

SPATIAL AUTOREGRESSIVE QUANTILE REGRESSION PADA KASUS TUBERKULOSIS DI KOTA BANDUNG

Spatial Autoregressive Quantile Regression of Tuberculosis Cases in Bandung

Hasrat Ifolala Zebua*, Geni Andalria Harefa**

*Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Nias, E-mail: hasratifolalazebua@gmail.com

** BPS Kabupaten Nias

ABSTRAK

Bakteri *mycobacterium tuberculosis* merupakan sumber dari penyakit menular tuberkulosis. Kota Bandung merupakan ibukota Provinsi Jawa Barat yang memiliki penyebaran kasus tuberkulosis yang cukup tinggi di Jawa Barat selain Kota Bogor. Salah satu model spasial yang dapat digunakan untuk memodelkan kasus tuberkulosis adalah model *Spatial Autoregressive* (SAR). Model SAR merupakan model regresi dimana terdapat dependensi spasial pada variabel respon, namun faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kasus tuberkulosis mungkin saja memiliki pengaruh yang berbeda pada wilayah dengan risiko penularan yang tinggi dibandingkan dengan wilayah dengan risiko penularan yang rendah. Dalam penelitian ini, dilakukan kombinasi antara SAR dan Quantile Regression (QR) untuk memodelkan angka kasus tuberkulosis di Kota Bandung. Estimasi parameter model SAR-QR menggunakan *quantile objective function* dengan *instrumental variable quantile regression* (IVQR). Asumsi regresi klasik seluruhnya terpenuhi dan nilai dari Indeks Moran signifikan yang berarti terdapat autokorelasi spasial positif. Hasil Uji LM menunjukkan terdapat ketergantungan spasial *lag* namun tidak terdapat ketergantungan spasial *error* sehingga penggunaan model SAR lebih tepat dibandingkan model lain. Hasil estimasi model SAR-QR menunjukkan hasil yang berbeda pada kuantil yang berbeda. Pada kuantil 0,1 variabel kepadatan penduduk dan pada kuantil 0,5 variabel rumah sehat signifikan mempengaruhi dan pada kuantil 0,75 dan 0,9 variabel sanitasi dan rumah sehat yang signifikan mempengaruhi sementara pada kuantil 0,25 tidak ada variabel yang mempengaruhi kasus tuberkulosis di Kota Bandung.

Kata kunci: Tuberkulosis, SAR, Kuantil, SAR-QR

ABSTRACT

The Mycobacterium tuberculosis bacteria is the source of the infectious tuberculosis. In addition to Bogor City, Bandung, the capital of West Java Province, has a high incidence of tuberculosis cases. One of the spatial models that can be used is the Spatial Autoregressive (SAR) model. The SAR model is a regression model in which there is a spatial dependency on the response variable, but the factors that are considered to influence tuberculosis cases may have a different effect on areas with a high risk of transmission compared to areas with a low risk of transmission. Therefore, in this study, a combination of SAR and Quantile Regression (QR) was carried out to model the number of tuberculosis cases in Bandung. Parameter estimation of the SAR-QR model uses the quantile objective function with the instrumental variable quantile regression (IVQR). The assumptions of classical regression are all fulfilled and the value of the Moran's I is significant, which means there is a positive spatial autocorrelation. The results of the LM test show that there is a spatial lag dependence but there is no spatial error dependence so that the use of the SAR model is more appropriate than other models. The estimation results of the SAR-QR model show different results at different quantiles. In the 0.1 quantile, the population density variable and in the 0.5 quantile, the healthy house variable have a significant effect, and in the 0.75 and 0.9 quantiles, the sanitation and healthy house variables have a significant effect, while in the 0.25 quantile, there is no variable that affects tuberculosis cases in Bandung.

Keywords: tuberculosis, SAR, Quantile, SAR-QR

I. PENDAHULUAN

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dalam Laporan Global Tuberculosis mencatat Indonesia sebagai negara yang menempati posisi kedua dengan kasus kematian penderita tuberculosis tertinggi setelah India (WHO, 2022). Penyebab tingginya kasus kematian disebabkan jumlah kasus yang masih sangat banyak namun hanya sedikit yang ditemukan, diobati, dan dilaporkan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia mencatat masih ada sekitar 52 persen kasus tuberculosis yang belum ditemukan atau telah ditemukan namun belum dilaporkan (Kemenkes RI, 2022).

