



MODEL KOEFISIEN BERVARIASI SPASIAL BAYESIAN UNTUK MEMPERKIRAKAN RISIKO RELATIF PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE DI KOTA MEDAN

Rahmat Hutapea^{1,*}, Ismail Husein²

¹²³*Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam
Negeri Sumatera Utara*

*email: Rahmathutapea06@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini membahas penerapan model *Spatially Varying Coefficient* berbasis pendekatan Spasial Bayesian untuk mengestimasi risiko relatif (Relative Risk/RR) penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Medan. Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) mengidentifikasi tren kasus DBD di Kota Medan; (2) mengakomodasi variasi spasial dalam data serta memberikan estimasi risiko relatif yang lebih akurat antarwilayah; dan (3) menganalisis distribusi spasial risiko relatif kasus DBD di setiap kecamatan. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data kasus DBD tahun 2022–2023 dari Dinas Kesehatan Kota Medan, serta data demografi dan lingkungan seperti kepadatan penduduk, jumlah tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan. Analisis data dilakukan dengan pendekatan Bayesian menggunakan model *Spatially Varying Coefficient* untuk menangkap heterogenitas dan ketergantungan spasial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu menghasilkan estimasi risiko relatif yang informatif dan akurat, serta dapat digunakan untuk mendukung perencanaan strategi pencegahan dan pengendalian DBD yang lebih tepat sasaran. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi metodologis dalam pengembangan analisis spasial di bidang epidemiologi dan kesehatan masyarakat.

Kata Kunci: Demam Berdarah Dengue; Risiko Relatif; Kota Medan; Analisis Spasial

Abstract: This study explores the application of a *Spatially Varying Coefficient* model based on the Bayesian spatial approach to estimate the relative risk (RR) of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) in Medan City. The objectives of this study are to: (1) identify the trend of DHF cases in Medan; (2) accommodate spatial variation in the data to produce more accurate estimates of relative risk across regions; and (3) analyze the spatial distribution of DHF risk in each subdistrict. This research utilizes secondary data, including DHF case reports from the Medan City Health Office for the years 2022–2023, as well as demographic and environmental variables such as population density, number of health personnel, and healthcare facilities. Data analysis was conducted using a Bayesian approach through the *Spatially Varying Coefficient* model to capture spatial heterogeneity and dependence. The results demonstrate that the developed model provides accurate and informative estimates of relative risk, which can support more targeted and effective DHF prevention and control strategies. Moreover, this study contributes methodologically to the advancement of spatial analysis in epidemiology and public health research.

Keywords: Dengue Hemorrhagic Fever; Relative Risk; Medan City; Spatial Analysis



PENDAHULUAN

Demam Berdarah Dengue adalah penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh virus dengue, yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*. Penyakit ini menjadi salah satu permasalahan kesehatan masyarakat utama di Indonesia, dengan kecenderungan peningkatan jumlah kasus dan semakin luasnya wilayah penyebaran. Gejala demam berdarah dengue umumnya mencakup demam tinggi mendadak, nyeri otot dan sendi, sakit kepala berat, ruam kulit, mual, serta perdarahan ringan seperti mimisan atau gusi berdarah. Jika tidak ditangani dengan cepat dan tepat, demam berdarah dengue dapat menyebabkan komplikasi serius seperti syok dengue yang berujung pada kematian. Dampak penyakit ini tidak hanya dirasakan dari sisi kesehatan individu, tetapi juga berdampak pada beban ekonomi keluarga dan sistem pelayanan kesehatan secara keseluruhan (Maulida et al., 2016).

Kota Medan, sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Utara, mengalami peningkatan insiden demam berdarah yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Kota ini memiliki jumlah penduduk yang tinggi, dengan rata-rata kepadatan penduduk pada tahun 2023 mencapai 2,54 juta jiwa. Menurut data Dinas Kesehatan Kota Medan, terjadi tren penurunan kejadian demam berdarah dari tahun 2018 hingga 2023. Penurunan ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh berbagai intervensi kesehatan masyarakat, seperti peningkatan intensitas program *fogging* (pengasapan), kampanye pemberantasan sarang nyamuk (PSN), edukasi masyarakat tentang 3M Plus (menguras, menutup, dan memanfaatkan kembali), serta pelibatan kader kesehatan dan perangkat kelurahan dalam kegiatan pemantauan jentik nyamuk. Di samping itu, kemajuan dalam sistem surveilans dan pelaporan kasus juga turut berkontribusi dalam pengendalian penyebaran penyakit. Meskipun demikian, jumlah kasus masih tergolong tinggi, dengan rata-rata 1.225,6 kasus setiap tahunnya, sehingga tetap diperlukan upaya pencegahan dan pengendalian yang berkelanjutan (Kokita, 2021).

Penyebaran demam berdarah di wilayah ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain perubahan iklim, urbanisasi yang cepat, dan dinamika sosial ekonomi penduduk. Meningkatnya jumlah kasus menuntut pendekatan baru dan inovatif untuk memetakan serta mengelola risiko penyebaran penyakit ini (Syahfitri & Lubis, 2024). Kemajuan teknologi, terutama di bidang komputasi dan analisis spasial, telah membuka peluang baru untuk meningkatkan pemahaman mengenai distribusi dan penentu penyakit demam berdarah (Musthofa et al., 2023).

