



Calculation of the Risk Index for Diarrhea, ISPA, and Pneumonia in Toddlers in the City of Bandung Using Geographically Weighted Principal Component Analysis

Azka Larissa Rahayu^{1*}, Gumgum Darmawan², I Gede Nyoman Mindra Jaya³
Universitas Padjadjaran

Corresponding Author: Azka Larissa Rahayu azkarissar@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Toddler Infectious Diseases, Multivariate, Correlation, Spatial Dependency, GWPCA

Received : 21 February

Revised : 23 March

Accepted: 25 April

©2023 Rahayu, Darmawan, Jaya:
This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Diarrhea, ISPA, and pneumonia are infectious diseases that are prone to occur in toddlers. The management of these three diseases is included in the Republic of Indonesia Ministry of Health's National Priorities for 2020-2024. One area that has a high risk of diarrhea, ARI, and pneumonia in toddlers is the city of Bandung. Effective and efficient disease control is needed, namely by controlling the three diseases simultaneously which can be emphasized on improving environmental quality, especially in areas with high disease risk. The analysis found that there is a spatial dependence on each variable and each variable is correlated with one another. Therefore, in this study used Geographically Weighted Principal Component Analysis (GWPCA). Calculation of the risk index and mapping with GWPCA produces a combined risk index of the three observed diseases by considering the spatial dependence of the data.

Perhitungan Indeks Risiko Penyakit Diare, ISPA, dan Pneumonia pada Balita di Kota Bandung Menggunakan *Geographically Weighted Principal Component Analysis*

Azka Larissa Rahayu^{1*}, Gungum Darmawan², I Gede Nyoman Mindra Jaya³
Universitas Padjadjaran

Corresponding Author: Azka Larissa Rahayu azkarissar@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Penyakit Menular Balita, Multivariat, Korelasi, Dependensi Spasial, GWPCA

Received : 21 Februari

Revised : 23 Maret

Accepted: 25 April

©2023 Rahayu, Darmawan, Jaya:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Diare, ISPA, dan pneumonia merupakan penyakit menular yang rawan terjadi pada balita. Penanganan ketiga penyakit tersebut masuk dalam Prioritas Nasional Kementerian Kesehatan RI Tahun 2020-2024. Salah satu daerah yang memiliki risiko tinggi diare, ISPA, dan pneumonia pada balita adalah Kota Bandung. Pengendalian penyakit yang efektif dan efisien sangat diperlukan, yaitu dengan pengendalian ketiga penyakit tersebut secara bersamaan yang dapat ditekankan pada peningkatan kualitas lingkungan terutama pada daerah yang memiliki risiko penyakit tinggi. Pada analisis ditemukan adanya ketergantungan spasial pada masing-masing variabel dan setiap variabel saling berkorelasi satu sama lain. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan *Geographically Weighted Principal Component Analysis* (GWPCA). Perhitungan indeks risiko dan pemetaan dengan GWPCA menghasilkan indeks risiko gabungan dari tiga penyakit yang diamati dengan mempertimbangkan ketergantungan spasial data.

PENDAHULUAN

Penyakit menular merupakan salah satu masalah kesehatan global karena dapat berdampak luas ke berbagai aspek kehidupan mulai dari kesehatan, sosial, dan ekonomi (Dinkes Kota Bandung, 2021). Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Bandung tahun 2021, diare dan ISPA merupakan penyakit menular memiliki angka kejadian tertinggi di Kota Bandung. ISPA yang berlarut-larut akan berlanjut menjadi pneumonia (Sundari, 2014). WHO (2022) menyatakan bahwa 14% kematian pada balita disebabkan oleh pneumonia yang membuat penyakit tersebut menjadi penyakit penyebab kematian tertinggi pada balita. Lalu disusul dengan diare yang merupakan penyebab kematian tertinggi kedua pada balita dimana terdapat 525.000 kematian balita akibat diare setiap tahunnya (WHO, 2017).

Pada tahun 2019, kasus kejadian diare pada balita di Kota Bandung mencapai angka 17.554, yaitu 8,93% dari total balita di Kota Bandung. Di tahun yang sama tercatat 54.611 (92%) balita mengalami ISPA, sedangkan jumlah pneumonia pada balita di Kota Bandung mencapai 8.843 kasus, yaitu 4,49% dari total balita di Kota Bandung. Anak dengan usia di bawah lima tahun atau balita merupakan masa *golden age* dimana pertumbuhan anak dapat berkembang dengan pesat (Dinkes Nusa Tenggara Barat, 2021). Kondisi kesehatan anak perlu dijaga untuk mendukung perkembangan anak. Oleh karena itu, pencegahan dan pengendalian penyakit menular di Kota Bandung harus dilakukan secara efektif dan efisien.

Pengendalian penyakit yang tidak efektif akan menghasilkan anggaran yang membengkak. Berdasarkan data Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) yang dialokasikan pemerintah untuk Program Pencegahan dan Pengendalian Penyakit di Jawa Barat pada tahun 2020 yaitu sebesar Rp1.076.232.487 (Dinkes Provinsi Jawa Barat, 2021). Dalam rinciannya, angka tersebut mencakup pencegahan dan pengendalian DBD, HIV AIDS dan IMS, kesehatan jiwa, hepatitis, *tuberculosis*, penyakit tidak menular, penyakit zoonosis, penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi (PD3I), filiaris dan kecacingan, kusta, malaria, serta ISPA. Tidak ada anggaran khusus yang dialokasikan untuk pencegahan dan pengendalian diare dan ISPA. Maka intervensi pada sumber penyakit serta faktor risiko penularan diare, ISPA, dan pneumonia pada balita perlu dilakukan secara simultan dibandingkan secara parsial, sehingga dapat menekan biaya penanganan berbagai penyakit yang ada, khususnya dalam hal ini diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di Kota Bandung.

