat perkotaan. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 23(1), 35–43.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul. (2025). *Profil kesehatan Kabupaten Bantul tahun 2024*. Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul.
- Disdukcapil Kabupaten Bantul. (2024). *Buku profil kependudukan Kabupaten Bantul tahun 2024*. Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Bantul.
- Fadhilillah, M. I., Buntara, A., Fithri, N. K., & Simanjorang, C. (2025). Pemetaan spasial serta studi korelasi antara faktor demografi, lingkungan, dan kasus tuberkulosis di Kota Bogor tahun 2023. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*, 10(4), 82–89.
- Febriyanti, N., Prasetyo, B., & Hidayat, A. (2024). Determinan kejadian tuberkulosis pada kelompok usia produktif. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia*, 8(1), 22–30.
- Girsang, E., Simanjuntak, M., & Siregar, R. (2023). Pemanfaatan analisis spasial dalam identifikasi persebaran penyakit menular. *Jurnal Sistem Informasi Kesehatan*, 8(1), 45–53.
- Hardani, H., Andriani, H., Ustiawaty, J., Utami, E. F., Sukmana, D. J., & Istiqomah, R. R. (2020). *Metode penelitian kualitatif dan kuantitatif*. Pustaka Ilmu.
- Heryana, A. (2024). Pengolahan data penelitian kesehatan. *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia*, 12(1), 15–24.
- Hizriansyah, M. (2023). Pemanfaatan dashboard sebagai media monitoring dan evaluasi data kesehatan. *Jurnal Teknologi Informasi Kesehatan*, 5(2), 88–96.
- Hjollund, N. H., Larsen, L. P., & Andersen, J. H. (2019). Data quality and management in health information systems. *International Journal of Medical Informatics*, 126, 1–7.
- Irawati, F. (2019). Pemodelan spasial tingkat kerentanan penyakit tuberkulosis dengan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis di Kecamatan Sewon Kabupaten Bantul. *Jurnal Geografi Indonesia*, 11(2), 88–99.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Laporan program penanggulangan tuberkulosis Indonesia tahun 2024*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Larasati, D., Wibowo, A., & Nugraha, A. (2017). Teknik analisis spasial dalam sistem informasi geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 144–152.
- Mathofani, P. E., & Febriyanti, R. (2020). Faktor lingkungan fisik rumah dengan kejadian tuberkulosis paru. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2), 86–93.
- Maulana, R., Suryanto, A., & Nugroho, H. (2020). Pengelolaan data spasial menggunakan sistem informasi geografis. *Jurnal Geomatika*, 26(1), 33–41.
- Murti, H., & Irwansyah. (2024). Data visualization for public health information systems. *Jurnal Teknologi Informasi dan Kesehatan*, 15(1), 50–59.
- Nisa, K., & Rusdianto, A. (2024). Prinsip visualisasi data untuk mendukung pengambilan keputusan. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 10(2), 77–85.
- Nurfitri Andayani, N., et al. (2022). Pemanfaatan Quantum Geographic Information System (QGIS) dalam analisis spasial bidang kesehatan. *Jurnal Geografi dan Sistem Informasi*, 4(2), 56–64.

- Nurtanti, S., & Handayani, O. W. K. (2020). Pentingnya deteksi dini dalam pencegahan penyakit menular. *HIGEIA Journal of Public Health Research and Development*, 4(3), 412–420.
- Prasetyo, Y., & Handayani, S. (2022). Pendekatan spasial dalam epidemiologi penyakit menular. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 17(1), 25–33.
- Qosim, M., Nugraheni, D., & Wibowo, H. (2025). Pemeriksaan kesehatan gratis sebagai upaya deteksi dini penyakit. *Jurnal Promosi Kesehatan Indonesia*, 20(1), 10–18.
- Salam, A., Prasetyo, D., & Wijaya, R. (2023). Data preprocessing untuk meningkatkan kualitas analisis data. *Jurnal Informatika dan Data Science*, 6(1), 21–29.
- Saputra, A., & Yudhastuti, R. (2022). Analisis spasial kejadian penyakit menular berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 10(3), 201–210.
- Sari, N. (2021). Faktor penyebab penyakit menular dan strategi pencegahannya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 16(1), 55–63.
- Septatia, Y., Safrizal, Fadillah, M., Ernawati, & Darmawan. (2025). Analisis spasial kejadian tuberkulosis di Kabupaten Aceh Barat tahun 2023. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 14(4), 351–364.
- Srivastava, A., Moneim, A., & Mahmud, M. (2019). Early detection of infectious diseases using data-driven approaches. *Infectious Disease Reports*, 11(2), 45–53.
- World Health Organization. (2024). *Global tuberculosis report 2024*. World Health Organization.
- Yanti, B., Hasanuddin, H., & Siregar, D. (2020). Tuberkulosis sebagai masalah kesehatan masyarakat global. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 20(1), 11–18.