Masalah utama dalam penelitian ini adalah tingginya variasi spasial kejadian demam berdarah di Kota Medan, yang tidak dapat dijelaskan secara memadai oleh pendekatan statistik konvensional. Variasi ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan, kepadatan penduduk, tingkat kesadaran kesehatan masyarakat, serta faktor lainnya (Aswi & Sukarna, 2020). Oleh karena itu, diperlukan model yang mampu menangkap kompleksitas spasial ini dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor risiko yang berkontribusi terhadap penyebaran DBD. Dengan memahami pola penyebaran penyakit secara spasial, intervensi dapat difokuskan pada wilayah berisiko tinggi, sehingga sumber daya kesehatan dapat digunakan secara lebih efisien dan efektif. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan koefisien variabel spasial Bayesian, di mana pendekatan spasial



Bayesian memungkinkan penggunaan informasi tambahan untuk memperbaiki estimasi parameter (Awalluddin & Taufik, 2017).

Melalui pendekatan ini, risiko relatif (RR) demam berdarah di berbagai kecamatan di Kota Medan dapat diperkirakan secara lebih akurat dengan mempertimbangkan variasi spasial. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model *Bayesian Spatially Varying Coefficient* guna memperkirakan RR kejadian DBD di setiap kecamatan. Pendekatan ini juga memungkinkan integrasi berbagai sumber informasi, lingkungan, demografi, dan kesehatan, untuk menghasilkan model yang lebih komprehensif dan akurat. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan dalam penanggulangan DBD di Kota Medan (Du & Zhong, 2021). Peta risiko yang dihasilkan akan membantu otoritas kesehatan membuat keputusan yang lebih tepat dan berbasis bukti, serta memberikan kontribusi metodologis di bidang epidemiologi spasial.

Studi epidemiologi membahas bagaimana suatu penyakit terjadi, bagaimana pola penyebarannya, serta faktor-faktor yang memengaruhi peningkatan kasus penyakit tersebut (Simkin, 2024). Dalam konteks data spasial, terdapat dua karakteristik utama yang perlu diperhatikan, yaitu ketergantungan spasial dan heterogenitas spasial (Yandell & Anselin, 1990). Ketidaktahuan terhadap kedua karakteristik ini dapat menyebabkan estimasi parameter menjadi bias dan tidak efisien. Model *Bayesian Spatially Varying Coefficient* (BCAR-VCM) dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini (Congdon, 2024).

Beberapa penelitian terdahulu telah menyoroti berbagai pendekatan analisis DBD. Misalnya, Mahading et al. (2020) menggunakan metode *Spatial Autoregressive (SAR)* untuk mengidentifikasi kerentanan wilayah terhadap DBD di Kota Gorontalo, dan menemukan bahwa faktor demografi dan fasilitas kesehatan berpengaruh signifikan. Hal ini didukung oleh (Rahma et al., 2023), yang menggunakan model regresi untuk menganalisis kebijakan pemerintah terkait kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan, dan tenaga kesehatan sebagai variabel prediktor. Studi lain oleh Keraf et al. (2023) di Kabupaten Sikka menunjukkan bahwa tidak semua faktor geografis seperti ketinggian berpengaruh signifikan terhadap kejadian DBD. Nisa (2022) menerapkan *Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)* di Kabupaten Bojonegoro dan menyimpulkan bahwa kepadatan penduduk serta ketersediaan tenaga kesehatan memengaruhi tingkat kejadian DBD. Adapun Purqon et al. (2024) menggunakan *Poisson Inverse Gaussian Regression (PIGR)* untuk mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi lamanya rawat inap pasien DBD di RS Haji.

Berdasarkan kajian tersebut, belum ditemukan faktor dominan yang secara konsisten memengaruhi kasus DBD, karena masing-masing penelitian menggunakan lokasi dan metode yang berbeda. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan model *Spatially Varying Coefficient* berbasis pendekatan Bayesian yang lebih fleksibel dalam menangkap ketergantungan dan heterogenitas spasial. Pendekatan Bayesian memungkinkan evaluasi model secara menyeluruh menggunakan metrik seperti DIC, WAIC, dan MMI untuk memilih model terbaik. Dengan pemetaan risiko relatif DBD yang akurat, diharapkan penelitian ini dapat mendukung kebijakan pemerintah dalam pengendalian penyakit secara efektif dan efisien di Kota Medan.



METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan data sekunder dari Dinas Kesehatan Kota Medan mengenai kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) selama periode Januari 2022 hingga Desember 2023. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran DBD serta memetakan wilayah berisiko tinggi di Kota Medan. Metode analisis yang digunakan adalah Spasial Bayesian, karena mampu menghasilkan estimasi parameter yang lebih akurat, terutama saat data bersifat terbatas atau memiliki variabilitas tinggi (Sugiyono, 2019).