Untuk melakukan pengendalian penyakit yang tepat sasaran, perlu dilakukan identifikasi wilayah yang memiliki risiko penyakit yang tinggi melalui perhitungan indeks risiko gabungan penyakit diare, ISPA, dan pneumonia. Analisis Komponen Utama atau *Principal Component Analysis* (PCA) dapat dilakukan untuk menghitung indeks risiko bersama dari ketiga penyakit. Namun karena diare, ISPA, dan pneumonia merupakan penyakit menular, maka diyakini memiliki dependensi spasial pada setiap lokasi yang diamati. Oleh karena itu, digunakan *metode Geographically Weighted Principal Component Analysis* (GWPCA), sehingga dapat menghitung indeks kerentanan ketiga penyakit yaitu diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di Kota Bandung pada masing-

masing kecamatan di Kota Bandung dengan memperhatikan adanya perbedaan karakteristik dari setiap wilayah dan dependensi spasialnya

TINJAUAN PUSTAKA

Penyakit Menular

1. Diare

Diare merupakan kondisi dimana penderita mengalami buang air besar dengan frekuensi yang lebih banyak dari biasanya, dimana tinja memiliki kandungan air berlebih (WHO, 2017). Penyebaran diare terjadi melalui infeksi seperti bakteri, virus, dan parasit yang dapat ditularkan melalui air dan makanan yang tercemar, tangan yang kotor, atau kontak langsung dengan tinja penderita (Irwan, 2017). Diare pada balita dapat dicegah dengan pemberian ASI eksklusif, pemberian makanan yang bersih dan bergizi, pemakaian air bersih, dan menjaga kebersihan perorangan, serta dapat diobati dengan pemberian cairan elektrolit untuk mencegah dehidrasi dan obat-obatan yang dapat mengurangi peradangan dan menstabilkan tinja (Irwan, 2017).

2. ISPA

ISPA merupakan infeksi saluran pernafasan akut yang menyerang bagian dari saluran napas mulai dari saluran atas (hidung) hingga saluran bawah (alveoli), termasuk jaringan adneksanya, seperti sinus, rongga telinga tengah, dan pleura. ISPA dapat disebabkan oleh bakteri, virus, atau rikestia. Untuk mencegah terjadinya ISPA, langkah preventif yang dapat dilakukan diantaranya menjaga asupan gizi, imunisasi, pemberian ASI eksklusif, menjaga kebersihan lingkungan, dan menghindari kontak dengan penderita ISPA (Dinkes Kota Surabaya, 2013; Rahman & Nur, 2015).

4. Pneumonia

Pneumonia atau yang dikenal juga sebagai radang paru-paru merupakan infeksi saluran pernafasan akut yang disebabkan oleh berbagai mikroorganisme seperti kuman, bakteri, jamur, ataupun virus (Dinkes Kota Bandung, 2021). Ketika seseorang menderita pneumonia, alveoli dipenuhi cairan atau nanah yang membuat pernafasan terasa menyakitkan dan asupan oksigen menjadi terbatas (WHO, 2022). Gejala yang timbul akibat pneumonia diantaranya demam, batuk, kesulitan bernafas, dan menggigil. Pneumonia dapat dicegah dan diobati dengan melakukan imunisasi, menjaga kebersihan diri dan lingkungan, serta pemberian ASI eksklusif pada bayi (Fikri, 2016).

a. *Standardized Incidence Ratio (SIR)*

Dalam mengevaluasi suatu kasus penyakit, ukuran statistik yang umumnya digunakan untuk menjelaskan risiko relatif suatu penyakit yaitu *standardized incidence ratio* (SIR). SIR merupakan rasio sederhana antara angka kejadian suatu penyakit di suatu lokasi dengan nilai harapan terjadinya penyakit pada lokasi tersebut (Jaya & Andriyana, 2020). Nilai SIR dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$SIR_{ik} = \frac{X_{ik}}{E_{ik}} \quad (1)$$

dimana

$$E_{ik} = N_{ik} \times \frac{\sum_i^n x_{ik}}{\sum_i^n N_{ik}} \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K$

SIR_{ik} : *standardized incidence ratio* penyakit ke- k di lokasi ke- i

x_{ik} : angka kasus penyakit ke- k di lokasi ke- i yang diamati

E_{ik} : angka kasus penyakit ke- k di lokasi ke- i yang diharapkan

N_i : populasi di lokasi ke- i

Nilai SIR dapat digunakan sebagai indikasi awal apakah suatu penyakit yang diamati di wilayah geografis tertentu cenderung lebih tinggi atau lebih rendah dari yang diharapkan. SIR 1,5 ditafsirkan sebagai 50% lebih banyak kasus daripada jumlah yang diharapkan; SIR 0,9 menunjukkan 10% lebih sedikit kasus dari yang diharapkan. Pada penelitian ini, seluruh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data yang diolah menjadi nilai SIR yang dinotasikan dengan Y .

b. Pengujian Asumsi

Dalam melakukan analisis dengan GWPCA, asumsi yang harus dipenuhi diantaranya adanya normalitas multivariat, adanya korelasi antar variabel, adanya dependensi spasial (Mas'ad, 2016).