Provinsi Jawa Barat merupakan daerah dengan jumlah kasus tuberculosis paling tinggi di Indonesia. Kasus tuberculosis di Provinsi Jawa Barat tahun 2021 ada 85.681 kasus dilaporkan dari sebanyak 301.682 kasus yang terduga dimana sebelumnya tahun 2020 tercatat sebesar 248.896 kasus (Dinkes Jabar, 2022). Kota Bandung sebagai sebagai pusat pemerintahan Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu wilayah penyebaran kasus tuberculosis yang tinggi di Jawa Barat selain Kota Bogor.

Bakteri *mycobacterium tuberculosis* merupakan sumber dari penyakit menular tuberculosis. Penyakit ini menular dari percikan air liur (*droplet nuclei*) seseorang dengan Basil Tahan Asam positif (BTA positif) yang sedang batuk atau bersin (Kemenkes RI, 2022). Pasien tuberculosis dengan BTA yang negatif tetap juga dapat menularkan meskipun meskipun dengan tingkat penularan yang kecil. Penularan terjadi ketika udara yang bercampur dengan percikan air liur tersebut terhirup oleh orang lain.

Langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan dapat dilakukan dengan mengendalikan aspek-aspek yang mempengaruhi terjadinya kasus tuberculosis. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya angka kasus tuberculosis antara lain kepadatan penduduk, sanitasi layak, dan rumah sehat. Penelitian Inggar Putri (2023) dkk menunjukkan adanya pengaruh dari kepadatan penduduk terhadap penyebaran kasus tuberculosis di Kabupaten Bekasi. Hal ini dikarenakan orang yang tinggal di daerah padat lebih berpeluang berinteraksi dengan penderita tuberculosis. Selanjutnya hasil penelitian Mariana (2020) dkk menunjukkan adanya pengaruh dari sanitasi yang buruk terhadap peningkatan kasus tuberculosis pada pasien di wilayah kerja Puskesmas Kota Palembang. Sanitasi yang tidak layak menyebabkan mudahnya berkembangnya bakteri termasuk bakteri penyebab tuberculosis. Penelitian Fikri (2021) dkk di wilayah kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur menemukan bahwa terdapat hubungan antara variabel rumah yang sehat dengan kejadian tuberculosis. Hal ini disebabkan tidak lancarnya sirkulasi udara yang terjadi dalam rumah sehingga patogen dapat bertahan lama dalam udara rumah, yang nantinya akan menjadi sumber penularan penyakit salah satunya penyakit tuberculosis.

Biasanya instrumen analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara satu atau lebih variabel prediktor dengan variabel respon adalah analisis regresi berganda, namun jika unit pengamatan merupakan kabupaten/kota seringkali terjadi dependensi spasial sehingga analisis regresi klasik tidak akurat untuk digunakan (Anselin, 1988). Salah satu alat analisis spasial yang dapat mengakomodir keberadaan dependensi spasial adalah model *Spatial Autoregressive (SAR)*. Model ini dapat mengakomodir terjadinya dependensi spasial pada variabel respon (Su & Yang, 2007). Salah satu penelitian dari Zebua & Jaya (2022) menggunakan model SAR dalam penelitian terkait kasus tuberkulosis untuk melihat pengaruh *lag* spasial terhadap kasus tuberkulosis di Provinsi Jawa Tengah.

Faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kasus tuberkulosis mungkin memiliki pengaruh yang berbeda pada wilayah dengan risiko penularan yang tinggi dibandingkan dengan wilayah dengan risiko penularan yang rendah. Untuk dapat mengakomodir hal tersebut diperlukan suatu model yang dapat melihat pengaruh yang berbeda pada wilayah dengan tingkat risiko yang berbeda. *Quantile Regression (QR)* adalah alat analisis yang dapat digunakan untuk memodelkan data dengan level yang berbeda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan kombinasi antara SAR dan QR untuk memodelkan angka kasus tuberkulosis di Kota Bandung yang dapat mengakomodir aspek spasial serta perbedaan risiko antar wilayah risiko tinggi dan rendah sehingga dapat diketahui faktor penyebab yang berpengaruh terhadap angka tuberkulosis di Kota Bandung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tuberkulosis

Tuberkulosis merupakan sebuah infeksi yang disebabkan oleh bakteri *mycobacterium tuberculosis* yang menyerang paru-paru dan saluran napas. Tuberkulosis termasuk penyakit yang dapat menular melalui udara, di mana bakteri ini masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan dan kemudian menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah, sistem limfatik, bronkus, atau penyebaran langsung ke organ lain (Widyanto & Triwibowo, 2013). Bakteri tuberkulosis menular melalui udara saat penderita batuk atau bersin. Bakteri ini bisa bertahan di udara selama beberapa jam.

Padatnya lingkungan serta pemukiman penduduk akan mempermudah proses penularan kasus tuberkulosis sehingga berperan dalam peningkatan jumlah kasus. Kondisi lingkungan dan sanitasi yang tidak layak turut serta berperan dalam mempengaruhi imunitas seseorang sehingga akan mempermudah perkembangbiakan bakteri di dalam tubuh. Hal tersebut juga dapat menjadi faktor yang menentukan peningkatan jumlah kasus tuberkulosis.

2.2 Regresi Kuantil

Regresi kuantil merupakan regresi yang dilakukan pada berbagai nilai kuantil, dimana

regresi ini merupakan perluasan dari regresi median (kuantil 0,5). Hubungan antar variabel pada regresi kuantil dapat dijelaskan tidak hanya pada ukuran pemusatan data (mean dan median) namun juga dapat pada berbagai kuantil sehingga informasi yang diperoleh terkait hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat dapat lebih banyak berdasarkan level kuartilnya yang dinotasikan dengan $\tau \in [0,1]$. Regresi kuantil adalah salah satu teknik analisis bersifat *robust* terhadap *outlier* (Koenker & Basset, 1978).

Pada model regresi linear (*mean regression*) diasumsikan $E(\varepsilon) = 0$, sehingga $E(y|X) = X\beta$, sementara pada regresi kuantil $q_\tau(\varepsilon) = 0$, sehingga dapat dituliskan:

$$q_\tau(y|X) = X\beta_\tau \tag{1}$$

Koefisien β pada persamaan (1) diatas dapat diestimasi dengan meminimumkan *quantile objective function* yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - X_i^T \beta) \tag{2}$$

Dengan $\sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - X_i^T \beta)$ yang merupakan L_1 - *loss function* dan $\rho_\tau(\cdot)$ dikatakan sebagai *check function*. Fungsi objektif pada persamaan (2) di atas bersifat *non differentiable* sehingga Koenker dan Bassett (1978) merekomendasikan untuk menggunakan *linear programming problem* (LP-*problem*) untuk memperoleh nilai taksiran dari koefisien regresi kuantil.

2.3 Spatial Autoregressive (SAR)

Hukum awal dalam geografi menyatakan bahwa segala sesuatu berinteraksi satu sama lain, tetapi sesuatu yang berdekatan memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan sesuatu yang terpaut jauh (Tobler, 1970). Model *Spatial Autoregressive* (SAR) merupakan salah satu model spasial ekonometrik yang paling populer. Model SAR dapat mengakomodir adanya ketergantungan spasial yang terjadi pada variabel terikat. Fenomena ketergantungan spasial menunjukkan nilai observasi pada suatu lokasi akan sangat bergantung dengan nilai observasi tetangganya (*neighbour*) yang mengakibatkan terjadi autokorelasi spasial.

Model SAR merupakan kombinasi dari regresi linier dengan lag spasial dari variabel respon. Secara umum Model SAR dapat dituliskan sebagai berikut (Jaya & Andriyana, 2020):

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon; \quad \varepsilon \sim MVN(0, \sigma_\varepsilon^2 I_n) \tag{3}$$

Dimana:

- y : variabel respon
- ρ : koefisien *autoregressive*
- W : *spatial weight matrix*
- β : *intercept* dan koefisien regresi
- X : prediktor
- ε : *error*

III. METODE PENELITIAN

3.1 Data dan Variabel

Pada penelitian ini data diperoleh dari penerbitan Profil Kesehatan Kota Bandung Tahun 2021. Unit observasi yang digunakan yaitu sebanyak 30 kecamatan yang ada di Kota Bandung dengan variabel penelitian yang tercantum dalam Tabel 1:

Tabel 1. Variabel Penelitian

NamaVariabel		Sumber Data
Y	Incident rate kasus tuberkulosis	Publikasi Profil Kesehatan Kota Bandung
X_1	Kepadatan penduduk	
X_2	Sanitasi Layak	
X_3	Rumah sehat	