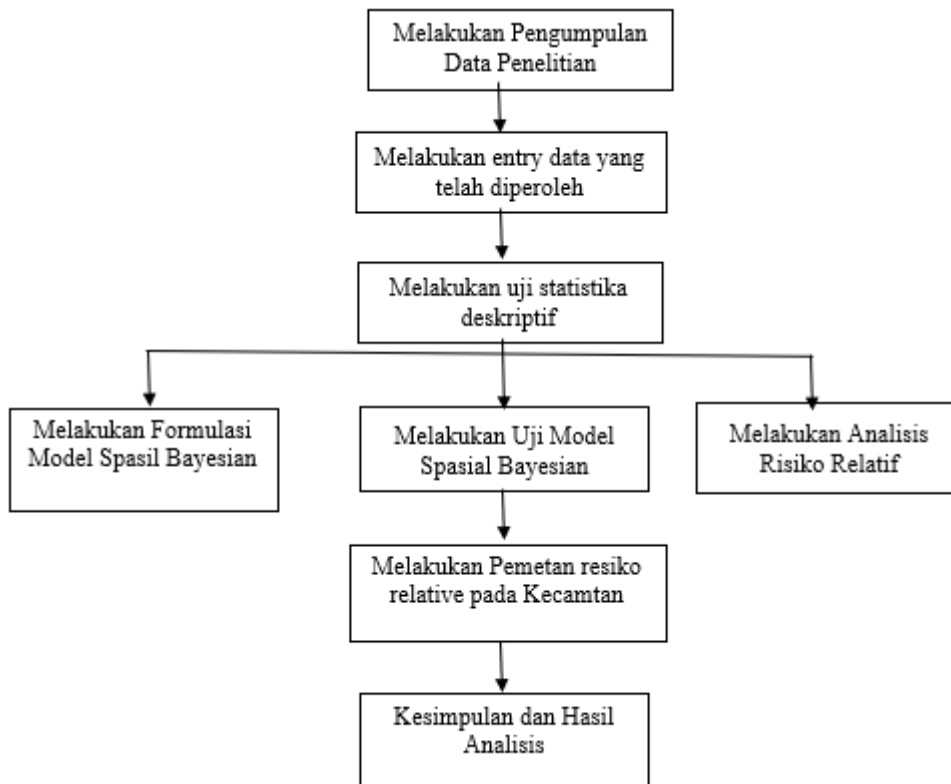
Penelitian ini melibatkan variabel respon berupa jumlah kasus DBD dan variabel prediktor yang terdiri dari kepadatan penduduk, jumlah tenaga kesehatan, jumlah fasilitas kesehatan, dan jumlah kasus DBD sebelumnya. Data dari masing-masing kecamatan dianalisis melalui tahapan yang sistematis, dimulai dari pengumpulan dan entri data, analisis statistik deskriptif, formulasi dan pengujian model spasial, hingga interpretasi hasil.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel respon (Y) dalam penelitian ini adalah kasus demam berdarah. Adapun prediktor variabel (X) dalam penelitian ini, meliputi:

Tabel 1. Variabel Penelitian

Ya	Operasi Variabel	Nama Variabel	Sisik
1.	X1	Kepadatan Penduduk Total	Nisbah
2.	X2	Jumlah Tenaga Kesehatan	Nisbah
3.	X3	Jumlah Fasilitas Kesehatan	Nisbah
4.	X4	Kasus Demam Berdarah Dengue sebelumnya	Nisbah

Prosedur penelitian ini dilakukan berdasarkan Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada Gambar 1 di atas diuraikan sebagai berikut. Penjelasan Diagram Alir Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Data Penelitian
Tahap awal penelitian dimulai dengan mengumpulkan data sekunder yang relevan dari Dinas Kesehatan dan instansi terkait. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah kasus Demam Berdarah Dengue (DBD), data kepadatan penduduk, jumlah tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan dari setiap kecamatan di Kota Medan selama periode penelitian.
2. Entri Data ke Perangkat Lunak Statistik
Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan entri data ke dalam perangkat lunak statistik atau spreadsheet. Tujuannya adalah untuk memastikan data tersusun dengan rapi, lengkap, dan siap untuk dianalisis secara kuantitatif.
3. Uji Statistik Deskriptif
Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memahami karakteristik data. Statistik ini mencakup perhitungan nilai rata-rata, median, standar deviasi, nilai maksimum dan minimum dari masing-masing variabel. Hasil uji ini memberikan gambaran umum mengenai pola data yang diteliti.
4. Formulasi Model Spasial Bayesian



Pada tahap ini, peneliti merancang model statistik dengan pendekatan Bayesian Spatially Varying Coefficient. Penentuan model ini melibatkan pemilihan variabel, penetapan distribusi prior, serta struktur spasial yang akan dianalisis berdasarkan teori dan hasil penelitian sebelumnya.

5. Uji Model Spasial Bayesian

Model yang telah diformulasikan kemudian diuji menggunakan metode Spasial Bayesian. Estimasi parameter dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik yang sesuai. Evaluasi terhadap model dilakukan dengan menggunakan beberapa kriteria seperti Deviance Information Criterion (DIC), Watanabe-Akaike Information Criterion (WAIC), dan Mean Model Index (MMI) untuk memilih model terbaik.

6. Analisis Risiko Relatif (Relative Risk/RR)

Setelah model terbaik diperoleh, dilakukan perhitungan nilai risiko relatif (RR) untuk masing-masing kecamatan. Nilai RR ini menunjukkan tingkat risiko suatu wilayah terhadap penyebaran DBD, yang diklasifikasikan ke dalam kategori tinggi, sedang, atau rendah.

7. Pemetaan Risiko Relatif

Nilai RR yang diperoleh kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta tematik (thematic map). Pemetaan ini bertujuan untuk menunjukkan sebaran geografis tingkat risiko DBD di Kota Medan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan berbasis wilayah.

8. Penyusunan Kesimpulan dan Hasil Analisis

Tahapan akhir penelitian adalah merumuskan kesimpulan dari temuan yang diperoleh. Selain itu, peneliti menyampaikan interpretasi hasil analisis, memberikan rekomendasi kebijakan yang tepat untuk pengendalian DBD, serta menjelaskan kontribusi metodologis dari penggunaan pendekatan spasial Bayesian dalam kajian epidemiologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN |

Hasil

Kepadatan Penduduk Total

Mengukur jumlah orang per satuan luas digunakan untuk mengetahui seberapa padat penduduknya suatu daerah. Berikut data jumlah kepadatan penduduk pada tahun 2022-2023.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Data Kependudukan di Kota Medan

Statistik	2022	2023
Tengah	118786.3	117817.4
Maksimum	192933	191743
Minimum	36681	36191
Standar Deviasi	42874.66	42779.76
Median	118008	117035



Kuartil 3	148346	149274
-----------	--------	--------

Berdasarkan data deskriptif jumlah penduduk per kecamatan di Kota Medan, rata-rata kepadatan penduduk mengalami sedikit penurunan dari tahun 2022 ke 2023. Meskipun demikian, standar deviasi yang tinggi pada kedua tahun menunjukkan adanya disparitas yang signifikan antar kecamatan, di mana beberapa wilayah memiliki jumlah penduduk jauh lebih tinggi dibandingkan lainnya. Implikasinya, kecamatan dengan jumlah penduduk tinggi berpotensi memiliki risiko penularan penyakit menular seperti demam berdarah dengue (DBD) yang lebih besar akibat tingginya mobilitas dan interaksi antar individu. Oleh karena itu, wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi perlu menjadi prioritas dalam intervensi kesehatan masyarakat, seperti penyuluhan, fogging, dan pemantauan jentik nyamuk secara rutin.