i. Uji Asumsi Normalitas

Uji normalitas multivariat dilakukan untuk melihat apakah data berdistribusi normal sebagai uji prasyarat multivariat. Pengujian secara inferensial dapat dilakukan menggunakan berbagai macam metode, salah satunya yaitu Shapiro-Wilk. Tahapan pengujian Shapiro-Wilk diuraikan sebagai berikut:

a) Hipotesis

$H_0: f(y_1, y_2, \dots, y_k) \sim MVN(\mu, \Sigma)$ follow a mengikuti distribusi normal multivariat

$H_1: f(y_1, y_2, \dots, y_k) \not\sim MVN(\mu, \Sigma)$ tidak mengikuti distribusi normal multivariat

b) Statistik Uji

Statistik uji dinyatakan pada persamaan berikut (Villasenor & Estrada, 2009):

$$S^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K S_{Z_k} \quad (3)$$

dimana K menyatakan banyaknya variabel dan S_{Z_k} merupakan statistik Shapiro-Wilk pada koordinat ke- k dari nilai SIR terstandarisasi $(z_{1k}, z_{2k}, \dots, z_{nk})$ dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{Z_k} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n b_i z_{k(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (z_{k_i} - \bar{z})^2} \quad (4)$$

$$k = 1, 2, \dots, K; i = 1, 2, \dots, n$$

dimana

$$z_{k_i} = z_{ik} = (z_{1k}, \dots, z_{nk})' = \frac{y_{ik} - \bar{y}_k}{s_k}$$

$$b_i = (b_1, \dots, b_n)' = \frac{m'V^{-1}}{(m'V^{-1}V^{-1}m)^{1/2}}$$

$$m' = E[z]; V = cov(z)$$

- c) Kriteria Uji
 H_0 ditolak jika nilai p-value $\leq a < c_{\alpha;n;K}$ dengan c merupakan nilai kuantil statistik Shapiro-Wilk, terima dalam hal lainnya.

ii. Uji Korelasi Antar Variabel

Uji korelasi antar variabel dilakukan untuk melihat adanya hubungan yang signifikan antar variabel. Pengujian secara formal dapat dilakukan dengan uji Bartlett Sphericity untuk menguji adanya korelasi antar variabel dengan uji asumsi sebagai berikut:

- a) Hipotesis
 $H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}_K$ (tidak ada korelasi antar variabel)
 $H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}_K$ (terdapat korelasi minimal antar dua pasang variabel)
- b) Statistik Uji

$$\chi^2 = - \left\{ n - 1 - \frac{2K + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (5)$$

dimana

- n : banyak observasi
 K : banyak penyakit yang diteliti
 $|\mathbf{R}|$: determinan dari matriks korelasi

- c) Kriteria Uji
 H_0 ditolak jika nilai p-value $\leq \alpha$ atau $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha; (K(K-1))/2}$ dimana α adalah taraf signifikansi, K adalah banyak penyakit yang diteliti, dan $\chi^2_{\alpha; (K(K-1))/2}$ adalah kuantil ke- $\alpha; (K(K-1))/2$ pada distribusi chi-square.

iii. Uji Dependensi Spasial

Autokorelasi spasial dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya ketergantungan spasial kejadian penyakit pada dua lokasi yang berdekatan. Ukuran yang umumnya digunakan untuk melakukan uji dependensi spasial yaitu Moran's I atau Indeks Moran dengan hipotesis sebagai berikut:

- a) Hipotesis
 $H_0 : I_k = I_0$ (tidak ada dependensi spasial antar lokasi pengamatan)
 $H_1 : I_k \neq I_0$ (terdapat dependensi spasial antar lokasi pengamatan)
 dengan $I_0 = E(I)$
- b) Statistik Uji

$$Z(I_k) = \frac{I_k - E(I_k)}{\sqrt{var(I_k)}} \sim N(0,1) \quad (6)$$

dimana

$$I_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_{ik} - \bar{y}_k)(y_{jk} - \bar{y}_k)}{\sum_{i=1}^n (y_{ik} - \bar{y}_k)^2}$$

$$E(I_k) = -\frac{1}{n-1}$$

$$var(I_k) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^2}{(n^2 - 1) S_0^2} - [E(I_k)]^2$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}; S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j}^n (w_{ij} + w_{ji})^2; S_2 = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n w_{ij} + w_{ji})^2$$

dengan

y_i : nilai SIR pada lokasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$)

y_j : nilai SIR pada lokasi ke- j ($j = 1, 2, \dots, n$)

\bar{y} : rata-rata nilai SIR

w_{ij} : matriks pembobot spasial terstandarisasi antara lokasi ke- i dan lokasi ke- j

I_k : Moran's I variabel ke- k

$var(I_k)$: varians Moran's I variabel ke- k

$E(I_k)$: nilai harapan Moran's I variabel ke- k

c) Kriteria Uji

H_0 ditolak jika $|Z(I_k)| \geq Z_{1-\alpha}$ dengan $Z(I_k)$ merupakan nilai baku dari Moran's I untuk variabel ke- k , α merupakan taraf signifikansi, dan $Z_{1-\alpha}$ merupakan kuantil ke- $(1 - \alpha)$ dari distribusi normal standar.

c. **Geographically Weighted Principal Component Analysis**

Geographically Weighted Principal Component Analysis (GWPCA) merupakan perluasan dari *Principal Component Analysis* (PCA) standar yang dapat menjelaskan efek spasial (lokal) pada data dengan struktur multivariat. GWPCA akan menghitung komponen utama pada setiap lokasi pengamatan dengan *output* K komponen, K eigenvalue, K komponen *loadings*, dan K komponen *scores* untuk analisis dengan variable sebanyak K , sehingga dapat menilai seberapa efektif dimensi data bervariasi secara spasial dan bagaimana variabel asli mempengaruhi setiap komponen lokal (Harris *et al.*, 2011).

