

# ANALISIS SPASIAL DAN REGRESI HUBUNGAN PENDAPATAN PER KAPITA DENGAN KEMATIAN AKIBAT SENJATA API DI WILAYAH CHICAGO

Icha Istiqammah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Epidemiologi, Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran

## ABSTRACT

*Penelitian ini mengeksplorasi hubungan spasial antara kematian akibat senjata api dan pendapatan per kapita di wilayah Chicago. Hasil menunjukkan terdapat autokorelasi spasial secara global berdasarkan nilai Moran's I sebesar 0.58 untuk kematian terkait senjata api dan 0.57 untuk pendapatan per kapita. Pada hasil analisis regresi menggunakan Spatial Lag Model (SLM) Model ini mengungkapkan hubungan negatif signifikan antara pendapatan per kapita dan kematian akibat senjata api ( $\beta = -0.67, p < 0.05$ ), dengan nilai AIC yang lebih rendah di bandingkan dengan model OLS menunjukkan bahwa Spatial Lag Model (SLM) memberikan hasil yang lebih representatif dalam analisis data yang memiliki pola ketergantungan spasial dibandingkan OLS. Kesimpulannya adalah terdapat global autokorelasi spasial pada variabel kematian akibat senjata api dan pendapatan perkapita di wilayah Chicago, analisis Menggunakan Model Spatial Lag menunjukkan hasil yang lebih baik di bandingkan dengan OLS model dengan nilai AIC yang lebih rendah.*

**Kata Kunci:** Kematian akibat senjata api, pendapatan per kapita, Morans I, Spatial Lag Model

## PENDAHULUAN

Amerika Serikat menjadi salah satu negara dengan tingkat tertinggi insiden pembunuhan dengan senjata api dibandingkan dengan negara-negara berpendapatan tinggi lainnya.<sup>1</sup>, kasus kematian akibat senjata api menjadi penyebab kematian akibat cedera terbanyak kedua di kalangan remaja dan dewasa muda.<sup>2</sup> Berbagai factor social seperti tingkat kepercayaan masyarakat terhadap institusi terkait, mobilitas sosial, ketimpangan pendapatan, dan presentasi penduduk miskin memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat pembunuhan senjata api di

Amerika Serikat<sup>3</sup> Chicago merupakan salah satu kota besar di Amerika Serikat dengan tingkat kekerasan senjata api yang tinggi. Meskipun telah ada berbagai upaya untuk mengurangi kekerasan senjata api, Chicago tetap menghadapi tantangan yang signifikan.<sup>3</sup> Studi oleh Lanfear et al., ditemukan bahwa anak-anak dari lingkungan yang kurang beruntung secara ekonomi di Chicago mengalami tingkat kematian akibat senjata api yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara faktor sosial ekonomi dan tingkat kematian akibat senjata api.

Salah satu cara untuk mengkaji hubungan antara variabel respon dan variabel bebas yaitu menggunakan analisis regresi. Dalam analisis regresi asumsi yang harus terpenuhi adalah antar pengamatan saling bebas (independent), sedangkan ada beberapa kasus sangat mungkin dipengaruhi oleh lokasi atau kondisi geografis wilayah pengamatan sehingga jika dianalisis menggunakan regresi maka kesimpulan yang diperoleh kurang tepat.<sup>4</sup> Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kluster spasial kematian akibat senjata api dan pendapatan per kapita, serta untuk menguji hubungan antara keduanya menggunakan analisis regresi spasial.

## **TUJUAN**

1. Mengidentifikasi adanya pengelompokan antara wilayah (cluster) pada kematian akibat senjata api dengan pendapatan perkapita global di wilayah Chicago.
2. Menguji hubungan antara kematian akibat senjata api dengan pendapatan perkapita menggunakan analisis regresi

## **METODE**

### **1. Sumber Data dan Variabel Penelitian**

Data yang digunakan adalah data sekunder dari data health indicator wilayah Chicago tahun 2007 sampai 2011 dengan jumlah observasi sebanyak 77 observasi. Variabel dependen yaitu kematian terkait senjata api per 100.000 orang yang telah disesuaikan dengan usia (*Firearm-related*),

dan variabel independent adalah pendapatan per capita yang telah disesuaikan dengan dolar 2011 (*PerCa\_come*)