Jumlah Tenaga Kesehatan

Jumlah tenaga kesehatan digunakan untuk menghitung jumlah tenaga kesehatan yang tersedia di suatu daerah untuk menilai kapasitas pelayanan kesehatan diberikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Jumlah Tenaga Kesehatan di Kota Medan

Statistik	Seluruh
Tengah	44.81818
Maksimum	493
Minimum	7
Standar Deviasi	98.27172

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa rata-rata jumlah tenaga kesehatan per kecamatan di Kota Medan adalah sekitar 44,82 orang, dengan jumlah maksimum mencapai 493 dan minimum hanya 7 orang. Standar deviasi yang cukup besar (98,27) mengindikasikan adanya ketimpangan yang signifikan dalam distribusi tenaga kesehatan antar wilayah. Implikasinya, ketimpangan ini berpotensi memengaruhi efektivitas pelayanan kesehatan di tiap kecamatan, termasuk dalam penanganan dan pencegahan penyakit seperti demam berdarah dengue. Wilayah dengan jumlah tenaga kesehatan yang rendah mungkin menghadapi keterbatasan dalam melakukan deteksi dini, edukasi masyarakat, serta respons cepat terhadap lonjakan kasus demam berdarah dengue. Oleh karena itu, distribusi tenaga kesehatan yang lebih merata perlu menjadi perhatian dalam perencanaan sumber daya kesehatan daerah.

Jumlah Fasilitas Kesehatan

Jumlah fasilitas kesehatan diberikan pada Tabel 4 berikut ini.



Tabel 4. Statistik Deskriptif Jumlah Fasilitas Kesehatan di Kota Medan

Statistik	Seluruh
Tengah	34.63636
Maksimum	381
Minimum	10
Standar Deviasi	75.7025

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah fasilitas kesehatan per kecamatan di Kota Medan adalah sekitar 34,64 unit, dengan jumlah tertinggi mencapai 381 dan yang terendah 10 unit. Nilai standar deviasi sebesar 75,70 menunjukkan tingkat variasi yang sangat tinggi antar kecamatan, menandakan distribusi fasilitas kesehatan yang tidak merata. Implikasinya, ketimpangan ini dapat berdampak langsung pada akses pelayanan kesehatan masyarakat, terutama dalam upaya pencegahan dan penanganan penyakit menular seperti demam berdarah dengue (DBD). Kecamatan dengan fasilitas kesehatan terbatas mungkin mengalami kesulitan dalam pelayanan promotif, preventif, maupun kuratif, sehingga berisiko lebih tinggi mengalami keterlambatan penanganan kasus. Distribusi fasilitas yang merata menjadi penting untuk menjamin kesiapan sistem kesehatan dalam mengantisipasi dan merespons lonjakan kasus secara efektif.

Kasus demam berdarah sebelumnya

Kasus demam berdarah sebelumnya digunakan untuk menghitung jumlah kasus demam berdarah yang terjadi di masa lalu untuk melihat tren dan pola penyebaran penyakit diberikan pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Statistik Deskriptif Kasus Demam Berdarah di Kota Medan

Statistik	2022	2023
Tengah	188.5	80.41667
Maksimum	303	165
Minimum	101	44
Standar Deviasi	64.28776	33.92752
Median	198	72.5
Kuartil 3	246.25	85

Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata kasus demam berdarah di Kota Medan mengalami penurunan signifikan dari 188,5 kasus per kecamatan pada tahun 2022 menjadi 80,42 kasus pada tahun 2023. Penurunan ini juga terlihat pada nilai maksimum (dari 303 menjadi 165 kasus) dan median (dari 198 menjadi 72,5), yang mencerminkan penurunan distribusi secara umum. Selain itu, penurunan standar deviasi dari 64,29 menjadi 33,93 menunjukkan bahwa sebaran kasus antar kecamatan semakin menyempit, atau dengan kata lain lebih seragam.



Implikasinya, tren penurunan ini dapat mengindikasikan keberhasilan sementara dari intervensi kesehatan masyarakat seperti fogging, kampanye 3M, atau peningkatan kesadaran masyarakat. Namun demikian, jumlah kasus masih relatif tinggi di beberapa kecamatan (maksimum masih mencapai 165 pada tahun 2023), sehingga upaya pengendalian tetap perlu dilanjutkan secara konsisten. Penurunan yang signifikan juga membuka peluang untuk mengevaluasi kecamatan-kecamatan yang menunjukkan efektivitas penanganan terbaik, yang bisa dijadikan model bagi wilayah lainnya.