Pada analisis menggunakan GWPCA, struktur dependensi dinyatakan dalam matriks bobot yang disusun oleh tiga elemen, yaitu ukuran jarak, fungsi jarak, dan *bandwidth* (Gollini *et al.*, 2013).

Pembobotan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam metode, salah satunya dengan fungsi kernel. Pada penelitian ini digunakan fungsi kernel *Gaussian* dengan *bandwidth fixed* dengan formulasi sebagai berikut:

$$w_{ij} = \begin{cases} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right), & \text{jika } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{jika } d_{ij} > h \end{cases} \quad (7)$$

dimana w_{ij} merupakan nilai dari fungsi kernel yang mengindikasikan bobot tiap titik data dengan lokasi ke- i , h merupakan *bandwidth* dan d_{ij} adalah jarak Euclidian antar lokasi i dan lokasi j yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut::

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (8)$$

u_i : koordinat UTM dari *latitude* pada lokasi ke- i

v_i : koordinat UTM *longitude* pada lokasi ke- i

Parameter pada fungsi kernel disebut *bandwidth*. *Bandwidth* adalah ukuran jarak fungsi pembobot dan sejauh mana pengaruh suatu lokasi terhadap lokasi lain (Mas'ad,

2016). Nilai *bandwith* yang optimum dapat diperoleh dengan meminimumkan persamaan berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K (z_{ik} - \hat{z}_{\neq ik}(h))^2 \quad (9)$$

Fungsi pembobot kernel yang diperoleh melalui persamaan (8) disusun ke dalam bentuk matriks, sehingga matriks pembobot pada lokasi pengamatan ke-*j* yang terletak pada koordinat (u_i, v_i) dengan dimensi $n \times n$ berbentuk (Gollini *et al.*, 2013):

$$\mathbf{W}_j(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & w_{ij} \end{bmatrix}$$

Variabel pengamatan \mathbf{Y} yang diamati pada lokasi spasial *i* dengan koordinat (u, v) dapat dituliskan dengan $Z(u_i, v_i)$. Jika variabel \mathbf{Y}_k yang diamati pada lokasi spasial *i* diasumsikan memiliki distribusi normal multivariat dengan vektor rata-rata $\boldsymbol{\mu}$ dan matriks varian-kovarian $\boldsymbol{\Sigma}$, maka secara matematis dapat dituliskan sebagai $\mathbf{Y}_i | (u_i, v_i) \sim N(\boldsymbol{\mu}(u_i, v_i), \boldsymbol{\Sigma}(u_i, v_i))$ (Harris *et al.*, 2011).

Untuk memperoleh komponen utama lokal atau GW *principal component* (GWPC), dilakukan dekomposisi matriks varian-kovarian atau matriks korelasi menjadi *eigenvalue* dan *eigenvector* (Johnson & Wichern, 2007). Pada penelitian ini, perhitungan *principal component* dalam GWPCA menggunakan matriks korelasi dengan tujuan nilai *eigenvector* dapat dimaknai sebagai faktor *loading* yang bernilai antara -1 hingga 1.

Pada dasarnya, matriks korelasi merupakan bentuk standar dari matriks varians-kovarians. Oleh karena itu, untuk menggunakan matriks korelasi sebagai *input* dalam PCA perlu dilakukan standarisasi data, yaitu dengan formulasi sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2007):

$$z_{ik} = \frac{y_{ik} - \bar{y}_k}{s_k} \quad (10)$$

dengan

- z_{ik} : nilai baku/standar dari SIR ke-*k* pada lokasi ke-*i*
- y_{ik} : SIR ke-*k* pada lokasi ke-*i*
- \bar{y}_k : rata-rata pengamatan variabel ke-*k*
- s_k : standar deviasi variabel ke-*k*s

Elemen matriks korelasi pada lokasi ke-*i* diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{R}(u_i, v_i) = \mathbf{Z}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{Z} \quad (11)$$

dimana

- \mathbf{Z} : nilai SIR terstandarisasi untuk variabel ke-*k* pada lokasi ke-*i*
- $\mathbf{W}(u_i, v_i)$: matriks diagonal dari matriks pembobot pada lokasi ke-*i*
- $\mathbf{R}(u_i, v_i)$: elemen matriks korelasi pada lokasi ke-*i*

Matriks korelasi pada lokasi ke-*i* didekomposisi atau diuraikan dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{L}(u_i, v_i) \mathbf{V}(u_i, v_i) \mathbf{L}(u_i, v_i)^T = \mathbf{R}(u_i, v_i) \quad (12)$$

dimana $V(u_i, v_i)$ merupakan matriks diagonal dari *eigenvalue* pada lokasi ke- i (λ_k) yang merepresentasikan varians dari komponen utama, $L(u_i, v_i)$ pada lokasi ke- i merupakan matriks dari *eigenvector* yang merepresentasikan komponen/*loadings* dari masing-masing variabel pada komponen utama dengan $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{KK}$ sebagai elemen matriksnya. Elemen-elemen tersebut dikombinasikan secara linier seperti pada persamaan berikut (Johnson & Wichern, 2007):

$$PC_k = \mathbf{a}'_k \mathbf{Z} = a_{k1}Z_1 + a_{k2}Z_2 + \dots + a_{kK}Z_K \quad (13)$$

dengan varians masing-masing komponen utama adalah $Var(PC_k) = \mathbf{a}_k \Sigma \mathbf{a}'_k = \lambda_k$ dan λ_k merupakan *eigenvalue* dari komponen utama ke- k ($k = 1, 2, \dots, K$). Sementara, varians total komponen-komponen yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^K Var(PC_k) = \sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{KK} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{KK} \quad (14)$$

