

Analisis Spasial Kasus Pneumonia Dengan Kepadatan Penduduk dan Potensi Banjir Di RSI Malahayati Medan Tahun 2023

Dea Febrina^{1*}, Nofi Susanti², Jihan Dzakhira³, Faradilla Diwanta⁴, Ananda Salsabila Amin Br. Bangun⁵, Nency Utami Br Barus⁶, Syifana Nadia Raisya⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat,

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: deafebrina30@gmail.com^{1*}

Abstrak

Pneumonia tetap menjadi salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan spasial antara kasus pneumonia dengan kepadatan penduduk dan potensi bahaya banjir di Kota Medan. Desain penelitian menggunakan studi cross-sectional dengan pendekatan ekologi berbasis analisis spasial, memanfaatkan data rekam medis RSI Malahayati Medan dan data BPS tahun 2023. Hasil menunjukkan autokorelasi spasial signifikan antara kasus pneumonia dengan kepadatan penduduk ($Moran's I = 0,285; p = 0,003$) serta potensi bahaya banjir ($Moran's I = 0,215; p = 0,015$), keduanya berpola mengelompok. Wilayah dengan kepadatan tinggi dan risiko banjir lebih besar memiliki kemungkinan lebih tinggi mengalami kejadian pneumonia. Temuan ini menegaskan perlunya intervensi kesehatan masyarakat yang difokuskan pada wilayah padat penduduk dan rawan banjir.

Keywords: Banjir, Kepadatan penduduk, Pneumonia, Spasial

PENDAHULUAN

Pneumonia tetap menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas secara global (Cilloniz et al., 2023). Pada tahun 2021 tercatat sekitar 344 juta episode infeksi saluran pernapasan bawah (LRI) dengan 2,18 juta kematian, termasuk sekitar 502.000 kematian pada anak di bawah 5 tahun (Lim, 2022). Penyakit ini menyumbang sekitar 15% kematian balita dan tetap menjadi penyebab penting kematian pada lansia serta individu dengan komorbid (Sabbagh et al., 2024). Meskipun angka kematian LRI global telah menurun sekitar 41% sejak 1990, beban pneumonia tetap tinggi dan terutama terkonsentrasi di negara berpenghasilan rendah dan menengah (Seid et al., 2024).

Pneumonia tetap menjadi masalah kesehatan masyarakat utama di Indonesia, khususnya pada anak di bawah lima tahun. Tahun 2020, data menunjukkan insiden dan kematian akibat pneumonia masih tinggi, dengan tantangan besar dalam surveilans, penemuan kasus, dan resistensi antibiotik. Indonesia menempati peringkat keenam dunia untuk kasus pneumonia baru pada anak setiap tahun, dengan sekitar 6 juta kasus baru diperkirakan terjadi setiap tahun. Pada 2018, insiden pneumonia pada anak di bawah lima tahun diperkirakan 505.331 kasus, dengan case fatality rate (CFR) nasional 0,08% namun bervariasi antar provinsi (Kartasasmita et al., 2020) (Budihardjo & Suryawan, 2020). Prevalensi pneumonia pada balita meningkat dari 1,6% (2013) menjadi 2% (2018), dengan Papua

dan Nusa Tenggara Timur sebagai provinsi tertinggi (Saputri et al., 2020). Data spesifik tahun 2020 terbatas, namun tren menunjukkan insiden tetap tinggi dan cakupan penemuan kasus masih rendah (Sulistyawati et al., 2020).

Pneumonia tetap menjadi masalah kesehatan utama di Indonesia, termasuk di Sumatera Utara. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi bakteri, virus, atau jamur, dan dapat menyerang semua kelompok usia, terutama anak-anak dan lansia. Studi terbaru menyoroti distribusi kasus pneumonia di berbagai wilayah Indonesia, termasuk proporsi kasus di Sumatera Utara (Nurhayati et al., 2021). Penelitian pemetaan terbaru menggunakan metode kriging menunjukkan bahwa rata-rata proporsi pasien pneumonia di Pulau Sumatra adalah 0,01655, dengan proporsi tertinggi di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara (0,02504). Angka ini menandakan Simalungun sebagai salah satu daerah dengan beban pneumonia tertinggi di Sumatera (Arnilia Okma et al., 2023).

Kepadatan penduduk dipilih sebagai salah satu variabel determinan pneumonia karena interaksi antarindividu yang semakin intens pada wilayah padat dapat mempercepat penularan penyakit. Secara global, kondisi lingkungan dengan konsentrasi penduduk tinggi terbukti meningkatkan risiko penyebaran infeksi saluran pernapasan, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia (Parker et al., 2024). Di Indonesia, beberapa penelitian termasuk di Kabupaten

Gowa, Bogor, dan melalui analisis spasial di Jawa Barat menunjukkan bahwa jumlah atau kepadatan penduduk berpengaruh signifikan terhadap distribusi kasus pneumonia, menjadikannya faktor penting dalam perencanaan intervensi kesehatan masyarakat (Z. Monoarfa et al., 2025) (Ariani & Arminsih, 2024) (Habsy et al., 2024).

Sementara itu, banjir dipilih sebagai variabel determinan karena peristiwa ini dapat memicu peningkatan penyakit infeksi, termasuk pneumonia. Banjir sering menyebabkan kerusakan lingkungan dan kontaminasi air yang mendorong pertumbuhan serta penyebaran patogen tertentu, seperti *Legionella pneumophila*, yang dilaporkan meningkat pasca banjir di berbagai negara (Mitsui et al., 2020). Selain itu, penelitian di Asia Tenggara menunjukkan bahwa selama periode banjir ekstrem terjadi kenaikan signifikan pada rawat inap akibat infeksi saluran pernapasan dibandingkan periode tanpa banjir (Phung et al., 2021). Dengan demikian, banjir menjadi indikator penting untuk memahami dinamika risiko pneumonia di daerah rawan bencana.