Tabel 6. Statistik Deskriptif Berdasarkan Puskesmas Kabupaten

Statistik	2022	2023
Tengah	55.17073	23.53659
Maksimum	218	114
Minimum	0	0
Standar Deviasi	51.22114	24.33115
Median	37	17
Kuartil 3	71	24

Tabel 6 menunjukkan bahwa jumlah kasus demam berdarah yang dilaporkan oleh puskesmas di tingkat kabupaten/kecamatan mengalami penurunan signifikan dari tahun 2022 ke 2023. Rata-rata kasus menurun dari 55,17 kasus menjadi 23,54 kasus, disertai penurunan nilai maksimum dari 218 menjadi 114 kasus. Nilai median juga turun dari 37 menjadi 17, yang menunjukkan bahwa sebagian besar puskesmas mencatat lebih sedikit kasus pada tahun 2023. Sementara itu, nilai minimum tetap 0 di kedua tahun, menandakan bahwa ada wilayah yang tidak mencatat kasus sama sekali. Implikasinya, hal ini dapat mengindikasikan adanya peningkatan efektivitas intervensi berbasis wilayah, seperti pemantauan jentik nyamuk oleh puskesmas, pelibatan kader kesehatan, serta kampanye pemberantasan sarang nyamuk. Namun, tetap diperlukan perhatian khusus terhadap puskesmas-puskesmas yang mencatat kasus tinggi agar tidak menjadi klaster baru penyebaran penyakit. Evaluasi terhadap wilayah dengan nol kasus juga penting untuk mengidentifikasi praktik pengendalian yang berhasil dan dapat direplikasi di wilayah lain.

Risiko Relatif Demam Berdarah Berdarah di Kota Medan

Ada 2262 kasus demam berdarah di Kota Medan pada tahun 2022 dengan rata-rata kasus di masing-masing kecamatan sebanyak 55.170 kasus dengan nilai median 37, nilai kuartil ketiga 71 dan standar deviasi 51,22. Kemudian pada tahun 2023 akan ada 965 kasus, rata-rata kasus demam berdarah di masing-masing kecamatan sebanyak 23.536 kasus dengan nilai median 17, nilai kuartil ketiga 24 dan standar deviasi 24.331. Berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14, kasus demam berdarah dengue tertinggi pada tahun 2022 sebanyak 218 kasus di Kabupaten Medan Selayang, disusul Kecamatan Medan Johor sebanyak 186 kasus dan Kecamatan Medan Tuntungan



sebanyak 129 kasus. Di sisi lain, jumlah kasus terendah adalah Kabupaten Sicanang dengan 0 kasus, disusul Kabupaten Medan Barat dengan 1 kasus.

Selanjutnya, kasus demam berdarah dengue tertinggi pada tahun 2023 adalah 114 kasus di Kabupaten Medan Johor, disusul Kabupaten Medan Selayang dengan 98 kasus dan disusul Kecamatan Medan Amplas dengan 59 kasus. Di sisi lain, jumlah kasus terendah adalah Kabupaten Medan Barat dengan 0 kasus, disusul Kecamatan Medan Petisah dengan 2 kasus. Total penduduk di Kota Medan pada tahun 2022 adalah 2494512 penduduk dengan rata-rata penduduk di masing-masing kecamatan 118783 penduduk dengan nilai rata-rata 118008 orang, nilai kuartil ketiga 148346 orang dan standar deviasi 42874,66 orang. Total penduduk pada tahun 2023 adalah 2474166 orang dengan jumlah penduduk rata-rata 117817,4 orang dengan nilai rata-rata 117035 orang, nilai kuartil ketiga 149274 orang dan standar deviasi 42779,76 orang.

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa kepadatan penduduk tertinggi di Kota Medan pada tahun 2022 adalah 192933 jiwa di Kecamatan Medan Labuhan, dan kepadatan penduduk terendah adalah 36681 orang di Kecamatan Medan Selayang. Kemudian pada tahun 2023, kepadatan penduduk tertinggi di Kota Medan pada tahun 2023 akan menjadi 191743 jiwa di Kecamatan Medan Labuhan, dan kepadatan penduduk terendah adalah 36191 orang di Kecamatan Medan Selayang.

Untuk melihat apakah ada autokorelasi spasial antar puskesmas kecamatan di Kota Medan, statistik I Moran digunakan. Untuk menghitung indeks moran, langkah pertama adalah menentukan rata-rata kasus di masing-masing kecamatan, yaitu berdasarkan tabel 4.15, yaitu 55.170, kemudian menentukan standar deviasi dari rata-rata untuk masing-masing daerah.

$$(x_i - \bar{x})$$

Medan Tuntungan/Simalingkar $(x_i - \bar{x}) = 129 - 55,170 = 73,829$

Medan Johor $(x_i - \bar{x}) = 77 - 55,170 = 21,829$

Bidang Amplas $(x_i - \bar{x}) = 112 - 55,170 = 56,829$, dan seterusnya.

Langkah selanjutnya adalah menghitung matriks bobot spasial (x) yang menunjukkan spasial antar wilayah dengan menentukan bobot tetangga yang memberikan bobot 1 untuk daerah tetangga dan 0 untuk yang tidak. Misalnya, Medan Tuntungan/Simalingkar bertetangga dengan Tuntungan, Medan Johor/M.Johor, dan amplas Medan/amplas. Jadi, dalam matriks berat, baris Medan Tuntungan/Simalingkar akan memiliki nilai 1 untuk Tuntungan, Medan Johor/M.Johor, dan Amplas/Amplas Medan, dan 0 untuk kolom lainnya.

Kemudian hitung jumlah bobot untuk setiap wilayah dengan jumlah bobot adalah jumlah nilai di setiap baris matriks bobot.

Contoh: Jumlah bobot untuk Medan Tuntungan/Simalingkar = 2, yaitu Kecamatan Sunggal dan Kecamatan Medan Helvetia (karena memiliki 2 tetangga) sehingga diperoleh nilai bobot rata-rata kedua tetangga dengan berat Medan Tuntungan = 93,16.