Komponen yang diekstraksi dari PCA ini dapat diinterpretasikan sebagai variabel baru atau indeks yang katakteristik statistiknya mewakili variabel aslinya (Jeffers, 1967; Harris *et al.*, 2011). Penentuan banyaknya komponen utama dilakukan dengan melihat proporsi kumulatif varians dimana komponen utama mampu menerangkan minimal 70% total varians data. Namun, pada penelitian ini hanya digunakan 1 komponen utama karena akan membentuk 1 *image* yaitu berupa peta sebaran indeks risiko. Komponen utama yang digunakan yaitu komponen utama yang memuat varians data terbesar yaitu komponen utama pertama (PC_1).

METODOLOGI

1. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Bandung, Portal Data Kota Bandung, dan Profil Kesehatan Kota Bandung yang diakumulasikan dari tahun 2017 hingga tahun 2021. Unit penelitian yang digunakan adalah 30 kecamatan di Kota Bandung meliputi data angka kasus diare, ISPA, dan pneumonia pada balita serta jumlah balita di setiap kecamatan di Kota Bandung.



Gambar 1. Peta Kota Bandung

Daftar nama kecamatan yang sesuai dengan penomoran pada Gambar 3.1 disajikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kecamatan di Kota Bandung

No	Nama Kecamatan	No	Nama Kecamatan	No	Nama Kecamatan
1	Andir	11	Bojongloa Kidul	21	Kiaracondong
2	Antapani	12	Buah Batu	22	Lengkong
3	Arcamanik	13	Cibeunying Kaler	23	Mandalajati
4	Astana Anyar	14	Cibeunying Kidul	24	Panyileukan
5	Babakan Ciparay	15	Cibiru	25	Rancasari
6	Bandung Kidul	16	Cicendo	26	Regol
7	Bandung Kulon	17	Cidadap	27	Sukajadi
8	Bandung Wetan	18	Cinambo	28	Sukasari
9	Batununggal	19	Coblong	29	Sumur Bandung
10	Bojongloa Kaler	20	Gedebage	30	Ujung Berung

2. Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dilakukan sebagai berikut:

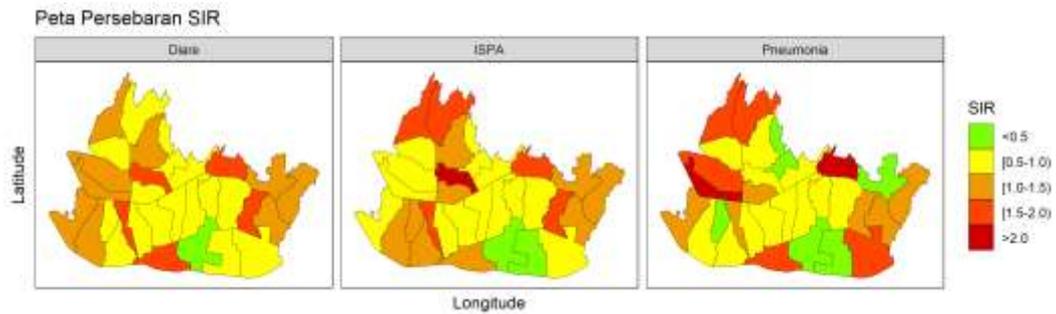
1. Menghitung *standardized incidence ratio* (SIR) untuk setiap penyakit di masing-masing lokasi pengamatan.
2. Melakukan pemetaan awal untuk memperoleh gambaran dan informasi mengenai variabel yang diamati.
3. Melakukan uji asumsi analisis *Geographically Weighted Principal Component Analysis* (GWPCA) meliputi:
 - a. Uji distribusi normal multivariat dengan uji *Shapiro-Wilk* menggunakan *package mShapiroTest* pada *software R*.
 - b. Uji korelasi antar variabel bebas dengan *Bartlett Test of Sphericity* menggunakan *package psych* pada *software R*.
 - c. Uji dependensi spasial dengan uji Moran's I menggunakan *package lctools* pada *software R*.
4. Melakukan analisis GWPCA menggunakan *package GWmodel* pada *software R* yang terdiri dari:
 - a. Standarisasi data
 - b. Menghitung matriks pembobot spasial untuk setiap.
 - c. Menghitung matriks korelasi.
 - d. Menghitung koefisien/*loading* GWPCA dari matriks korelasi.
 - e. Menentukan komponen utama yang digunakan untuk mewakili data asli dengan kriteria variansi yang dijelaskan adalah minimal 70%
 - f. Memperoleh indeks risiko yang disimpan dalam skor komponen GWPCA.
5. Membuat visualisasi peta variasi spasial dari indeks risiko menggunakan *package ggplot* dan *GWmodel* pada *software R*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemetaan Awal

Untuk melihat pola sebaran masing-masing penyakit, yaitu diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di Kota Bandung, dilakukan perhitungan SIR untuk

masing-masing penyakit di setiap kecamatan dengan persamaan (1). Selanjutnya angka tersebut dipetakan sebagaimana pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Peta Persebaran SIR Penyakit Diare, ISPA, dan Pneumonia pada Balita di Kota Bandung

Gambar 2 menunjukkan adanya kemiripan pola sebaran penyakit diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di Kota Bandung yang mengindikasikan adanya korelasi antar penyakit satu dengan lainnya. Adapun dilihat dari koefisien korelasinya ketiga penyakit tersebut saling berkorelasi satu sama lain dimana korelasi antar diare dengan ISPA, diare dengan pneumonia, dan ISPA dengan pneumonia berturut-turut yaitu 0,843, 0,557, dan 0,342. Oleh karena itu, pengendalian ketiga penyakit tersebut dapat dilakukan secara simultan.