3.2 Uji Autokorelasi Spasial

Salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan autokorelasi spasial antara lokasi pengamatan adalah Indeks Moran (*Moran's I*). Matriks bobot spasial adalah matriks yang digunakan untuk menghitung Indeks Moran. Matriks ini mengilustrasikan koneksi antar daerah dan diperoleh berdasarkan data perbandingan jarak, persinggungan atau fenomena lain yang relevan. Pada penelitian ini digunakan matriks bobot spasial dengan menggunakan *queen contiguity* dimana kecamatan yang memiliki persinggungan baik sisi maupun sudut dengan kecamatan lain dianggap sebagai kecamatan yang saling bertetangga. Nilai Indeks moran dengan matriks pembobot spasial dapat dituliskan pada persamaan berikut (Jaya & Andriyana, 2020):

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \underline{x})(x_j - \underline{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})^2} \quad (4)$$

Dimana:

n : banyaknya lokasi

\underline{x} : rata-rata dari semua lokasi

x_i : nilai lokasi ke- i

x_j : nilai lokasi ke- j

w_{ij} : elemen matriks bobot spasial antara lokasi i dan j

Indeks moran memiliki rentang nilai dari -1 sampai 1. Jika Indeks Moran berada pada rentang nilai -1 hingga 0 , menandakan adanya autokorelasi spasial yang negatif, sedangkan apabila nilai indeks moran berada pada kisaran 0 hingga 1 , mengindikasikan adanya keterkaitan spasial positif. Jika nilai indeks moran adalah nol, menandakan bahwa tidak ada keterkaitan spasial dalam data tersebut.

Parameter Indeks Moran dapat diuji untuk mengetahui apakah autokorelasi yang terjadi berarti atau tidak. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : I = 0$$

$$H_1 : I \neq 0$$

Dengan statistik uji sebagai berikut:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (5)$$

Dengan $E(I) = -\frac{1}{(n-1)}$ dan $Var(I)$ ditaksir dengan tiga pendekatan yaitu, *monte carlo*, asumsi distribusi normal, dan permutasi.

3.3 Uji Lagrange Multiplier (LM)

Uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan untuk memperoleh informasi apakah terdapat ketergantungan spasial. Terdapat dua jenis uji LM yang telah dikembangkan yaitu ketergantungan spasial dari variabel dependen dan ketergantungan *error* spasial. Statistik uji LM pada ketergantungan spasial (LM-Lag) dari variabel dependen adalah sebagai berikut (Djara & Jaya, 2021):

$$LM_{LAG} = \frac{[(e^T W_A y)/(e^T e/n)]^2}{[(W_A X \hat{\beta})^2 M(W_A X \hat{\beta})/(e^T e/n)] + [tr(W_A^T W_A + W_A^2)]} \sim \chi^2_{(1-\alpha); df=1} \quad (6)$$

Jika skor statistik uji melebihi skor *chi-square* (tolak H_0) maka model yang dibuat adalah model *Spatial Autoregressive* (SAR). Statistik uji LM untuk ketergantungan eror spasial (LM-Error) dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$LM_{ERR} = \frac{[(e^T W_A e)/(e^T e/n)]^2}{tr(W_A^T W_A + W_A^2)} \sim \chi^2_{(1-\alpha); df=1} \quad (7)$$

Jika skor statistik uji melebihi skor *chi-square* (tolak H_0) maka model yang dibuat adalah *Spatial Error Model* (SEM). Sedangkan jika nilai LM-Lag dan LM-Error signifikan keduanya maka dapat dipilih model terbaik dengan melakukan perbandingan *Akaike Information Criterion* (AIC), model dengan nilai AIC lebih kecil merupakan model terbaik.

3.4 Spatial Autoregressive Quantile Regression

Model *Spatial Autoregressive Quantile Regression* (SAR-QR) merupakan model *Spatial Autoregressive* (SAR) yang mengakomodir terjadinya beberapa level kuantil dalam model. Model SAR-QR dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q_\tau(y|X) = \rho_\tau W y + X \beta_\tau \quad (8)$$

Dimana:

y : vektor kolom variabel respon ($n \times 1$)

ρ_τ : koefisien autoregressive spasial lag pada kuartil ke- τ

W : matriks bobot spasial ($n \times n$)

X : matriks dari variabel prediktor ($n \times (k + 1)$)

β_τ : vektor dari koefisien regresi pada kuantil ke- τ ($(k + 1) \times 1$)

n : banyaknya observasi, dimana $i = 1, 2, \dots, n$

Persamaan tersebut mengandung endogenitas sehingga untuk estimasi parameternya menggunakan *quantile objective function* dengan *instrumental variable quantile regression* (IVQR) (Chernozhukov & Hansen, 2006).

IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

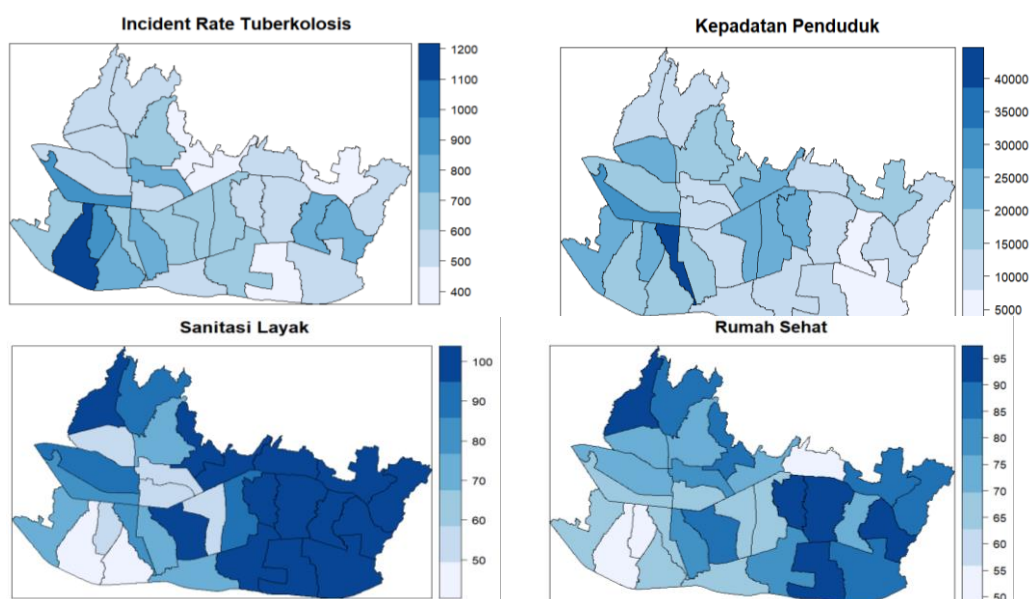
Data mengenai banyaknya kasus tuberkulosis di dapat dari semua sarana pelayanan medis yang beroperasi di daerah Kota Bandung. Angka *Case Notification Rate* (CNR) tuberkulosis di Kota Bandung adalah 346/100.000 penduduk yang berarti terdapat 346 kejadian tuberkulosis yang diobati dan dilaporkan di antara 100.000 populasi di Kota Bandung (Dinkes Bandung, 2022). Adapun hasil statistik deskriptif dari variabel penelitian tercantum dalam Tabel berikut:

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Min	Max	Mean	Median	SD
<i>Incident Rate</i> tuberkulosis (Y)	410,5	1164,7	646,0	609,4	171,4253
Kepadatan Penduduk (X_1)	4396	42073	16409	14225	7771,568
Sanitasi (X_2)	44,18	100,00	82,63	92,04	20,50347
Rumah Sehat (X_3)	51,84	94,42	76,09	74,06	12,19873

Berdasarkan Tabel 2 yang disajikan menunjukkan bahwa rata-rata *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung tahun 2021 adalah 646,0 dengan median sebesar 609,4. *Incident rate* tuberkulosis terendah berada di Kecamatan Cibeunying Kidul yaitu sebesar 410,5 sedangkan *incident rate* tuberkulosis tertinggi berada di Kecamatan Babakan Ciparay yaitu sebesar 1.164,7.

Peta sebaran dari masing-masing variabel penelitian tercantum dalam Gambar 1:



Gambar 1. Peta Sebaran Variabel Penelitian

Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa daerah barat daya Kota Bandung memiliki nilai *incident rate* tuberkulosis yang tinggi, sementara wilayah utaranya memiliki nilai *incident rate* tuberkulosis yang rendah. Demikian halnya dengan kepadatan penduduk dimana penduduk pada area tengah Kota Bandung memiliki kepadatan penduduk yang cukup padat. Untuk sanitasi layak dan persentase rumah sehat cenderung lebih tinggi pada wilayah-wilayah Kota Bandung di bagian timur.

Sebelum melakukan pemodelan dengan menggunakan SAR-QR peneliti terlebih dahulu melakukan pengujian asumsi regresi klasik pada data dan juga pengujian ketergantungan spasial menggunakan Indeks Moran. Hasil pengujian tercantum dalam Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Asumsi Klasik dan Indeks Moran

Statistic test	<i>p-value</i>
Normalitas (Shapiro-Wilk)	0.2781
Nonautokorelasi (Durbin-Watson)	0.6669
Nonmultikolinieritas (VIF)	1.235391 (X1); 1.676275 (X2); 1.899821(X3)
Homoskedastisitas (Breusch-pagan)	0.3219
Indeks Moran	0.001371 (I= 0.29743)

Tabel 3 menunjukkan bahwa semua asumsi dalam regresi linier berganda telah terpenuhi. Hasil nilai Indeks Moran menggunakan matriks bobot spasial berdasarkan *queen contiguity* terhadap jumlah kasus tuberkulosis di Kota Bandung adalah 0.29743 dengan *p-value* lebih kecil dari 0,05 (menolak H_0) yang berarti terdapat autokorelasi spasial positif. Daerah dengan kasus tuberkulosis tinggi berada disekitar daerah dengan jumlah kasus yang tinggi pula, dan daerah dengan kasus tuberkulosis rendah akan berada disekitar daerah yang rendah pula.

Selanjutnya dilakukan uji untuk memilih model spasial melalui uji *Lagrange Multiplier* (LM). Uji LM digunakan untuk mendapatkan ketergantungan spasial secara lebih rinci apakah ketergantungan pada suatu variabel respon (*lag*), ketergantungan pada variabel lain yang tidak diteliti (*error*), atau keduanya (*lag dan error*). Hasil uji LM tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Lagrange Multiplier* (LM)

Model	LM-test	<i>p-value</i>
SAR	LM_{LAG}	0,04647
SEM	LM_{ERR}	0,06158

Dari Tabel 4 terlihat bahwa ketergantungan spasial pada *lag* signifikan sementara ketergantungan spasial pada *error* tidak signifikan jika dilihat dari nilai *p-value* nya. Sehingga, Model SAR akan diaplikasikan pada penelitian ini karena ketergantungan spasial pada *lag* signifikan.

Selanjutnya dilakukan estimasi parameter untuk SAR-QR. Berdasarkan Andriyana (2015), dalam regresi kuantil, dapat menggunakan berbagai tingkat kuantil dimana akan diperoleh garis regresi sesuai dengan jumlah kuantil yang diperlukan. Dalam penelitian ini, akan ditampilkan 5 tingkat kuantil, yaitu 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, dan 0.9. Hasil pemodelan dari masing-masing kuantil tercantum dalam Tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,1

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.92340	0.78840	1.17123	0.24150
Intersep	492.349	168.605	2.92013	0.00349
X_1	4.67602	2.35083	1.98909	0.04669
X_2	-0.44498	1.05877	-0.42028	0.67428
X_3	-3.21396	2.72114	-1.18110	0.23756

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,1 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Kepadatan Penduduk karena nilai *p-value* yang kurang dari *alpha* (0,05). Nilai koefisien regresi menunjukkan bahwa jika semakin tinggi kepadatan penduduk pada suatu wilayah maka *incident rate* kasus tuberkulosisnya akan semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Suryani & Ibad (2022) yang menyatakan bahwa peluang seseorang beresiko terkena tuberkulosis pada hunian padat adalah 4,8 kali lebih besar dibandingkan dengan hunian yang tidak padat. Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,1 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,1} = (X) = 0,9234Wy + 492,349 + 4,67602x_1 - 0,44498x_2 - 3,21396x_3$$

Tabel 6. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,25

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	1.02000	0.33146	3.07729	0.00208
Intersep	747.324	399.494	1.87067	0.06138
X_1	0.21559	0.12447	1.73206	0.08326
X_2	-0.77842	2.64080	-0.29476	0.76817
X_3	-2.83043	2.84222	-0.99585	0.31932

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,25 tidak ada faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis karena nilai *p-value* yang lebih besar dari *alpha* (0,05). Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,25 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,25} = (X) = 1,02Wy + 747,324 + 0,21559x_1 - 0,77842x_2 - 2,83043x_3$$

Tabel 7. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,5

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.63100	0.21848	2.88813	0.00387
Intersep	546.363	1164.46	-0.46919	0.63892
X_1	-0.00101	5.31287	-0.19014	0.84919
X_2	-1.67107	4.76604	-0.35062	0.72587
X_3	-2.29426	1.05944	-2.16554	0.03034

Berdasarkan Tabel 7, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,5 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Rumah Sehat karena nilai *p-value* yang kurang dari alpha (0,05). Hal ini sejalan dengan penelitian Fahreza, Waluyo, & Novitasari (2012) yang menyatakan bahwa kejadian BTA positif lebih banyak terjadi pada rumah tidak sehat dibandingkan dengan pada kondisi rumah sehat. Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,5 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,5} = (X) = 0,631Wy + 546,363 - 0,00101x_1 - 1,67107x_2 - 2,29426x_3$$

Tabel 8. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,75

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.79660	0.95035	0.83821	0.40190
Intersep	781.805	615.033	1.27115	0.20367
X_1	-0.00293	0.00300	-0.97666	0.32873
X_2	-4.83478	2.03877	-2.37142	0.01771
X_3	-1.16505	0.53113	-2.19353	0.02826

Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,75 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Sanitasi dan Rumah Sehat karena nilai *p-value* yang kurang dari alpha (0,05). Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,75 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,75} = (X) = 0,7966Wy + 718,805 - 0,00293x_1 - 4,83478x_2 - 1,16505x_3$$

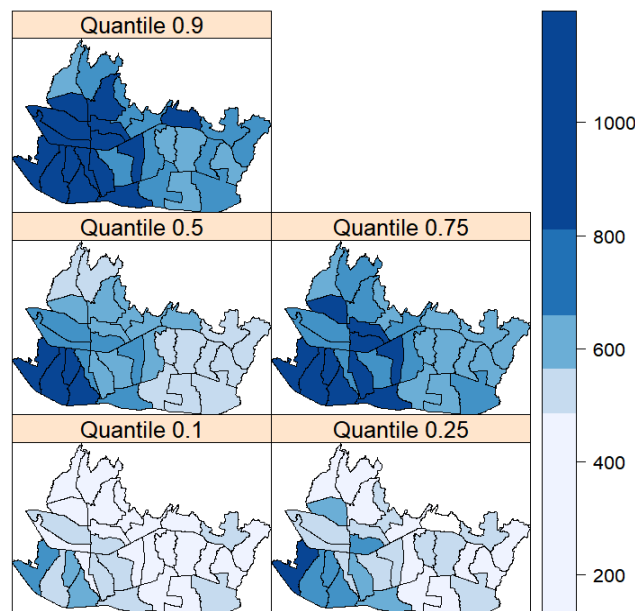
Tabel 9. Hasil Estimasi pada Kuantil 0,9

Variabel	Koef	SE	Z	P-Value
Spasial lag	0.68320	0.18809	3.63230	0.00028
Intersep	1116.28	673.659	1.65704	0.09751
X_1	-3.42250	1.82276	-1.87764	0.06042
X_2	-2.92612	0.82096	-3.56426	0.00036
X_3	-5.85427	1.88092	-3.11245	0.00185

Berdasarkan Tabel 9, dapat diketahui bahwa pada kuantil 0,9 faktor yang signifikan mempengaruhi *incident rate* tuberkulosis adalah variabel Sanitasi dan Rumah Sehat karena nilai *p-value* yang kurang dari alpha (0,05). Model *incident rate* tuberkulosis di Kota Bandung pada kuantil 0,9 adalah sebagai berikut:

$$q_{0,9} = (X) = 0,6832Wy + 1116.28 - 3.42250x_1 - 2.92612x_2 - 5.85427x_3$$

Tabel 5 sampai Tabel 9 memperlihatkan bahwa faktor-faktor yang berdampak penting berbeda pada tiap kuantil yang mengakibatkan model pada tiap kuantil berlainan. Hasil estimasi tingkat kejadian tuberkulosis menggunakan *Spatial Autoregressive Quantile Model* digambarkan dalam peta untuk mengamati pola penyebaran penyakit demam dengue di Kota Bandung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Peta Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue di Kota Bandung

V. KESIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN, DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dan diskusi yang telah didapatkan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pemodelan kasus tuberculosis ditemukan bahwa terdapat autokorelasi positif pada variabel respon dan berdasarkan uji LM diketahui bahwa model SAR merupakan model spasial terbaik yang dapat digunakan. Selain itu untuk mengetahui perbedaan risiko maka dilakukan penggabungan SAR dan QR dalam melakukan pemodelan kasus tuberculosis pada penelitian ini. Koefisien lag spasial signifikan pada kuantil 0,25, 0,5, dan 0,9 yang berarti terdapat autokorelasi spasial kasus tuberculosis pada kuantil 0,25, 0,5, dan 0,9.
2. Hasil estimasi model SAR-QR menunjukkan menunjukkan hasil yang berbeda pada kuantil yang berbeda. Pada kuantil 0,1 variabel kepadatan penduduk dan pada kuantil 0,5 variabel rumah sehat signifikan mempengaruhi dan pada kuantil 0,75 dan 0,9 variabel sanitasi dan rumah sehat yang signifikan mempengaruhi sementara pada kuantil 0,25 tidak ada variabel yang mempengaruhi kasus tuberculosis di Kota Bandung.

Rekomendasi yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah penting untuk melihat apakah terdapat autokorelasi spasial dalam variabel prediktor sehingga dapat menggunakan model yang lebih mutakhir dan perlu untuk menambah variabel prediktor guna untuk mengetahui faktor lain yang berpengaruh terhadap kasus tuberculosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyana, Y. (2015). P-Splines Quantile Regression in Varying Coefficient Models. *Disertasi*.
- Anselin, L. (1988). *Methods and Models. Spasial Econometrics*. . London: Kluwer Academic Publisher.
- Bandung, D. (2022). *Profil Kesehatan Kota Bandung Tahun 2021*. Bandung: Dinas Kesehatan Kota Bandung.
- Chernozhukov, V., & Hansen, C. (2006, June). Instrumental Quantile Regression Inference for Structural and Treatment Effect Models. *Journal of Econometrics*, 132(2), 491-525. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.009>
- Djara, V. A., & Jaya, I. G. (2021). The spatial econometrics of stunting toddlers in Nusa Tenggara Timur Province 2019. *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*. doi:<https://doi.org/10.28919/cmbn/6584>
- Fahreza, E. U., Waluyo, H., & Novitasari, A. (2012). Hubungan antara Kualitas Fisik Rumah dan Kejadian Tuberculosis Paru dengan Basil Tahan Asam positif di Balai Kesehatan Paru Masyarakat Semarabf. *Jurnal Kedokteran Muhammadiyah*, 1(1).
- Fikri, Z., Samudra, W. B., Kurnia, A. D., Masruroh, N. L., & Melizza, N. (2021). Hubungan Status Rumah Sehat Dengan Kejadian Tuberculosis di Wilayah Kecamatan Campurdarat. *Indonesian Health Science Journal*, 1(2).
- Inggarputri, Y. R., Trihandini, I., Novitasari, P. D., & Makful, R. (2023). Spatial analysis of tuberculosis cases diffusion based on population density in Bekasi Regency in based on population density in Bekasi Regency in. *BKM Public Health & Community Medicine*, 39(1), e6462. doi:10.22146/bkm.v39i1.6462
- Jabar, D. (2022). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Barat*. Bandung: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Jaya, I. G., & Andriyana, Y. (2020). *Analisis Data Spasial Perspektif Bayesian*. Sumedang: Alqaprint Jatinangor.
- Koenker, R., & Basset, J. (1978). Regression Quantile. *Econometrica*, 46(1), 33-50.
- Mariana, Novita, E., Pariyana, Haryani, A. M., & Trikurnia, R. (2020). Analysis of Personal Hygiene, Household Sanitation Status of Lungs Tuberculosis Nutrition. *Majalah*

- Kedokteran Sriwijaya*, 52(1).
- RI, K. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2021*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Su, L., & Yang, Z. (2007). *Instrumental Variable Quantile Estimation of Spatial*. Singapore: Singapore Management University, School of Economics.
- Suryani, F. T., & Ibad, M. (2022). Analisis Faktor Kepadatan Penduduk, Cakupan Rumah Sehat, dan Sanitasi Rumah Tangga terhadap Kejadian Tuberkulosis Tahun 2018. *Jurnal Sosial dan Sains*, 2(10), 2774-700X.
- Tobler, W. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in The Detroit. 46, 236-240.
- WHO. (2022). *Global Tuberculosis Report 2022*. Geneva: World Health Organization.
- Widyanto, F. C., & Triwibowo, C. (2013). *Trend Disease*. Jakarta: Trans Info Media.
- Zebua, H. I., & Jaya, I. G. (2022). Spatial Autoregressive Model of Tuberculosis Cases in Central Java Province 2019. *Cauchy: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 7(2), 240-248. doi:10.18860/ca.v7i2.13451