## 2. Teknik analisis data

### a. Identifikasi autokorelasi spasial dengan statistic *Global Morans I*

Statistik Morans I digunakan untuk menguji adanya efek spasial secara global. Hipotesis yang digunakan dalam analisis statistik Moran's I adalah sebagai berikut (Anselin, 1988; Lee dan Wong, 2001):

$H_0: I = 0$  (tidak terdapat autokorelasi spasial di antara wilayah)

$H_1: I \neq 0$  (terdapat autokorelasi spasial di antara wilayah)

Nilai Indeks Moran (I) berkisar dari -1 hingga 1, nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat korelasi yang lebih tinggi, sedangkan nilai yang paling rendah menunjukkan bahwa tidak ada interaksi spasial atau autokorelasi sama sekali. Matriks pembobot spasial yang digunakan adalah *Queen Contiguity* (persinggungan sisi-sudut).

### b. Regresi Klasik

Regresi klasik sering disebut regresi linier atau *regresi Ordinary Least Squares* (OLS). Regresi ini dapat menjelaskan hubungan antara variabel dependen dan variabel independen. Penggunaan metode OLS harus memenuhi beberapa asumsi klasik antara lain asumsi normalitas, asumsi homoskedastisitas, asumsi nonmultikolinieritas, dan asumsi non-autokorelasi. Analisis Regresi dan prosedur diagnostiknya dilakukan untuk menentukan metode regresi secara spesifik, menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Luc Anselin pada aplikasi GeoDa dengan nilai  $p < 0,05$ .

### c. Diagnostik regresi

Melakukan pemilihan model spasial yang mengadaptasi pemilihan model spasial menurut Luc Anselin. Tahapan awal dengan melakukan uji *Lagrange Multiplier* (LM) dan *Robust Lagrange Multiplier* (RLM) untuk mengidentifikasi efek spasial pada *lag* dan *error*.

- a) dimulai dengan uji LM-Error dan LM-Lag, jika kedua LM (*Error* dan *Lag*) tidak signifikan, maka menggunakan hasil regresi OLS (*Ordinary Least Squares*)
- b) Jika LM-Error signifikan maka menggunakan *Spatial Error Model* (SEM)
- c) Jika LM-Lag Signifikan, maka menggunakan *Spatial Lag Model* (SLM)
- d) Jika kedua Uji LM (*Error* dan *Lag*) signifikan, maka di lanjutkan dengan uji *Robust* LM (*Error* dan *Lag*)
- e) Jika *Robust* LM-Error signifikan, maka menggunakan *Spatial Error Model* (SEM)
- f) Jika *Robust* LM-Lag signifikan, maka menggunakan *Spatial Lag Model* (SLM)
- g) Jika kedua uji *Robust* signifikan dengan nilai yang hampir sama, pilih model dengan nilai statistik uji yang lebih besar

## HASIL

### 1. Analisis Statistik Deskriptif

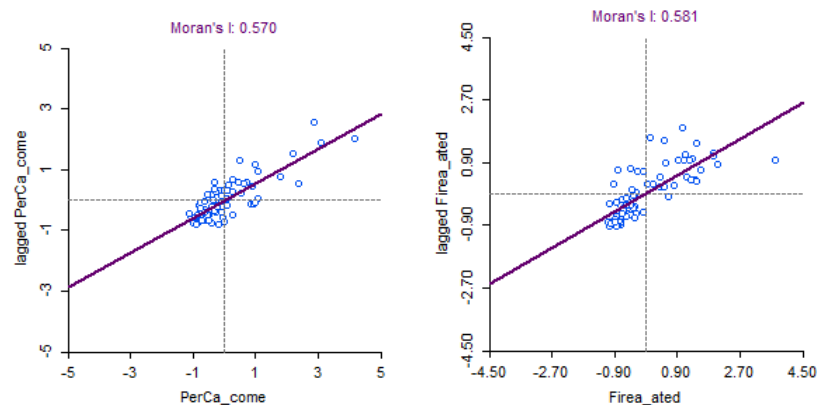
Statistik deskriptif pada variabel yang diukur dalam format tabel berisi distribusi frekuensi, nilai tertinggi dan terendah, nilai rata-rata dan standar deviasi. Hasil analisis deskriptif ditunjukkan pada tabel di bawah:

**Tabel 1. Analisis Statistik Deskriptif**

Variabel	N	Min	Max	Mean	SD
Firea_ated	77	1	70,3	16.73	14.5
PerCa_come	77	8535	87163	25106,7	14952,7

### 2. Analisis Clustering pada variabel kematian akibat senjata api dan pendapatan perkapita menggunakan uji *moran's I*

Berdasarkan Output GeoDa dihasilkan sebaran *Moran's I* pada *scatter plot* di bawah ini



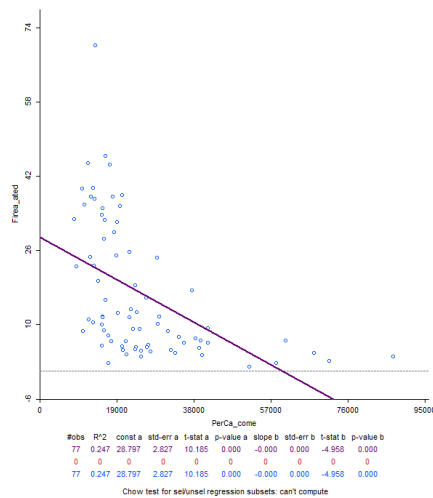
**Gambar 1.** *Moran's I scatter plot* variabel kematian akibat senjata api (Fire\_ated) dan pendapatan perkapita (PerCa\_come)

Nilai *Moran's I* pada kasus kematian akibat senjata api (firea\_ated) adalah 0,58, dan pendapatan percapita adalah 0,57 memiliki nilai di bawah angka 1 yang menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif antara wilayah. Selain itu nilai Moran's I untuk tiap variabel melebihi nilai  $E[1]$  dengan nilai -0,013, yang menunjukkan adanya pola persebaran yang mengelompok (clustered) dimana tiap wilayah berdekatan memiliki karakteristik yang serupa.

### 3. Hubungan antara kematian akibat senjata api dengan pendapatan perkapita

#### a. Scatter Plot

**Scatters plot** digunakan untuk mengetahui hubungan antara kematian akibat senjata api (Firea\_ated) dan pendapatan perkapita (PerCa\_coma).



**Gambar 2. Scatters Plot hubungan antara variabel kematian akibat senjata api (Firea\_ated) dan pendapatan perkapita (PerCa\_come)**

Berdasarkan grafik diatas Scatter plot menunjukkan hubungan negatif antara pendapatan per kapita (*PerCa\_come*) dengan kasus kematian akibat senjata api, dimana ketika pendapatan per kapita meningkat, kasus kematian akibat senjata api menurun.

b. *Ordinary Least Squares (OLS)*

**Tabel 2. Hasil analisis regresi *Ordinary Least Squares (OLS)***

Variabel	Koefisien	Std.Error	t	Signifikansi
Constant	28,79	2,83	10,2	< 0,05
Perca_comma	-0.0005	9.69x10 <sup>-5</sup>	-4,96	<0,05
AIC: 611.09				
R <sup>2</sup> = 0,25				

Koefisien konstanta sebesar 28,79 menunjukkan nilai prediksi dari variabel dependen ketika semua variabel independen bernilai nol. Koefisien untuk variabel Perca\_comma adalah -0,0005, yang menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit dalam variabel Perca\_comma akan mengurangi nilai variabel dependen sebesar 0,0005. R<sup>2</sup> sebesar 0,25 menunjukkan

bahwa 25% variasi dalam variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model

c. Prosedur Diagnostik model OLS

1) Uji normalitas data

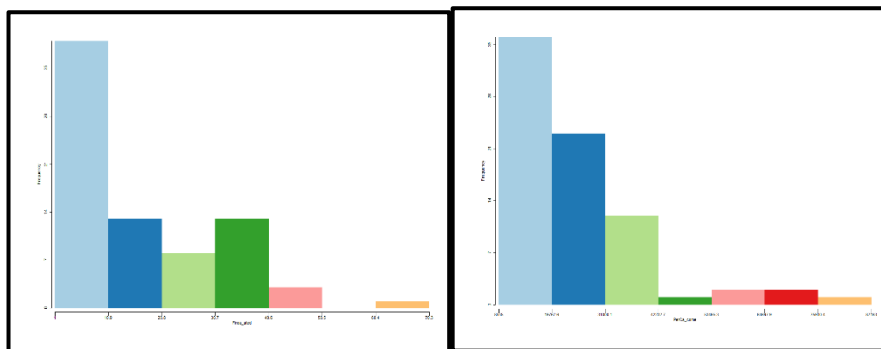
**Tabel 3. Hasil Uji Normalitas**

Uji	Nilai	P-value
<i>Jarque-Bera</i>	2,03	0,00

Berdasarkan tabel diatas, residual tidak berdistribusi normal, sehingga asumsi klasis tidak terpenuhi, selanjutnya di lakukan uji transformasi untuk mengatasi masalah normalitas dan memastikan bahwa asumsi-asumsi untuk analisis regresi dapat terpenuhi.

1) Grafik histogram sebelum transformasi

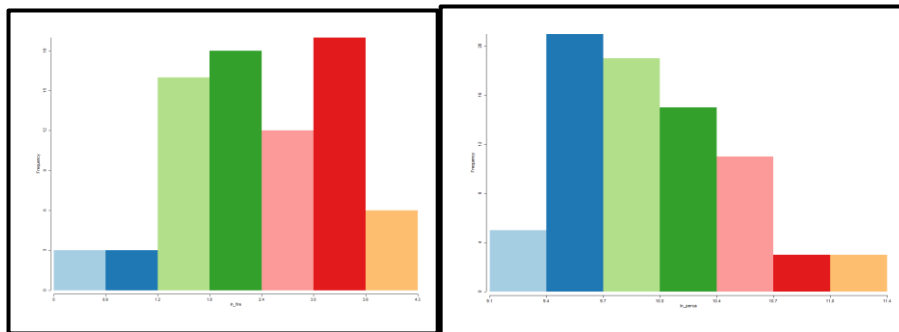
Gambar di bawah ini menunjukkan grafik histogram pola distribusi variabel kematian akibat senjata api dan variabel pendapatan per kapita. Untuk menormalkan data, sebelumnya perlu untuk mengetahui terlebih dahulu bentuk grafik histogram dari data yang ada.



**Gambar 2. Grafik histogram variabel kematian akibat senjata api (firea\_ated) dan pendapatan perkapita (PerCa\_come) sebelum transformasi**

Dari histogram variabel kematian akibat senjata api dan variabel pendapatan per kapita, terlihat bentuk histogram yang terkonsentrasi di bagian kiri pada nilai rendah dan memanjang ke kanan. Menunjukkan data yang tidak terdistribusi normal karena tidak membentuk lonceng terbalik. Selanjutnya dilakukan metode transformasi dengan logaritma menggunakan software geode.

## 2) Grafik histogram setelah transformasi



**Gambar 3. Grafik histogram setelah transformasi**

Dari histogram diatas, dapat disimpulkan data residual berdistribusi normal karena dilihat dari arah histogram yang membentuk lonceng terbalik. Sehingga analisis transformasi berhasil merubah error terdistribusi normal.

## d. Uji Heteroskedastisitas data

Mengukur apabila model regresi terjadi ketidakselarasan varian dari residual satu pengamatan ke yang lainnya, hasil uji heteroskedastisitas ditampilkan dalam tabel berikut ini:

**Tabel 4. Hasil Uji Heteroskedastisitas**

Uji	Nilai	P-value
<i>Breusch-Pagan test</i>	0,723	0,39
<i>Koenker-Bassett test</i>	0,856	0,35



Pada pengujian heterogenitas spasial di peroleh *p-value Breusch-Pagan test* dan *Koenker-Bassett test*  $<0,05$ , sehingga keputusan yang diambil adalah tolak  $H_0$ , hal ini menunjukkan ada keragaman spasial antara wilayah dan uji asumsi klasik pada OLS model terpenuhi.