Adapun pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa peta sebaran SIR dari ketiga penyakit membentuk kluster. Hal tersebut diyakini karena diare, ISPA, dan pneumonia merupakan penyakit menular, sehingga penularan penyakit akan lebih mudah tersebar di lokasi yang berdekatan.

2. Pengujian Asumsi

i. Uji Normalitas Multivariat

Adanya normalitas multivariat dapat diketahui dengan melakukan pengujian secara formal menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: f(y_1, y_2, \dots, y_k) \sim MVN(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ mengikuti distribusi normal multivariat

$H_1: f(y_1, y_2, \dots, y_k) \not\sim MVN(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ tidak mengikuti distribusi normal multivariat

Dengan persamaan (3) diperoleh hasil pengujian seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Shapiro-Wilk

S^*	$p\text{-value}$	Kesimpulan
0,935	0,012	H_0 ditolak

H_0 ditolak jika $p\text{-value} \leq \alpha$ atau $S^* < c_{\alpha;n,K}$. Tabel 2 menunjukkan bahwa $p\text{-value}$ (0,012) \leq dari α (0,05), sehingga pada taraf signifikansi 5% dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat normalitas multivariat. Walaupun nilai $p\text{-value}$ kurang dari 0,05, namun dalam penelitian ini ketidaknormalan data masih dapat ditoleransi karena ada sifat ajeg dari distribusi normal dimana pelanggaran yang tidak terlampaui serius terhadap ketidaknormalan masih dapat diterima, yaitu apabila digunakan α lebih kecil (misalnya 0,01) masih dapat diperoleh

kesimpulan bahwa data mengikuti distribusi normal (Sukestiyarno & Agoestanto, 2017).

ii. Uji Korelasi Antar Variabel

Adanya korelasi antar variabel dapat diketahui dengan melakukan pengujian secara formal menggunakan uji *Bartlett Test of Sphericity* dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: R = I_K$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1: R \neq I_K$ (terdapat korelasi minimal antar dua pasang variabel)

Dengan persamaan (4) diperoleh hasil pengujian seperti pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Bartlett Sphericity

χ^2	$\chi^2_{0,05;3}$	<i>p-value</i>	Kesimpulan
46,190	7,815	$5,168 \times 10^{-10}$	H ₀ ditolak

H₀ ditolak jika $p\text{-value} \leq a$ atau $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha; (K(K-1))/2}$. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa $p\text{-value}$ ($5,168 \times 10^{-10}$) \leq dari a (0,05) dan χ^2 (46,190) \geq $\chi^2_{0,05;3}$ (7,815), sehingga pada taraf signifikansi 5% dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi antar variabel dependen. Oleh karena itu, analisis komponen utama atau PCA dapat dilakukan.

iii. Uji Dependensi Spasial

Adanya dependensi spasial dapat diketahui dengan melakukan pengujian secara formal menggunakan uji Moran's I dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0: I_k = I_0$ (tidak ada dependensi spasial antar lokasi pengamatan)

$H_1: I_k \neq I_0$ (terdapat dependensi spasial antar lokasi pengamatan)

Dengan persamaan (5) diperoleh hasil pengujian seperti pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Dependensi Spasial

Variabel	$Z(I_k)$	$Z_{1-\alpha}$	<i>p-value</i>	α	Kesimpulan
Angka Kejadian Diare pada Balita	1,989	1,645	0,046	0,05	H ₀ ditolak
Angka Kejadian ISPA pada Balita	2,194	1,645	0,028	0,05	H ₀ ditolak
Angka Kejadian Pneumonia pada Balita	3,088	1,645	0,002	0,05	H ₀ ditolak

H₀ ditolak jika $p\text{-value} \leq \alpha$ atau $|Z(I_k)| \geq Z_{1-\alpha}$. Berdasarkan Tabel 4.3, pada taraf signifikansi 5% dapat disimpulkan bahwa terdapat dependensi spasial pada angka kejadian diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di Kota Bandung, sehingga analisis komponen utama dengan memperhatikan dependensi spasial yaitu GWPCA dapat dilakukan.

3. Pembentukan Principal Component Lokal (GWPCA)

Untuk menggunakan matriks korelasi sebagai *input* dalam PCA perlu dilakukan standarisasi data pada variabel Y_1 , Y_2 , dan Y_3 dengan menggunakan persamaan (8) sehingga terbentuk variabel Z_1 , Z_2 , dan Z_3 .