Tahap selanjutnya dari indeks moran menggunakan rumus berikut:

$$I = \left(\frac{n}{\sum w} \right) \times \left(\frac{\sum (z_i - \bar{z}) \times w_j (z_j - \bar{z})}{\sum (z_i - \bar{z})^2} \right)$$



Mana:

I = Indeks Moran

n = Jumlah wilayah = 41 wilayah

$\sum w$ = Jumlah total berat dalam matriks berat = 93.16

z_i = Nilai data untuk wilayah i

Z = Data rata-rata

w_j = Bobot untuk wilayah j

$\sum(z_i - \bar{z} \times w_j)(z_i - \bar{z})$ = Jumlah perkalian deviasi data untuk wilayah i dan j , dikalikan dengan bobot antara wilayah i dan j = 105.456

$\sum(z_i - \bar{z})^2$ = Kuadrat total deviasi data untuk setiap wilayah = 21.456

Jadi $I = \frac{41}{93,16} \times \left(\frac{105,456}{21,456}\right) = 0,328$

Dalam hal ini, indeks Moran 0,328 menunjukkan **autokorelasi spasial positif yang rendah**. Artinya, daerah tetangga yang cenderung memiliki jumlah kasus demam berdarah yang sama. Dengan cara yang sama, kasus demam berdarah pada tahun 2023 juga memperoleh nilai indeks moran sebesar 1 yang mengindikasikan **autokorelasi spasial positif yang kuat**. Artinya, daerah tetangga cenderung memiliki jumlah kasus demam berdarah yang sama.

Selanjutnya, nilai residu DIC, WAIC dan MMI ditentukan menggunakan model Bayesian dengan nilai IG (information gain) yang digunakan untuk mengukur berapa banyak informasi baru yang diperoleh dari data observasi dalam memperbarui keyakinan tentang posisi atau status sistem. Dalam lokalisasi, IG sering digunakan untuk menentukan pengukuran atau tindakan yang paling informatif untuk meningkatkan perkiraan.

1. DIC (Deviance Information Criterion) adalah metode pemilihan model estimasi yang mencoba menyeimbangkan kompleksitas model dengan kesesuaian data secara eksplisit. Di mana menggunakan 5 hyperprior, yaitu IG(1; 0.01), IG(1; 0.1), IG(0.5; 0.005), IG(1; 0.0005) dan IG (0.1; 0,1).
2. Kemudian penentuan WAIC (Watanabe-Akaike Information Criterion) adalah ukuran seberapa baik model memprediksi data yang tidak terlatih, menggunakan 5 hyperprior yaitu IG(1; 0,01), IG(1; 0,1), IG(0,5; 0,005), IG(1; 0,0005) dan IG (0,1; 0,1).
3. Tentukan residu MMI (Modified Mincerian Index). Untuk mendapatkan nilai sisa, pertama-tama kita menggunakan regresi pada data menggunakan Excel, sehingga diperoleh persamaan berikut:

$$\log(Y) = \beta_0 + \beta_1(\text{jumlah penduduk}) + \beta_2(\text{jumlah tenaga kesehatan}) + \beta_3(\text{sarana kesehatan})$$



Hasilnya disajikan pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai residu DIC, WAIC, MMI dan Jumlah Area dalam Grup

Tahun	Hyperior	DIC	WAIC	Residu MMI
2022	<i>IG</i> (1,0.01)	7990.221	101.924	3.175356
	<i>IG</i> (1,0.1)	7985.914	-86.888	3.175374
	<i>GI</i> (0.5,0.005)	7990.026	141.722	3.175355
	<i>GI</i> (0.5,0.0005)	7990.242	324.85	3.175354
	<i>IG</i> (0,1,0,1)	7985.132	-86.48	3.175374
2023	<i>IG</i> (1,0.01)	2695.202	83.64	7.014956
	<i>IG</i> (1,0.1)	2693.364	342.12	7.359656
	<i>GI</i> (0.5,0.005)	2694.87	137.12	6.995806
	<i>GI</i> (0.5,0.0005)	2694.962	324.8	6.978571
	<i>IG</i> (0,1,0,1)	2692.583	-63.06	7.359656

Hasil model Bayesian dengan beberapa hiperpriori diberikan pada Tabel 7. Berdasarkan hasil Tabel 7, terlihat bahwa untuk tahun 2022, model terbaik dalam menilai risiko demam berdarah dengue didasarkan pada empat kriteria yang digunakan. Model ini memiliki nilai DIC terkecil (9885.132) yaitu di *IG*(0.1; 0.1), nilai WAIC (-86.888) di *IG*(1; 0.1), nilai residu MMI terkecil (3.175354) di *IG*(0.5; 0.0005). Namun, karena *IG* (0.1, 0.1) memiliki nilai yang jauh lebih tinggi daripada yang lain, *IG*(0.1, 0.1) digunakan.

Untuk tahun 2023, model terbaik untuk memperkirakan risiko relatif kasus demam berdarah adalah dengan *IG* hiperprior (0,1; 0,1). Nilai DIC terkecil pada *IG* (1; 0,1) yaitu 2695,202, nilai WAIC menggunakan *IG* hiperprior (0,1; 0,1) yaitu -63,06 dan nilai MMI pada *IG* hiperprior (0,5; 0,0005) adalah 6,978571. Karena nilai DIC dan WAIC terendah yang terkandung dalam satu *IG*, diputuskan bahwa model hyperprior yang digunakan adalah *IG* (0,1; 0,1).

Menentukan Risiko Relatif (RR)

Selanjutnya, menunjukkan jumlah kasus demam berdarah, nilai risiko relatif (RR) di masing-masing puskesmas kecamatan pada tahun 2022 dan 2023 berdasarkan model terbaik, yaitu model lokalisasi dengan *IG* hiperprior (0,1; 0,1). Penentuan RR dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RR = \frac{R_1}{R_0}$$

Mana:

R_1 = Risiko dalam kasus demam berdarah

R_0 = Risiko dalam populasi tanpa kasus demam berdarah dengue



Tahap pertama adalah menggunakan tabel kontingensi kasus demam berdarah berdasarkan puskesmas yang telah disatukan berdasarkan masing-masing kecamatan.

$$R_1 = \frac{206}{100200} = 0,002$$

$$R_0 = \frac{(100200 - 206)}{100200} = 0,0997$$

$$RR = \frac{0,002}{0,0997} = 0,00206$$

Dan seterusnya ke Kecamatan Belawan.

Tabel 8. Jumlah Kasus Demam Berdarah dan RR pada Tahun 2023

Kecamatan	Jumlah penduduk	Yang terkena Kasus DBD	Yang tidak terkena Kasus DBD	R1	R0	RR
Medan Tuntungan	100132	95	100037	0.001	0.999	0.001
Medan Johor	154868	129	154739	0.001	0.999	0.001
Medan Amplas	131770	59	131711	0.000	1.000	0.000
Medan Denai	171896	67	171829	0.000	1.000	0.000
Medan Area	118057	35	118022	0.000	1.000	0.000
Medan Kota	84778	36	84742	0.000	1.000	0.000
Medan Maimun	49708	15	49693	0.000	1.000	0.000
Medan Polonia	60679	24	60655	0.000	1.000	0.000
Medan Baru	36191	15	36176	0.000	1.000	0.000
Medan Selayang	104144	139	104005	0.001	0.999	0.001
Medan Sunggal	133273	71	133202	0.001	0.999	0.001
Medan Helvetia	168292	32	168260	0.000	1.000	0.000
Medan Petisah	72432	8	72424	0.000	1.000	0.000
Medan Barat	89248	24	89224	0.000	1.000	0.000
Medan Timur	117035	52	116983	0.000	1.000	0.000
Medan Perjuangan	105317	20	105297	0.000	1.000	0.000
Medan Tembung	149274	38	149236	0.000	1.000	0.000
Medan Deli	191743	52	191691	0.000	1.000	0.000
Medan Labuhan	135622	68	135554	0.001	0.999	0.001
Medan Marelan	189469	13	189456	0.000	1.000	0.000
Medan Belawan	110238	12	110226	0.000	1.000	0.000

Berdasarkan tabel 9, dapat dilihat bahwa daerah dengan risiko tertinggi adalah daerah dengan nilai RR lebih besar dari 1, namun karena dalam kasus demam berdarah di Kota Medan tidak ada yang menunjukkan RR lebih dari 1, namun di bawah 1, dapat dilihat bahwa nilai



tertinggi paling dekat dengan 1, yang terdiri dari 5 kecamatan dengan nilai $RR=0,001$, yaitu Kecamatan Medan Tuntungan, Medan Johor, Medan Selayang, Medan Sunggal dan Medan Labuhan. Kemudian ada 16 kecamatan dengan nilai $RR=0,000$ sehingga dikategorikan memiliki risiko rendah.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model *Spatially Varying Coefficient Bayesian* mampu mengestimasi risiko relatif (RR) penyakit Demam Berdarah Dengue di Kota Medan dengan pendekatan spasial yang lebih adaptif terhadap keragaman wilayah. Dengan memanfaatkan informasi spasial yang dimodelkan melalui pendekatan Bayesian, diperoleh hasil yang menunjukkan adanya pola autokorelasi spasial positif, di mana nilai indeks Moran tahun 2022 sebesar 0,328 meningkat menjadi 1 pada tahun 2023. Hal ini mengindikasikan bahwa distribusi kasus demam berdarah dengue tidak acak, melainkan terkonsentrasi dalam kluster-kluster spasial, sehingga pendekatan spasial menjadi sangat penting untuk memahami pola penyebarannya.

Pemilihan model terbaik berdasarkan kriteria *Deviance Information Criterion* (DIC), *Watanabe-Akaike Information Criterion* (WAIC), dan *Modified Mincerian Index* (MMI) menunjukkan bahwa kombinasi hiperprior $IG(0,1; 0,1)$ memberikan hasil paling optimal dalam hal kesesuaian model dan efisiensi prediksi. Dengan model ini, diperoleh estimasi risiko relatif yang menggambarkan klasifikasi wilayah berisiko menengah, rendah, hingga sangat rendah. Meskipun tidak terdapat nilai $RR > 1$, beberapa kecamatan seperti Medan Selayang, Medan Tuntungan, dan Medan Johor menunjukkan nilai RR mendekati 0,002–0,003, yang berarti bahwa wilayah-wilayah ini harus menjadi fokus utama dalam strategi mitigasi penyebaran penyakit.

Temuan ini sejalan dengan studi Mahading et al. (2020), yang mengidentifikasi bahwa faktor kepadatan penduduk, jumlah orang miskin, dan fasilitas kesehatan berperan dalam kerentanan wilayah terhadap demam berdarah dengue. Meskipun metode yang digunakan oleh Mahading adalah *Spatial Autoregressive* (SAR), hasil mereka konsisten dengan temuan dalam penelitian ini, khususnya dalam menggarisbawahi pentingnya faktor lingkungan dan demografi sebagai prediktor spasial.

Penelitian oleh Nisa (2022) juga mendukung pentingnya pendekatan spasial, di mana penggunaan *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) menunjukkan bahwa variabel-variabel seperti kepadatan penduduk dan ketersediaan tenaga kesehatan memengaruhi persebaran demam berdarah dengue. Relevansi ini tercermin dalam penelitian ini yang juga memasukkan variabel-variabel tersebut dan mengintegrasikannya dalam kerangka Bayesian untuk memperoleh estimasi yang lebih stabil. Selanjutnya, Keraf et al. (2023) dalam studi mereka di Kabupaten Sikka menggunakan pendekatan spasial untuk mengevaluasi pengaruh faktor geografis terhadap demam berdarah dengue dan menemukan bahwa tidak semua variabel lingkungan berdampak signifikan, seperti halnya ketinggian wilayah. Hal ini juga tercermin dalam temuan penelitian ini, di mana nilai RR yang cenderung homogen dan rendah



menunjukkan bahwa tidak ada faktor dominan tunggal yang dapat menjelaskan persebaran penyakit, melainkan adanya interaksi kompleks antarvariabel spasial.

Secara metodologis, hasil ini menguatkan argumen dari Congdon (2024) dan Anselin (2024) mengenai pentingnya mengatasi *spatial heterogeneity* dan *spatial dependence* dalam analisis epidemiologi. Dengan menggunakan model koefisien bervariasi Spasial Bayesian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran risiko yang lebih akurat, tetapi juga membuka kemungkinan pengembangan model spasial yang lebih fleksibel untuk studi penyakit menular lainnya. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini tidak hanya pada level praktis dalam bentuk peta risiko demam berdarah dengue yang dapat dimanfaatkan oleh Dinas Kesehatan Kota Medan, tetapi juga pada aspek teoritis dengan memperkuat bukti bahwa pendekatan spasial Bayesian mampu menjadi alternatif unggul dalam analisis epidemiologi berbasis wilayah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perhitungan RR dilakukan dengan membandingkan probabilitas pasien yang terkena demam berdarah dan yang tidak, dengan nilai RR rata-rata sebesar 0,00. Wilayah berisiko tinggi dipetakan menggunakan model residual terbaik berdasarkan nilai DIC, WAIC, dan MMI, yaitu model dengan distribusi $IG(0,1; 0,1)$. Hasil ini digunakan untuk mengelompokkan kecamatan berdasarkan tingkat risiko. Variasi spasial diakomodasi melalui model residual terbaik ($IG(0,1; 0,1)$), dengan model regresi $\log(Y) = 33,92 + 0,0002(\text{total population}) + 0,266(\text{number of health workers} + 0,03(\text{sarana kesehatan}))$. Pendekatan Bayesian Spatially Varying Coefficient terbukti efektif dalam menangkap keragaman spasial dan disarankan untuk diintegrasikan ke dalam sistem surveilans epidemiologi wilayah. Hal ini dapat meningkatkan deteksi dini dan respons terhadap penyebaran penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aswi, A., & Sukarna, S. (2020). MODEL BAYESIAN SPASIAL CAR LOCALISED: STUDI KASUS DEMAM BERDARAH DENGUE DI KOTA MAKASSAR. *Prosiding Seminar Nasional VARIANSI*.
- Awalluddin, A. ., & Taufik, I. (2017). Analisis Cluster Data Longitudinal pada Pengelompokan Daerah Berdasarkan Indikator IPM di Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif*, 978, 187–194. <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/snmk/article/view/2077/1518>
- Congdon, P. (2024). Prevalensi psikosis di lingkungan London; Studi kasus dalam pengacauan spasial. *Epidemiologi Spasial Dan Spatio-Temporal*, 48.
- Du, Y. W., & Zhong, J. J. (2021). Generalized combination rule for evidential reasoning approach and Dempster–Shafer theory of evidence. *Information Sciences*, 547, 1201–1232. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.07.072>
- Keraf, A. S. L. et al. (2023). Faktor yang Mempengaruhi Kejadian Demam Berdarah Dengue Berdasarkan Model Spasial di Kabupaten Sikka Tahun 2019-2021. *Jurnal Bidang Ilmu Kesehatan*, 13(3), 202–218.
- Kokita, V. (2021). *Analisis Pengendalian Persediaan Barang Jadi dengan Metode Continuous*



Review System dan Periodic Review System di PT. Fajar Tetap Jaya. Universitas Sumatera Utara.

- Mahading, T. S. et al. (2020). Metode Spatial Autoregressive dalam Analisis Kerawanan Demam Berdarah Dengue di Kota Gorontalo. *JMPM: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 9–19.
- Maulida, I. et al. (2016). Analisis hubungan karakteristik kepala keluarga dengan perilaku pencegahan demam berdarah di Pakijangan Brebes. *Infokes: Jurnal Ilmiah Rekam Medis Dan Informatika Kesehatan*, 6(1).
- Musthofa, S. et al. (2023). ANALISIS DATA LONGITUDINAL DENGAN RESPON BINER MENGGUNAKAN GENERALIZED ESTIMATING EQUATION (GEE) ANALYSIS OF LONGITUDINAL DATA WITH BINARY RESPONSE USING GENERALIZED. *MAP Journal*.
- Nisa, K. (2022). Penerapan Model Geographically Weighted Poisson Regression untuk Demam Berdarah Dengue Di Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Statistika Dan Komputasi*, 1(1), 12–22.
- Purqon, K. et al. (2024). Penerapan Poisson Inverse Gaussian Regression Untuk Memodelkan Lama Rawat Inap Pasien Demam Berdarah Dengue (Dbd) Uptdk. Rsu. Haji Medan Pemerintahan Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 5(1), 207–215.
- Rahma, A. et al. (2023). Implementation of the Naïve Bayes Method for Stroke Diagnosis. *SNESTIK National Seminar on Electrical Engineering, Information Systems, and Informatics Engineering*, 177–184.
- Simkin, J. (2024). *Menerapkan fungsionalitas analisis spasial untuk meningkatkan sistem surveilans kanker rutin. Dalam Memahami Pencegahan Kanker melalui Ilmu Geospasial: Menempatkan Kanker di tempatnya*. Internasional Springer.
- Sugiyono. (2019). *Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta.
- Syahfitri, F., & Lubis, R. S. (2024). Analisis Regresi Bayesian Hurdle Poisson untuk Mengidentifikasi Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD). *Jurnal Pendidikan Matematika: Judika Education*, 7(2), 160–171.
- Yandell, B. S., & Anselin, L. (1990). Spatial Econometrics: Methods and Models. *Journal of the American Statistical Association*, 85(411), 1–10.