Meskipun pneumonia merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas, terutama pada kelompok rentan, pemanfaatan analisis spasial untuk memetakan faktor risikonya di lingkungan rumah sakit masih terbatas, khususnya terkait pengaruh kepadatan penduduk dan potensi bahaya banjir pada distribusi kasus. Kesenjangan penelitian ini menunjukkan

perlunya kajian yang mampu menggambarkan pola penyebaran pneumonia secara spasial agar intervensi kesehatan dapat diarahkan lebih tepat sasaran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola autokorelasi spasial global dan lokal kasus pneumonia di RSI Malahayati tahun 2023, serta mengkaji keterkaitannya dengan kepadatan penduduk dan potensi bahaya banjir di wilayah sekitarnya. Melalui pendekatan Indeks Moran dan LISA, penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi wilayah dengan risiko tinggi maupun rendah, sehingga menghasilkan dasar rekomendasi berbasis bukti bagi pengambil kebijakan dalam merancang intervensi pencegahan pneumonia yang lebih efektif, efisien, dan berkontribusi pada pencapaian target SDGs terkait penurunan penyakit menular.

METODE

Penelitian ini merupakan studi cross-sectional dengan pendekatan ekologi berbasis analisis spasial. Penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui izin pemanfaatan data Rekam Medik RSI Malahayati Medan tahun 2023.

Penelitian memanfaatkan tiga kelompok data sekunder yaitu Data Rekam Medik RSI Malahayati Medan tahun 2023 yang meliputi Jumlah penderita pneumonia rawat inap, Jenis kelamin, Usia, Agama, Pendidikan, Pekerjaan, Domisili pasien berdasarkan kecamatan di Kota Medan, Data kepadatan penduduk Kota Medan

tahun 2023 dari Badan Pusat Statistik (BPS), serta Data sebaran potensi banjir per luas (Ha) kecamatan dari Kompilasi Statistik Sektoral Kota Medan 2023.

Unit analisis dalam penelitian ini adalah kelompok pasien pneumonia rawat inap RSI Malahayati Medan yang berdomisili pada masing-masing kecamatan di Kota Medan. Dengan demikian, unit analisis berdasarkan kecamatan, yaitu 21 kecamatan di Kota Medan, yang merepresentasikan agregasi jumlah kasus pneumonia berdasarkan domisili pasien, bukan individu pasien.

Analisis spasial dilakukan menggunakan dua pendekatan yaitu peta tematik yaitu jenis Peta choropleth digunakan untuk menggambarkan distribusi spasial kasus pneumonia per kecamatan di Kota Medan. Klasifikasi nilai pada peta menggunakan metode Natural Breaks. Penelitian ini juga menggunakan Analisis Autokorelasi Spasial dan menggunakan Aplikasi GeoDa digunakan untuk menganalisis.

- a. Autokorelasi Spasial Global (Moran's I) yaitu untuk mengidentifikasi pola apakah mengelompok (*clustered*), menyebar (*dispersed*), atau acak (*random*).
- b. Autokorelasi Spasial Lokal (LISA) yaitu untuk mendeteksi keberadaan *hotspot* dan *coldspot* antar kecamatan menggunakan *Spatial Weight Matrix Queen-Contiguity*.

Dalam penelitian ini terdapat Visualisasi pendukung meliputi Moran Scatter Plot, Significance Map dan Cluster

Map. Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$ (Sari et al., 2025)

Penelitian ini menggunakan dua perangkat lunak utama yaitu Quantum GIS (QGIS) yang berfungsi Untuk digitalisasi peta dasar, pengolahan data spasial, dan pembuatan peta choropleth dan aplikasi GeoDa Untuk analisis autokorelasi spasial global dan lokal (Moran's I dan LISA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Deskriptif

Untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik penderita pneumonia di RSI Malahayati Medan, dilakukan analisis deskriptif berdasarkan data sekunder rekam medik tahun 2023. Analisis ini mencakup distribusi kasus menurut wilayah tempat tinggal (kecamatan), jenis kelamin, kelompok umur, agama, tingkat pendidikan, serta status pekerjaan. Penyajian data dalam bentuk tabel berikut bertujuan memberikan informasi mendalam mengenai profil pasien sehingga dapat mendukung perencanaan pelayanan kesehatan yang lebih tepat sasaran.

Tabel 1. Distribusi Penderita Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Kecamatan di Kota Medan Tahun 2023

Kecamatan	Frekuensi	%
Medan Amplas	14	2.9
Medan Area	24	5.0
Medan Barat	30	6.3
Medan Baru	19	4.0
Medan Deli	7	1.5
Medan Denai	25	5.3
Medan Helvetia	11	2.3

Medan Johor	51	10.7
Medan Kota	18	3.8
Medan Labuhan	4	0.8
Medan Maimun	35	7.4
Medan Marelan	10	2.1
Medan Perjuangan	43	9.0
Medan Petisah	36	7.6
Medan Polonia	36	7.6
Medan Selayang	18	3.8
Medan Sunggal	16	3.4
Medan Tembung	31	6.5
Medan Timur	37	7.8
Medan Tuntungan	11	2.3
Total	476	100.0

Berdasarkan tabel 1, jumlah penderita pneumonia di RSI Malahayati Medan tahun 2023 paling banyak berasal dari Kecamatan Medan Johor dengan 51 kasus (10,7%) dan kasus paling sedikit terdapat di Medan Labuhan sebanyak 4 kasus (0,8%).