Berdasarkan algoritma yang dikembangkan oleh Anselin, setelah dijalankan OLS, selanjutnya melakukan diagnostic *Lagrange Multiplier* (LM). Tahapan pertama untuk menentukan model regresi spasial terbaik adalah melakukan pengujian dengan menggunakan uji LM dan RLM untuk mengecek efek spasial pada *lag* serta *error*.

a. Lagrange Multiplier (LM)

Uji Lagrange Multiplier digunakan untuk memilih model regresi spasial yang sesuai. Berdasarkan Output Geoda, diperoleh hasil uji *Lagrange Multiplier* pada *lag* dan *error* dengan  $\alpha = 0.05$  dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

**Tabel 5. Hasil uji *Lagrange Multiplier* (LM)**

Uji	Nilai Statistik	P-value
LM <sub>lag</sub>	43,8	0,00
LM <sub>error</sub>	38,8	0,00

Uji LM *lag* bertujuan untuk mengidentifikasi adanya keterkaitan antar wilayah. Sementara uji LM *error* digunakan untuk mengidentifikasi adanya keterkaitan error antar wilayah. Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa *p-value* LM *lag* dan LM *error* adalah 0.00. Dengan menggunakan  $\alpha = 0,05$  dapat disimpulkan bahwa tolak  $H_0$  pada LM *lag* maupun LM *error*, artinya terdapat efek spasial *error* dan *lag* dalam model sehingga dilanjutkan dengan pengujian *Robust LM*.

a. Robust Lagrange Multiplier (RLM)

**Tabel 6. Hasil Robus Lgrange Multiplier (RLM)**

Uji	Nilai Statistik	P-value
RLM-lag	5,92	0,01
RLM-error	0,92	0,34

Hasil menunjukan RLM-lag memiliki nilai yang signifikan yaitu p-value  $<0,05$  sehingga analisis hubungan antara kematian akibat senjata api dengan pendapatan perkapita dilakukan dengan Spasial *lag* model.

b. Spatial Lag Model (SLM)

**Tabel 7. Hasil analisis Spatial Lag Model (SLM)**

Variabel	Estimasi	Z <sub>value</sub>	P-value
Firea_ated	0,65	7,32	$<0,05$
Konstanta	,57	4,92	$<0,05$
Perca_comma	-0,67	-4,76	$<0,05$
AIC : 134,5			

Koefisien untuk variabel Perca\_comme adalah -0,67, yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan negatif yang signifikan antara variabel ini dengan variabel dependen. Setiap peningkatan satu unit dalam Perca\_comma akan mengurangi nilai variabel dependen sebesar 0,67. AIC yang lebih rendah di bandingkan dengan model OLS menunjukan bahwa Spatial Lag Model (SLM) memberikan hasil yang lebih representatif dalam analisis data yang memiliki pola ketergantungan spasial dibandingkan OLS.

## PEMBAHASAN

### 1. Analisis Clustering pada variabel kematian akibat senjata api dan pendapatan perkapita menggunakan uji *moran's I*

Hasil *Moran's I* menunjukkan adanya pola pengelompokan spasial pada variabel kematian terkait senjata api dan pendapatan per kapita. Pola ini konsisten dengan temuan Lanfear et al. (2023), yang menunjukkan bahwa wilayah dengan

tingkat kekerasan senjata api tinggi sering kali berdekatan secara geografis dengan wilayah serupa. Selain itu, pengelompokan spasial pendapatan per kapita mencerminkan hasil penelitian Kim (2019), yang menemukan bahwa ketimpangan ekonomi cenderung berpusat di wilayah-wilayah tertentu, sehingga memperkuat pola spasial yang teridentifikasi dalam studi ini. Nilai Moran's I sebesar 0.58 untuk kematian akibat senjata api menunjukkan bahwa wilayah dengan angka kematian tinggi cenderung berdekatan satu sama lain. Pola ini sesuai dengan studi yang mengaitkan kekerasan senjata api dengan faktor lingkungan dan sosial-ekonomi setempat (Kim, 2019).

## **2. hubungan antara kematian akibat senjata api dengan pendapatan perkapita**

Hasil scatter plot menunjukkan hubungan yang signifikan secara negatif antara pendapatan per kapita dan tingkat kejadian. Artinya, wilayah dengan pendapatan per kapita yang lebih tinggi cenderung memiliki kasus kematian akibat senjata api yang lebih rendah. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa esenjangan kaya-miskin, tingkat kepercayaan warga terhadap lembaga, peluang ekonomi, dan pengeluaran kesejahteraan publik semuanya terkait dengan tingkat pembunuhan dan jumlah insiden terkait senjata api di AS.<sup>3</sup>

Analisis regresi SLM lebih representatif dalam menjelaskan data yang memiliki pola spasial. Analisis *Spatial Lag Model* menunjukkan hubungan negatif yang signifikan antara pendapatan per kapita dan kematian terkait senjata api. Nilai  $R^2$  yang dihasilkan pada model regresi spasial, seperti *Spatial Lag Model* (SLM), sebenarnya adalah *pseudo-R<sup>2</sup>*. Nilai ini tidak memiliki makna yang sama dengan  $R^2$  dalam model OLS dan tidak dapat digunakan sebagai ukuran utama untuk mengevaluasi kecocokan model. Ukuran kecocokan model yang tepat salah satunya adalah dengan nilai AIC, nilai AIC yang lebih rendah pada SLM dibandingkan dengan model OLS menunjukkan bahwa SLM memberikan kecocokan model yang lebih baik dibandingkan OLS. Sehingga Model spasial lag regresi dapat menangkap efek autokorelasi spasial (pengaruh antara wilayah tetangga) yang tidak dapat dijelaskan oleh OLS.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. data yang digunakan adalah data pada tahun 2007 dan 2011, sehingga tidak dapat mencerminkan kondisi terkini
- b. Penelitian ini hanya menguji satu variabel dependen, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti tingkat kepercayaan masyarakat terhadap institusi atau akses terhadap senjata api dalam analisis..

## KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil Moran's I, Terdapat global autokorelasi Spasial positif pada variabel kematian akibat senjata api, dan pendapatan percapita dengan nilai Moran's I untuk tiap variabel melebihi nilai E[1] dengan nilai -0,013, yang menunjukkan adanya pola persebaran yang mengelompok (clustered) dimana tiap wilayah berdekatan memiliki karakteristik yang serupa
2. Terdapat hubungan signifikan negative antara pendapatan perkapita dengan kematian akibat senjata api, Berdasarkan uji regresi menggunakan spasial lag model, di dapatkan hasil bahwa Setiap peningkatan satu unit dalam Perca\_comma akan mengurangi nilai variabel dependen sebesar 0,67. Nilai AIC yang lebih rendah pada Spasial Lag Model (SLM) menunjukkan model yang lebih baik dalam menjelaskan data di bandingkan dengan model OLS.

## REFERENSI

1. Lanfear CC, Bucci R, Kirk DS, Sampson RJ. Inequalities in Exposure to Firearm Violence by Race, Sex, and Birth Cohort From Childhood to Age 40 Years, 1995-2021. *JAMA Netw Open*. 2023;6(5):e2312465. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.12465
2. Fowler KA, Dahlberg LL, Haileyesus T, Annett JL. Firearm injuries in the United States. *Prev Med (Baltim)*. 2015;79:5-14.

3. Kim D. Social determinants of health in relation to firearm-related homicides in the United States: A nationwide multilevel cross-sectional study. *PLoS Med.* 2019;16(12):e1002978. doi:10.1371/journal.pmed.1002978
4. Pratiwi LPS. Spatial Autoregressive Model (SAR) dalam Kasus Kejadian Diare di Provinsi Bali. *SAINTIFIK.* 2023;9(2):248-254. doi:10.31605/saintifik.v9i2.428