Matriks *eigenvector* yang elemennya merupakan *loading*/koefisien pada komponen utama untuk setiap kecamatan berbentuk matriks diagonal berukuran 3×3 , sementara *eigenvector* yang terbentuk pada lokasi pertama (Kecamatan Andir) yaitu sebagai berikut.

$$L(u_1, v_1) = \begin{matrix} PC_1 \\ PC_2 \\ PC_3 \end{matrix} \begin{pmatrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 \\ 0,655 & 0,601 & 0,457 \\ -0,147 & -0,492 & 0,858 \\ 0,741 & -0,629 & -0,234 \end{pmatrix}$$

Eigenvector yang diperoleh dikombinasikan secara linier dengan SIR yang terstandarisasi (Z_1 , Z_2 , dan Z_3) dengan susunan seperti pada persamaan (13), sehingga *principal component* atau komponen utama yang terbentuk pada lokasi pertama (Kecamatan Andir) yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} PC_1 &= 0,655Z_1 + 0,601Z_2 + 0,457Z_3 \\ PC_2 &= -0,147Z_1 - 0,492Z_2 + 0,858Z_3 \\ PC_3 &= 0,741Z_1 - 0,629Z_2 - 0,234Z_3 \end{aligned}$$

Varians dari masing-masing komponen dapat dilihat dari *eigenvalue*-nya. Komponen dengan *eigenvalue* terbesar adalah komponen yang memiliki varians terbesar (Harris, 2011). Matriks *eigenvalue* pada setiap lokasi berbentuk matriks diagonal berukuran 3×3 . Matriks *eigenvalue* untuk lokasi pertama (Kecamatan Andir) yang elemen diagonalnya berasal dari baris ke-1 yaitu:

$$V(u_1, v_1) = \begin{pmatrix} 1,521 & 0 & 0 \\ 0 & 0,892 & 0 \\ 0 & 0 & 0,368 \end{pmatrix}$$

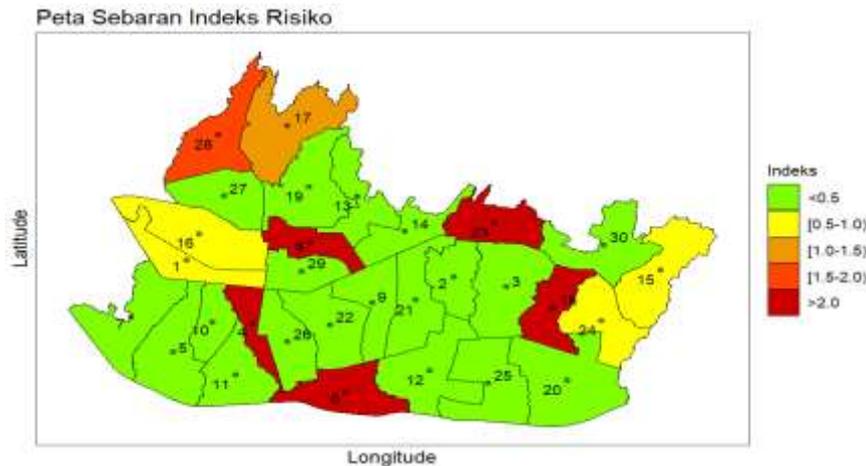
Matriks diagonal *eigenvalue* di atas menunjukkan bahwa komponen utama pertama (PC_1) memiliki varians paling besar dibanding dengan komponen utama lainnya. Berdasarkan perhitungan dengan persamaan (14), diperoleh proporsi kumulatif varians PC_1 untuk setiap kecamatan berkisar antara 70,76% sampai 75,93%, sehingga cukup menjelaskan varians dari data asli.

Indeks risiko penyakit diare, ISPA, dan pneumonia akan dinyatakan dalam bentuk skor komponen utama pertama (PC_1). Skor komponen lokal untuk 30 kecamatan di Kota Bandung yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Skor Komponen Lokal

id	Skor	id	Skor	id	Skor
1	0,745	11	-0,245	21	-0,665
2	-1,244	12	-2,523	22	-0,549
3	-1,654	13	-1,549	23	2,654
4	2,343	14	-1,511	24	0,597
5	-0,132	15	0,654	25	-2,101
6	2,062	16	0,789	26	-1,557
7	0,266	17	1,183	27	-1,520
8	2,618	18	2,473	28	1,732
9	-0,805	19	-0,068	29	-0,166
10	-0,696	20	-0,327	30	-0,805

Semakin tinggi skor komponen, semakin tinggi indeks risiko penyakit di suatu wilayah. Kemudian, indeks risiko tersebut dipetakan untuk dilihat persebarannya pada setiap kecamatan di Kota Bandung sebagaimana pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Persebaran Indeks Risiko Gabungan Penyakit Diare, ISPA, dan Pneumonia pada Balita di Kota Bandung

Pada Gambar 3, tinggi rendahnya indeks risiko pada setiap kecamatan digambarkan dengan indikator warna. Warna hijau mengindikasikan indeks risiko penyakit yang sangat rendah, warna kuning mengindikasikan indeks risiko penyakit yang rendah, warna jingga muda mengindikasikan indeks risiko penyakit yang cukup tinggi, warna jingga tua mengindikasikan indeks risiko penyakit yang tinggi, dan warna merah mengindikasikan indeks risiko penyakit yang sangat tinggi. Gambar 3 menunjukkan bahwa yang cenderung memiliki indeks risiko penyakit yang tinggi tersebar di bagian utara dan bagian tengah Kota Bandung, diantaranya Kecamatan Astanaanyar (4), Kecamatan Bandung Kidul (6), Kecamatan Bandung Wetan (8), Kecamatan Cidadap (17), Kecamatan Cinambo (18), Kecamatan Mandalajati (23), dan Kecamatan Sukasari (28).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian dan analisis diantaranya sebagai berikut.