Tabel 2. Distribusi Penderita Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Jenis Kelamin Tahun 2023

Jenis Kelamin	Frekuensi	%
Laki-laki	212	44.5
Perempuan	264	55.5
Total	476	100.0

Pada tabel 2 terlihat bahwa penderita pneumonia di RSI Malahayati Medan tahun 2023 didominasi oleh perempuan sebanyak 264 orang (55,5%), sedangkan laki-laki sebanyak 212 orang (44,5%).

Tabel 3. Distribusi Penderita Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Umur Tahun 2023

Kategori Umur	Frekuensi	%
Balita	6	1.3
Remaja	8	1.7
Dewasa	250	52.5
Lansia	212	44.5
Total	476	100.0

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kelompok dewasa merupakan penderita pneumonia terbanyak di RSI Malahayati



Medan tahun 2023, yaitu 250 orang (52,5%). Sementara itu, kelompok balita menjadi penderita pneumonia terendah dengan jumlah 6 orang (1,3%).

Tabel 4. Distribusi Penderita Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Agama Tahun 2023

Agama	Frekuensi	%
Buddha	10	2.1
Hindu	6	1.3
Islam	436	91.6
Khatolik	3	0.6
Kristen	21	4.4
Total	476	100.0

Berdasarkan tabel 4, mayoritas penderita pneumonia di RSI Malahayati Medan tahun 2023 yaitu beragama Islam sebanyak 436 orang (91,6%). Sedangkan penderita pneumonia yang beragama Katolik dengan jumlah 3 orang (0,6%) menjadi penderita pneumonia terendah. Dominasi agama Islam mencerminkan komposisi penduduk di Kota Medan, di mana sebagian besar masyarakat beragama Islam.

Tabel 5. Distribusi Penderita Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Pendidikan Tahun 2023

Kategori Pendidikan	Frekuensi	%
Tamat Akademik	2	0.4
Tamat SD	52	10.9
Tamat SMTA	273	57.4
Tamat SMTP	41	8.6
Tamat Universitas	101	21.2
Tidak Sekolah	7	1.5
Total	476	100.0

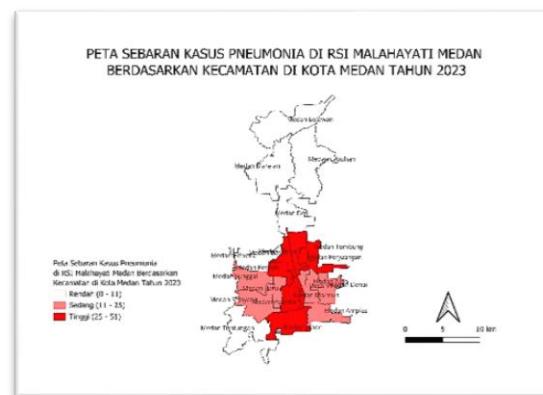
Dari tabel 5 diketahui bahwa penderita pneumonia di RSI Malahayati Medan tahun 2023 paling banyak berasal dari kelompok berpendidikan SMTA (Sekolah Menengah Tingkat Atas) sebanyak

273 orang (57,4%), Sementara itu, yang paling sedikit berasal dari kelompok tamat akademik sebanyak 2 orang (0,4%).

Tabel 6. Distribusi Penderita Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Pekerjaan Tahun 2023

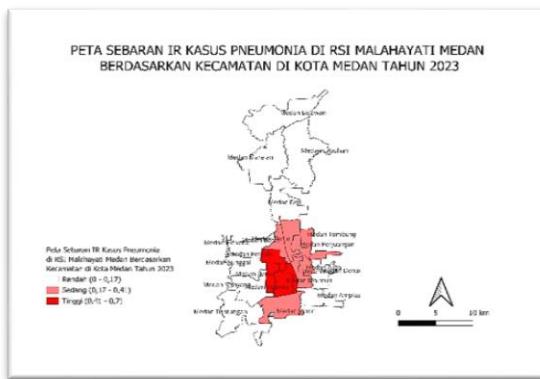
Pekerjaan	Frekuensi	%
Bekerja	466	97.9
Tidak Bekerja	10	2.1
Total	476	100.0

Tabel 6 menunjukkan bahwa sebagian besar penderita pneumonia di RSI Malahayati Medan yang memiliki pekerjaan yaitu sebanyak 466 orang (97,9%), sedangkan yang tidak bekerja hanya 10 orang (2,1%).



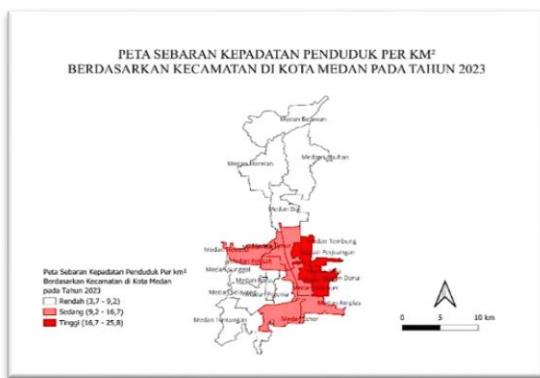
Gambar 1. Peta Sebaran Kasus Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Kecamatan di Kota Medan Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 1, peta tersebut menggambarkan distribusi kasus pneumonia di RSI Malahayati Medan berdasarkan kecamatan Kota Medan tahun 2023. Daerah dengan warna paling gelap menunjukkan jumlah kasus tertinggi. Berdasarkan tabel sebelumnya, wilayah dengan kasus terbanyak adalah Medan Johor, sementara wilayah Medan Labuhan memiliki kasus yang relatif sedikit.



Gambar 2. Peta Sebaran IR Kasus Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Kecamatan di Kota Medan Tahun 2023

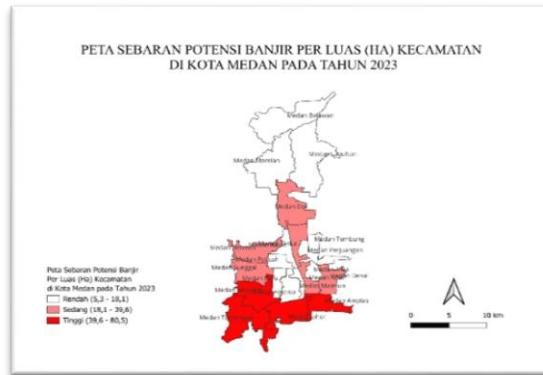
Berdasarkan Gambar 2, peta tersebut menggambarkan distribusi Insidensi Rate (IR) pneumonia di RSI Malahayati Medan berdasarkan kecamatan di Kota Medan tahun 2023 yang menunjukkan variasi kasus antar kecamatan. Wilayah dengan IR tinggi teridentifikasi pada Kecamatan Medan Johor, Sementara itu, kecamatan Medan Labuhan memperlihatkan nilai IR yang lebih rendah.



Gambar 3. Peta Sebaran Kepadatan Penduduk Per km² Berdasarkan Kecamatan di Kota Medan Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa wilayah dengan kepadatan tertinggi yaitu Medan Perjuangan memiliki korelasi dengan tingginya jumlah kasus pneumonia. Sebaliknya, daerah dengan kepadatan

rendah seperti Labuhan cenderung memiliki jumlah kasus pneumonia yang lebih kecil, mencerminkan pengaruh distribusi penduduk terhadap risiko kesehatan masyarakat.



Gambar 4. Peta Sebaran Potensi Banjir Per Luas (Ha) Kecamatan di Kota Medan Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 4, peta tersebut menggambarkan persebaran wilayah dengan potensi bahaya banjir di Kota Medan tahun 2023. Daerah dengan tingkat kerentanan banjir tertinggi yaitu Medan Marelan dan terendah yaitu Medan Kota. Meskipun Medan Marelan menjadi salah satu wikayah yang menunjukkan IR pneumonia relatif rendah, tetapi tetap memiliki risiko lingkungan yang dapat memperburuk kondisi kesehatan masyarakat. Dengan demikian, potensi bahaya banjir dapat dikategorikan sebagai faktor lingkungan tidak langsung yang berkontribusi terhadap peningkatan risiko penyakit tersebut.

Analisis Global Moran's Index

Hasil analisis *Univariate Moran's I* setiap variabel yang sudah diuji, yaitu variabel jumlah kasus pneumonia berdasarkan data RSI Malahayati Medan,

kepadatan penduduk per km^2 dan Potensi Bahaya Banjir Per Luas Kecamatan di Kota Medan Tahun 2023 disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Global Moran's Index Pneumonia, Kepadatan Penduduk Per Km^2 dan Potensi Bahaya Banjir Per Luas Kecamatan di Kota Medan pada Tahun 2023

Variabel	Moran's I	E[I]	P-value	SD	Keputusan	Pola
Jumlah Kasus Pneumonia	0,302	-0,050	0,007	0,1330	H0 ditolak	Mengelompok
Kepadatan Penduduk Per km^2	0,680	-0,050	0,001	0,134	H0 ditolak	Mengelompok
Potensi Bahaya Banjir Per Luas Kecamatan	0,431	-0,050	0,001	0,127	H0 ditolak	Mengelompok

Berdasarkan hasil analisis *Global Moran's Index*, seluruh variabel yang diuji menunjukkan adanya autokorelasi spasial yang signifikan ($p < 0,05$) dengan pola mengelompok. Nilai Indeks Moran yang positif pada ketiga variabel (0,302; 0,680; dan 0,431) mengindikasikan bahwa wilayah dengan kasus pneumonia tinggi cenderung berdekatan dengan wilayah lain yang juga memiliki kasus tinggi, demikian pula untuk kepadatan penduduk dan potensi banjir. Temuan ini menegaskan bahwa distribusi pneumonia berdasarkan data RSI Malahayati Medan di Kota Medan tahun 2023 tidak acak, melainkan membentuk pola spasial tertentu yang dipengaruhi oleh kepadatan populasi dan kondisi lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis *Global*.

Analisis Hubungan Kasus Pneumonia dengan Kepadatan Penduduk Per Km^2 dan Potensi Bahaya Banjir Per Luas Kecamatan

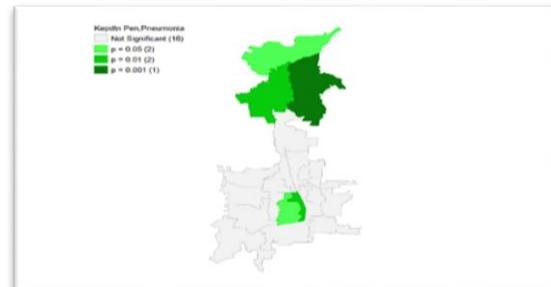
Hasil analisis *Bivariate Local Moran's I* hubungan variabel independen dengan jumlah kasus pneumonia berdasarkan Kecamatan Kota Medan di RSI

Malahayati Medan Tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 8. Hasil Autokorelasi Hubungan Variabel Independen dengan Jumlah Kasus Pneumonia di RSI Malahayati Medan Berdasarkan Kecamatan di Kota Medan pada Tahun 2023

Variabel	Moran's I	E[I]	P-value	SD	Zhitung	Pola
Kepadatan Penduduk Per km^2	0,285	-	0,003	0,107	2,959	Mengelompok
Potensi Bahaya Banjir Per Luas Kecamatan	0,215	-	0,015	0,099	2,175	Mengelompok

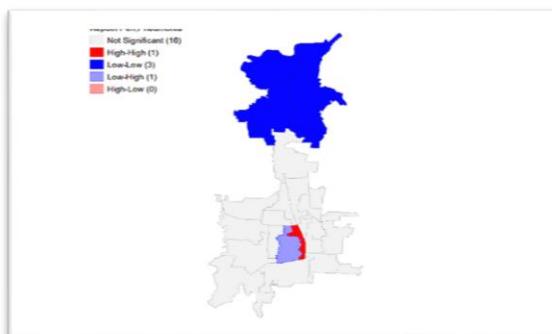
Berdasarkan hasil analisis *Bivariate Local Moran's I* menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial yang signifikan antara jumlah kasus pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan Kepadatan Penduduk ($I = 0,285$; $p = 0,003$) serta dengan Potensi Bahaya Banjir ($I = 0,215$; $p = 0,015$), keduanya berpola mengelompok. Hal ini berarti wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi dan daerah yang rawan banjir cenderung berdekatan dengan wilayah lain yang memiliki tingkat kejadian pneumonia tinggi pula. Pola ini menggambarkan keterkaitan spasial antara faktor demografis dan lingkungan terhadap penyebaran pneumonia, di mana tingginya kepadatan penduduk meningkatkan risiko transmisi penyakit, sementara kondisi lingkungan lembap akibat banjir memperburuk risiko infeksi.



Gambar 5. Significance Map Hubungan Secara Lokal Jumlah Kasus Pneumonia di

RSI Malahayati Medan dengan Kepadatan Penduduk Per Km² di Kota Medan pada Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 5, terlihat pada *significance map* di atas bahwa dari 21 kecamatan di Kota Medan, terdapat 16 kecamatan yang tidak ada interaksi spasial antara pneumonia dengan kepadatan penduduk per km². Namun terdapat 2 kecamatan yaitu Medan Belawan dan Medan Polonia dengan nilai $p = 0,05$, 2 kecamatan yaitu Medan Marelan dan Medan Maimun dengan nilai $p = 0,01$, serta 1 kecamatan yaitu Medan Labuhan dengan nilai $p = 0,001$ yang signifikan ($p < 0,05$) yang artinya ada interaksi spasial secara lokal antara jumlah kasus pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan kepadatan penduduk per km² pada beberapa Kecamatan di Kota Medan.



Gambar 6. Cluster Map Hubungan Secara Lokal Jumlah Kasus Pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan Kepadatan Penduduk Per Km² di Kota Medan pada Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 6, terlihat pada *cluster map* di atas menampilkan analisis klaster spasial antara jumlah kasus pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan kepadatan penduduk per km² di Kota Medan Tahun 2023. Berdasarkan peta

di atas, terdapat tiga kecamatan dalam kategori *Low-Low* (Kuadran III) yaitu Medan Belawan, Medan Marelan, dan Medan Labuhan. Hal ini berarti kecamatan yang mempunyai nilai kasus pneumonia dan kepadatan penduduk per km² yang rendah dikelilingi oleh kecamatan yang mempunyai nilai rendah juga. Adapun, satu kecamatan termasuk dalam kategori *High-High* (Kuadran I) yaitu Medan Maimun, menunjukkan kecamatan yang mempunyai nilai kasus pneumonia dan kepadatan penduduk per km² yang tinggi dikelilingi oleh kecamatan dengan nilai pengamatan yang tinggi juga. Selain itu, *Low-High* (Kuadran II) yaitu Medan Polonia, menunjukkan kecamatan yang mempunyai nilai kasus pneumonia dan kepadatan penduduk per km² yang rendah dikelilingi oleh kecamatan dengan nilai pengamatan yang tinggi.

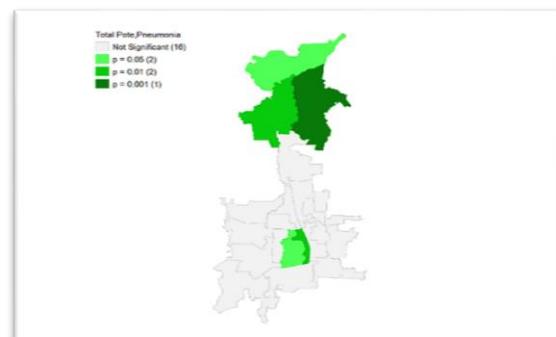
Hasil analisis menunjukkan adanya pola pengelompokan kasus pneumonia di Kota Medan yang berkaitan erat dengan karakteristik kewilayahannya, khususnya kepadatan penduduk, lokasi pesisir, dan kerentanan banjir. Wilayah padat seperti Medan Maimun cenderung menjadi hotspot penularan, sedangkan kawasan pesisir dan rawan banjir seperti Belawan, Marelan, dan Labuhan memperlihatkan risiko tambahan akibat kelembapan tinggi serta sanitasi yang terganggu. Pola spasial ini menegaskan bahwa lingkungan fisik dan sosial berkontribusi terhadap distribusi risiko pneumonia.

Kepadatan penduduk, kondisi banjir, dan lingkungan pesisir berperan penting dalam meningkatkan risiko pneumonia melalui mekanisme sebab–akibat yang saling terkait. Daerah berpenduduk padat mempermudah kontak antarindividu sehingga mempercepat transmisi penyakit. Sementara itu, kawasan rawan banjir cenderung memiliki kelembapan tinggi serta sanitasi yang terganggu, yang mendorong pertumbuhan jamur dan bakteri patogen.

Di sisi lain, wilayah pesisir dengan kondisi lingkungan yang lembap dan drainase kurang optimal juga menciptakan situasi yang mendukung terjadinya infeksi saluran pernapasan. Ketiga faktor ini menunjukkan bahwa karakteristik lingkungan secara langsung memengaruhi peluang terjadinya pneumonia di masyarakat. Artinya, wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi cenderung berdekatan secara geografis dengan wilayah yang juga memiliki kasus pneumonia tinggi. Temuan ini memperlihatkan bahwa faktor demografis seperti kepadatan penduduk memainkan peran besar terhadap distribusi penyakit menular di kawasan urban, di mana kontak antarindividu lebih intens dan transmisi patogen lebih cepat terjadi.

Secara teoritis, kepadatan penduduk memfasilitasi transmisi penyakit infeksi saluran napas seperti pneumonia karena interaksi antarindividu terjadi lebih sering dan dalam jarak dekat. Lingkungan yang padat sering kali disertai ventilasi buruk dan

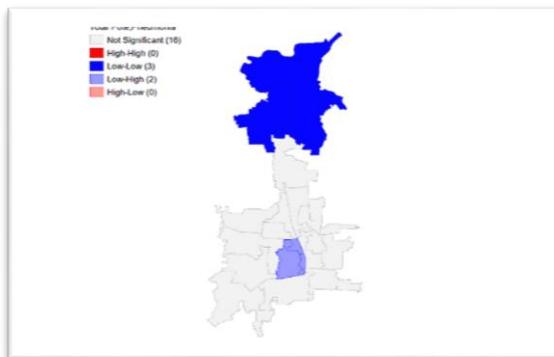
polusi udara tinggi, yang memperburuk kondisi pernapasan dan menurunkan imunitas masyarakat. Dengan demikian, analisis spasial berperan penting dalam mengidentifikasi area hotspot penyakit sehingga kebijakan intervensi dapat difokuskan secara efektif. Temuan ini menegaskan perlunya strategi pengendalian berbasis wilayah, khususnya pada hotspot dengan kepadatan tinggi, melalui peningkatan kualitas ventilasi permukiman, pengurangan polusi udara, intensifikasi promosi perilaku hidup bersih dan sehat, serta penguatan cakupan vaksinasi pada kelompok rentan (Benincà et al., 2017; Kisiju et al., 2023; Pina et al., 2020; Xiong et al., 2020).



Gambar 7. Significance Map Hubungan Secara Lokal Jumlah Kasus Pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan Potensi Bahaya Banjir Per Luas Kecamatan di Kota Medan pada Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 7, terlihat pada *significance map* di atas bahwa hubungan jumlah kasus pneumonia RSI Malahayati Medan dengan variabel potensi bahaya banjir di atas menunjukkan hasil yang sama seperti peta signifikansi hubungan kasus pneumonia dengan kepadatan penduduk per

km², yaitu terdapat 5 kecamatan yang terdapat autokorelasi spasial secara lokal. Diantaranya yaitu Medan Belawan, Medan Marelan, Medan Labuhan, Medan Polonia dan Medan Maimun.



Gambar 8. Cluster Map Hubungan Secara Lokal Jumlah Kasus Pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan Potensi Bahaya Banjir Per Luas (Ha) Kecamatan di Kota Medan pada Tahun 2023

Berdasarkan Gambar 8, terlihat pada *cluster map* di atas menampilkan pola yang muncul cenderung serupa dengan seperti peta signifikansi hubungan jumlah kasus pneumonia di RSI Malahayati Medan dengan kepadatan penduduk per km². Berdasarkan peta di atas, terdapat tiga kecamatan dalam kategori *Low-Low* (Kuadran III) yaitu Medan Belawan, Medan Marelan, dan Medan Labuhan. Hal ini berarti kecamatan yang mempunyai nilai kasus pneumonia dan potensi bahaya banjir yang rendah dikelilingi oleh kecamatan yang mempunyai nilai rendah juga. Selain itu, dua kecamatan *Low-High* (Kuadran II) yaitu Medan Polonia dan Medan Maimun, menunjukkan kecamatan yang mempunyai nilai kasus pneumonia dan potensi bahaya banjir yang rendah dikelilingi oleh

kecamatan dengan nilai pengamatan yang tinggi.

Selain faktor demografis, kondisi lingkungan seperti potensi bahaya banjir juga berpengaruh signifikan terhadap penyebaran pneumonia. Analisis spasial menunjukkan adanya autokorelasi signifikan antara kasus pneumonia dan potensi bahaya banjir di Kota Medan ($I = 0,215$; $p = 0,015$), dengan pola mengelompok di wilayah pesisir seperti Medan Belawan, Medan Marelan, dan Medan Labuhan. Wilayah-wilayah ini dikenal rawan genangan dengan kelembapan tinggi dan sistem drainase kurang optimal. Kondisi lingkungan semacam ini berkontribusi terhadap peningkatan risiko pneumonia, baik melalui penurunan kualitas udara akibat genangan maupun paparan jamur dan bakteri dari sanitasi yang memburuk pascabanjir.

Hubungan antara banjir dan penyakit menular telah banyak didukung oleh penelitian dengan pendekatan spasial. Studi di Provinsi Anhui, China, menunjukkan bahwa insiden penyakit infeksi seperti malaria, diare, dan hepatitis A meningkat signifikan di wilayah terdampak banjir dengan pola spasial yang jelas (Gao et al., 2016). Meskipun pneumonia tidak disebutkan secara spesifik, pendekatan tersebut relevan karena mekanisme penyebarannya serupa melalui air, udara lembab, dan sanitasi yang rusak. Penelitian lanjutan di wilayah Jing–Jin–Ji (China) juga menegaskan bahwa risiko banjir memiliki diferensiasi spasial-temporal yang

signifikan dan dapat dipetakan secara efektif menggunakan analisis statistik spasial (Gao et al., 2025).

Temuan penelitian yang menunjukkan keterkaitan pneumonia dengan kepadatan penduduk, lokasi pesisir, serta wilayah rawan banjir menggaris bawahi pentingnya intervensi kebijakan yang berfokus pada perbaikan kondisi lingkungan fisik. Salah satu langkah strategis yang perlu diprioritaskan adalah perbaikan dan optimalisasi sistem drainase, terutama di kawasan pesisir seperti Medan Belawan, Medan Marelan, dan Medan Labuhan yang secara konsisten menunjukkan pola banjir berulang. Drainase yang tersumbat atau tidak memadai menyebabkan genangan air bertahan lebih lama, meningkatkan kelembapan lingkungan, serta mempercepat pertumbuhan jamur, bakteri, dan mikroorganisme patogen yang dapat memicu infeksi saluran pernapasan. Perbaikan drainase tidak hanya mencakup pembangunan infrastruktur baru, tetapi juga pemeliharaan rutin, pembersihan saluran, peningkatan kapasitas aliran, dan integrasi sistem drainase dengan tata kelola persampahan agar tidak terjadi penyumbatan. Upaya ini penting untuk menekan paparan lingkungan yang berkontribusi terhadap peningkatan kasus pneumonia, terutama setelah musim hujan atau kejadian banjir.

Selain itu, hasil analisis spasial yang menunjukkan adanya pola klaster pneumonia menegaskan perlunya pemetaan risiko rutin sebagai bagian dari sistem

kewaspadaan dini. Pemerintah daerah dan fasilitas kesehatan perlu melakukan pemantauan spasial berkala menggunakan data kesehatan, kondisi banjir, tingkat kepadatan penduduk, dan karakteristik kewilayahan lainnya untuk mendeteksi perubahan pola risiko secara dinamis. Pemetaan risiko ini memungkinkan identifikasi cepat terhadap area yang mulai menunjukkan peningkatan kasus atau perubahan kondisi lingkungan yang memperburuk kerentanan, sehingga intervensi dapat dilakukan sebelum kasus meningkat lebih luas. Pemetaan rutin juga dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi kebijakan, perencanaan pembangunan wilayah, dan alokasi sumber daya kesehatan secara lebih efisien. Dengan pendekatan ini, pengendalian pneumonia dapat dilakukan secara lebih komprehensif, berbasis bukti, dan sesuai kebutuhan masing-masing wilayah.

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan adanya hubungan spasial signifikan antara kasus pneumonia tahun 2023 dengan kepadatan penduduk dan potensi bahaya banjir di wilayah kerja Rumah Sakit Islam Malahayati Medan. Kedua variabel tersebut membentuk pola mengelompok (clustered), dengan kepadatan penduduk tinggi berkorelasi kuat terhadap meningkatnya kasus pneumonia ($I = 0,285$; $p = 0,003$). Potensi bahaya banjir juga berhubungan positif dengan kejadian pneumonia ($I = 0,215$; $p = 0,015$). Interaksi penduduk yang

intens serta kondisi lingkungan lembap dan buruk pascabanjir mempercepat risiko penularan penyakit.

Wilayah yang teridentifikasi sebagai klaster, seperti Medan Maimun, Medan Polonia, Medan Belawan, Medan Marelan, dan Medan Labuhan, memerlukan intervensi kesehatan masyarakat yang lebih terarah. Prioritas kebijakan mencakup pengendalian lingkungan di kawasan padat penduduk, peningkatan mitigasi bencana dan infrastruktur drainase di daerah rawan banjir, serta penguatan edukasi perilaku hidup bersih dan sehat. Pendekatan berbasis wilayah ini diharapkan mampu menekan kejadian pneumonia secara lebih efektif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada RSI Malahayati Medan yang telah memberikan akses data dan izin untuk melakukan penelitian. Peneliti juga berterima kasih kepada Badan Pusat Statistik (BPS) atas data pendukung yang sangat membantu dalam proses analisis. Selain itu, peneliti menyampaikan terima kasih kepada pembimbing artikel yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Ariani, & Arminsih, R. (2024). Correlation Study of Climate Variability, Population Density, Altitude, and Low Birth-Weight Rates on the Incidence of Children Pneumonia in Bogor Regency. *BKM Public Health*

and Community Medicine, e12337.
<https://doi.org/10.22146/bkm.v40i03.12337>

Arnilia Okma, Aidi Muhammad Nur, Indahwati, & Ernawati Fitrah. (2023). Prediction of Pneumonia Patient Proportions Using Kriging and Inverse Distance Weighted Methods. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 391–399. <https://doi.org/10.32628/IJSRSET2310257>

Benincà, E., van Boven, M., Hagenaars, T., & van der Hoek, W. (2017). Space-Time Analysis of Pneumonia Hospitalisations in the Netherlands. *PLOS ONE*, 12(7), e0180797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180797>

Budihardjo, S. N., & Suryawan, I. W. B. (2020). Faktor-Faktor Resiko Kejadian Pneumonia Pada Pasien Pneumonia Usia 12-59 bulan di RSUD Wangaya. *Intisari Sains Medis*, 11(1), 398–404. <https://doi.org/10.15562/ism.v11i1.645>

Cilloniz, C., Dela Cruz, C., Curioso, W. H., & Vidal, C. H. (2023). World Pneumonia Day 2023: The Rising Global Threat of Pneumonia and What We Must Do About It. *European Respiratory Journal*, 62(5), 2301672. <https://doi.org/10.1183/13993003.01672-2023>

Gao, L., Liu, X., & Liu, H. (2025). Spatiotemporal Differentiation Characteristics of Flood Risk Based on Spatial Statistical Analysis: A Study of Jing–Jin–Ji region in China. *Natural Hazards*, 121(2), 1711–1736. <https://doi.org/10.1007/S11069-024-06876-8/TABLES/12>

Habsy, M. Y. Al, Husein, F. K. Al, Yahya, M. H., & Rachmawati, R. N. (2024). Bayesian spatial data analysis: Application of pneumonia spread in

- west java. *Desimal: Jurnal Matematika*, 7(1), 155. <https://doi.org/10.24042/djm.v7i1.23154>
- Kartasasmita, C. B., Rezeki Hadinegoro, S., Kurniati, N., Triasih, R., Halim, C., & Gamil, A. (2020). Epidemiology, Nasopharyngeal Carriage, Serotype Prevalence, and Antibiotic Resistance of *Streptococcus pneumoniae* in Indonesia. *Infectious Diseases and Therapy*, 9(4), 723–736. <https://doi.org/10.1007/s40121-020-00330-5>
- Kisiju, T., Song, H., Lee, S., Jang, J., & Chun, B. C. (2023). 1781. Spatial Epidemiology of Pneumonia Mortality in Korea: Regional Clustering and Bayesian Spatial Regression Analysis for its Determinants. *Open Forum Infectious Diseases*, 10(Supplement_2). <https://doi.org/10.1093/ofid/ofad500.1610>
- Lim, W. S. (2022). Pneumonia—Overview. In *Encyclopedia of Respiratory Medicine* (pp. 185–197). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11636-8>
- Mitsui, M., Ito, A., Ishida, T., Tachibana, H., Nakanishi, Y., Yamazaki, A., & Washio, Y. (2020). Increased Risk of *Legionella* Pneumonia as Community-acquired Pneumonia after Heavy Rainfall in 2018 in West Japan. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-102964/v1>
- Nurhayati, N., Oktavianis, O., Bestrina, F., & Sari, M. (2021). Penyebab Pneumonia pada Balita di Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Sosiologi Andalas*, 7(2), 142–152. <https://doi.org/10.25077/jsa.7.2.142-152.2021>
- Parker, A. M., Jackson, N., Awasthi, S., Kim, H., Alwan, T., Wyllie, A. L., Kogut, K., Holland, N., Mora, A. M., Eskenazi, B., Riley, L. W., & Lewnard, J. A. (2024). Upper Respiratory *Streptococcus pneumoniae* Colonization Among Working-Age Adults With Prevalent Exposure To Overcrowding. *Microbiology Spectrum*, 12(8). <https://doi.org/10.1128/spectrum.00879-24>
- Phung, D. T., Warren, J. L., Chu, C. M.-Y., & Dubrow, R. (2021). Relationship Between Flood Severity and Risk of Hospitalisation in the Mekong River Delta of Vietnam. *Occupational and Environmental Medicine*, 78(9), 676–678. <https://doi.org/10.1136/oemed-2021-107768>
- Pina, J. C., Alves, L. S., Furtado, M. C. de C., Arcêncio, R. A., Gondim, E. C., & de Mello, D. F. (2020). *Mapping and Territorial Risk Analysis of Hospital Admissions due to Community-Acquired Pneumonia in Children (Brazil)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-28321/v1>
- Sabbagh, W. A., Karrar, H. R., Nouh, M. I., Alkhaifi, N. M., Badayyan, S. Y., Shaikh, L. K., Ghamsi, N. A. Al, & Abdullah, F. F. (2024). Perspective of Pneumonia in the Health-Care Setting. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 36(7), 51–58. <https://doi.org/10.9734/jpri/2024/v36i77538>
- Saputri, E., Endarti, D., & Andayani, T. M. (2020). Tingkat Pengetahuan Orang Tua terhadap Penyakit Pneumonia dan Imunisasi Pneumococcal Conjugate Vaccine (PCV) di Indonesia. *JURNAL MANAJEMEN DAN PELAYANAN FARMASI (Journal of Management and Pharmacy Practice)*, 10(2), 156. <https://doi.org/10.22146/jmpf.54423>
- Sari, A. K., Aini, D. N., Karinda, S. S. Y., Ginting, S. E., Saragi, B. J. R., Irsyad, A., & Widagdo, P. P. (2025).

- Penerapan Sistem Informasi Geografis Menggunakan QGIS dalam Menganalisis Sebaran Pemukiman di Samarinda Tahun 2024. *Kreatif Teknologi Dan Sistem Informasi (KRETISI)*, 3(1), 32–37.
<https://doi.org/10.30872/kretisi.v3i1.2123>
- Seid, A. M., Tadesse, W., Menza, M., Abdo, R. A., & Mussema, A. (2024). Bacterial Etiology of Community-Acquired Pneumonia Among Adult Patients in Ethiopia: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 10(6), e28008.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28008>
- Sulistyawati, S., Sofiana, L., Khairul Amala, S., Rokhmayanti, R., Dwi Astut, F., & Nurfiti, D. (2020). Pneumonia A Neglected Disease: A Mixed-Method Study on the Case-Finding Program in Indonesia. *AIMS Public Health*, 7(1), 81–91.
<https://doi.org/10.3934/publichealth.2020008>
- Xiong, Y., Wang, Y., Chen, F., & Zhu, M. (2020). *Spatial Statistics and Influencing Factors of the Novel Coronavirus Pneumonia 2019 Epidemic in Hubei Province, China*.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-16858/v2>
- Z. Monoarfa, M. Z., Maria, I. L., Ansariadi, A., Arsin, A. A., & Amqam, H. (2025). Spatial Analysis Risk Factors of Pneumonia Incidence in Toddlers Gowa Regency. *International Journal of Statistics in Medical Research*, 14, 210–222.
<https://doi.org/10.6000/1929-6029.2025.14.21.>