1. Metode analisis yang digunakan, yaitu *Geographically Weighted Principal Component Analysis* (GWPCA) dapat memberikan informasi mengenai variasi spasial pada data, yaitu adanya dependensi spasial pada data diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di setiap kecamatan di Kota Bandung, sehingga indeks risiko yang dihasilkan bervariasi berdasarkan perbedaan karakteristik dari setiap wilayah, serta penyakit yang diamati saling berkorelasi. Maka pendekatan GWPCA sudah tepat digunakan karena tidak hanya mengakomodasi dependensi spasial antar lokasi, juga mengakomodasi adanya korelasi atau hubungan antar masing-masing jenis penyakit.
2. Pemetaan yang dilakukan berdasarkan hasil perhitungan indeks risiko gabungan penyakit diare, ISPA, dan pneumonia pada balita di setiap kecamatan di Kota Bandung menunjukkan bahwa daerah yang memiliki indeks risiko yang cenderung tinggi diantaranya Kecamatan Astanaanyar, Kecamatan Bandung Kidul, Kecamatan Bandung Wetan, Kecamatan Cidadap, Kecamatan Cinambo, Kecamatan Mandalajati, dan Kecamatan Sukasari.

REKOMENDASI

Pemerintah Kota Bandung dapat melakukan tindakan intervensi pada sumber penyakit untuk pengendalian penyakit diare, ISPA, dan pneumonia secara simultan khususnya pada kecamatan-kecamatan dengan indeks risiko penyakit yang tinggi, diantaranya melakukan upaya pendidikan kesehatan mengenai pentingnya pemberian ASI eksklusif, pendampingan pemberian ASI eksklusif, peningkatan akses air minum layak dan sanitasi layak, serta penyediaan layanan sanitasi berkelanjutan pada tempat-tempat umum dan tempat pengelolaan makanan.

PENELITIAN LANJUTAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data tahunan yang diakumulasi dari tahun 2017 hingga tahun 2021 dimana variasi temporal (waktu) tidak dapat dipertimbangkan karena ketidakterediaan data bulanan. Penelitian ini akan lebih informatif jika menggunakan data *space time* karena tidak hanya memperhatikan dependensi spasial, tapi dapat juga memperhatikan dependensi temporalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kesehatan Kota Bandung. (2021). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Barat Tahun 2021*. Bandung: Dinas Kesehatan Kota Bandung.
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. (2013). *Waspada ISPA dan Pneumonia*. Retrieved from Dinas kesehatan Kota Surabaya: <https://dinkes.surabaya.go.id/portalv2/blog/2013/12/23/waspada-ispadanpneumonia/>
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat. (2021). *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah 2020*. Bandung: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Dinas Kesehatan Provinsi Nusa Tenggara Barat. (2021). *Mengenal Masa Golden Age Pada Anak*. Retrieved from Dinkes Provinsi NTB: <https://dinkes.ntbprov.go.id/berita/mengenal-masa-golden-age-pada-anak/#:~:text=Masa%20golden%20age%20adalah%20masa,terbentuk%20di%20usia%204%20tahun.>
- Fikri, B. A. (2016). Analisis Faktor Risiko Pemberian ASI Dan Ventilasi Kamar Terhadap Kejadian Pneumonia Balita. *Indonesian Journal of Public Health*, 11(1), 14-27.
- Gollini, I., Lu, B., Charlton, M., Brunsdon, C., dan Harris, P. (2013). *GWmodel: an R Package for Exploring Spatial Heterogeneity using Geographically Weighted Models*. <http://arxiv.org/pdf/1306.0413.pdf>.

- Harris, P., Brunson, C., & Charlton, M. (2011). Geographically weighted principal components analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(10), 1717-1736.
- Irwan. (2017). *Epidemiologi Penyakit Menular*. Yogyakarta: CV. Absolute Media.
- Jaya, I. G. N. M., Folmer, H (2021) Identifying Spatiotemporal Clusters by Means of Agglomerative Hierarchical Clustering and Bayesian Regression Analysis with Spatiotemporally Varying Coefficients: Methodology and Application to Dengue Disease in Bandung Indonesia. *Geogr Anal* 53(4): 767-817
- Johnson, R.A. & Wichern, D.W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Sixth edition, Prentice Hall. New Jersey.
- Mas'ad, M. A. (2016). *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin Di Jawa Tengah Dengan Metode Geographically Weighted Principal Components Analysis (GWPCA) Adaptive Bandwidth* (Doctoral dissertation, FSM Universitas Diponegoro).
- Rahman, A., & Nur, A. F. (2015). Hubungan Pemberian ASI Eksklusif dengan Kejadian Penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Akut pada Anak Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Managaisaki. *Healthy Tadulako Journal (Jurnal Kesehatan Tadulako)*, 1(1), 39-48.
- Sundari, S., & Pratiwi, K. (2014). Perilaku Tidak Sehat Ibu yang Menjadi Faktor Resiko Terjadinya ISPA Pneumonia Pada Balita. *Jurnal Pendidikan Sains*, 2(3), 141-147.
- Villasenor Alva, J. A., & Estrada, E. G. (2009). A generalization of Shapiro-Wilk's test for multivariate normality. *Communications in Statistics – Theory and Methods*, 38(11), 1870-1883.
- World Health Organization. (2017). *Diarrhoeal Disease*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>.
- World Health Organization. (2022). *Pneumonia in Children*. Retrieved from [who.int: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia).