Analisis Indeks Pembangunan Manusia Provinsi-Provinsi di Indonesia Menggunakan Indeks Baru Berdasarkan Metode *Resampling*

Elsa Septyana^{1,*}, Adi Setiawan¹, Bambang Susanto¹

¹Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga,
Jawa Tengah 50711

*email korespondensi: septyanaelsa@gmail.com

Received : 7 Januari 2021; **Revised** : 28 Februari 2021; **Accepted** : 2 Maret 2021; **Published** : 1 April 2021

ABSTRAK

Pada penelitian ini dibahas tentang penggunaan Indeks Baru untuk mengukur autokorelasi spasial secara global. Kontribusi utama dari karya ini adalah untuk mengetahui korelasi antara Indeks Geary dan Indeks Moran. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh spasial terhadap IPM Provinsi-Provinsi di Indonesia. Data yang digunakan adalah data IPM provinsi-provinsi di Indonesia tahun 2010 – 2018. Prosedur yang dilakukan adalah dengan mengukur data IPM menggunakan Indeks Geary dan Indeks Moran. Selanjutnya nilai Indeks Geary dan Indeks Moran digunakan untuk mencari korelasi yang terjadi antara Indeks Geary dan Indeks Moran. Korelasi yang terbentuk antara Indeks Geary dan Indeks Moran sangat kuat sehingga Indeks Baru dapat dirumuskan. Untuk memvalidasi keakuratan Indeks Baru dilakukan uji autokorelasi spasial terhadap Indeks Baru menggunakan Metode Bootstrap dan resampling berdasarkan estimasi densitas Kernel. Berdasarkan hasil resampling menggunakan metode bootstrap dan resampling berdasarkan estimasi densitas Kernel dengan pengulangan sebanyak 10000 kali ditemukan bahwa nilai-p tahun 2010 – 2018 berkisar antara 0,001 – 0,006 yang berarti terdapat autokorelasi spasial atau terdapat keterkaitan erat antara IPM provinsi dengan IPM provinsi-provinsi yang bertetangga. Dengan kata lain, bahwa antar provinsi satu dengan provinsi yang berbatasan memiliki kemiripan nilai IPM atau saling berkorelasi. Dengan didapatkannya hasil analisis ini, maka dapat menjadi acuan pemerintah dalam melakukan pemerataan pembangunan disetiap provinsi di Indonesia dengan mempertimbangkan keterkaitan antar provinsi di Indonesia.

Kata-kata kunci: autokorelasi spasial; estimasi densitas Kernel; Indeks Baru; metode Bootstrap

PENDAHULUAN

Dalam perjalanan menuju negara maju, salah satu hal yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia adalah dengan menggalakkan pembangunan seutuhnya di wilayah Indonesia. Pembangunan dalam hal ini merupakan pembangunan secara manusia batin (spirit) ataupun pembangunan secara lahir (infrastruktur). Perkembangan suatu pembangunan tidak hanya dapat dilihat satu atau dua kali peninjauan namun harus dilihat dalam jangka panjang. Untuk melihat perkembangan pembangunan dalam jangka panjang, digunakan indikator yang disebut dengan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). IPM memiliki 3 dimensi utama yaitu dimensi umur panjang dan hidup sehat, dimensi pengetahuan, dan dimensi standar hidup layak (BPS, 2015).

Pemerataan pembangunan di wilayah Indonesia saat ini menjadi isu hangat bagi pemerintah dan masyarakat Indonesia. Indonesia merupakan negara kepulauan yang pulau-pulaunya banyak dipisahkan oleh wilayah perairan menjadikan kesenjangan pembangunan manusia antar provinsi menjadi relatif tinggi. Salah satu penelitian yang membahas tentang IPM adalah analisis IPM Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara menggunakan Indeks Geary berdasarkan *resampling* Estimasi Densitas Kernel (Sarita dkk., 2019). Data yang digunakan ialah data IPM Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara tahun 2013 – 2017. Hasilnya menyatakan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada IPM Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara tahun 2013 – 2017. Penelitian tersebut juga mengidentifikasi bahwa Geary tidak berdistribusi normal.

Penelitian serupa dilakukan Nisa (2017) tentang identifikasi pola spasial dan autokorelasi spasial pada IPM di Provinsi Papua Barat tahun 2012. Penelitian dengan menggunakan Indeks Moran dan Indeks Geary ini menyatakan bahwa nilai IPM tidak mengelompok dan tidak ada keterkaitan spasial antar Kabupaten/Kota di Papua Barat.

Penelitian lain dilakukan oleh Weku dkk. (2012) tentang identifikasi pola spasial dan dinamika IPM di Sulawesi Utara tahun 2006 – 2009 menggunakan Indeks Moran dan Indeks LISA. Penelitian ini memiliki luaran yaitu peta *choropleth*, *Moran Scatterplot* dan peta LISA. Dari luaran tersebut menyimpulkan bahwa pola kluster kecamatan yang terjadi adalah menggerombol/memusat di suatu tempat tertentu dan tidak terjadi pola acak kluster kecamatan. Hal ini berarti bahwa tidak terjadi pemerataan pembangunan manusia di Provinsi Sulawesi Utara, hal ini disebabkan karena IPM yang tinggi membentuk kelompok sendiri. Demikian pula dengan IPM yang rendah membentuk kelompoknya sendiri.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat diketahui autokorelasi spasial/keterkaitan antar Kabupaten/Kota di Maluku Utara berkaitan dengan nilai IPM menggunakan Indeks Geary. Pada penelitian ini juga akan dibahas mengenai autokorelasi spasial / keterkaitan IPM antar provinsi di Indonesia namun dengan mengkaji Indeks Geary dan Indeks Moran untuk membentuk Indeks Baru berdasarkan metode *resampling*. Data yang digunakan adalah data IPM provinsi-provinsi di Indonesia pada tahun 2010 – 2018.

EKSPERIMEN

Instrumen Penelitian

Data yang digunakan yaitu data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) provinsi-provinsi di Indonesia pada tahun 2010-2018 yang merupakan data sekunder yang diperoleh dari laman Badan Pusat Statistik (ipm.bps.go.id).

Prosedur Kerja

Data yang telah diperoleh kemudian ditentukan matriks pembobot spasialnya. Matriks pembobot spasial digunakan untuk mengetahui hubungan kedekatan antar suatu wilayah/lokasi. Matriks pembobot spasial biasanya berukuran persegi dan disimbolkan dengan **C** (Modjo, 2018). Elemen-elemen **C** memiliki dua nilai yaitu $c_{ij} = 0$ untuk wilayah yang tidak bertetangga dengan wilayah pengamatan dan $c_{ij} = 1$ untuk wilayah yang bertetangga dengan wilayah pengamatan (Griffith, 1996). Selanjutnya matriks pembobot spasial ditransformasi menjadi matriks pembobot spasial terstandarisasi yang disimbolkan dengan **W**. Persamaan (1) menyatakan rumus untuk mentransformasikan matriks pembobot spasial menjadi matriks pembobot spasial terstandarisasi.

$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_j c_{ij}}. \quad (1)$$

Tujuan dari tes autokorelasi spasial ialah untuk mengetahui apakah nilai dari variabel pada satu lokasi bergantung pada nilai-nilai variabel di lokasi yang berdekatan/bertetangga (Zhukov, 2010). Pengukuran autokorelasi spasial dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu autokorelasi spasial global dan autokorelasi spasial lokal. Pengujian autokorelasi spasial global dapat menggunakan Indeks Moran, Indeks Geary dan Getis Ord, sedangkan untuk pengujian autokorelasi spasial lokal dapat menggunakan *Local Indicators of Spatial Association* (LISA). Makalah ini menggunakan autokorelasi spasial global dengan menggunakan Indeks Geary dan Indeks Moran. Hal ini dikarenakan Indeks Geary dan Indeks Moran memiliki beberapa karakteristik umum, tetapi sifat statistik saja yang berbeda (Jay & Wong, 2000). Indeks Geary dan Indeks Moran didefinisikan sebagai berikut (Jay & Wong, 2000):

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

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Dimana n menyatakan banyaknya wilayah pengamatan, x_i menyatakan nilai pada wilayah i , x_j menyatakan nilai pada wilayah j dan w_{ij} menyatakan elemen matriks pembobot spasial terstandarisasi wilayah i terhadap wilayah j .

Indeks Baru merupakan indikator pengujian autokorelasi spasial yang didapatkan dari hasil analisis antara Indeks Geary dan Indeks Moran. Untuk menentukan Indeks Baru langkah awal yang dilakukan ialah dengan mencari korelasi antara Indeks Geary dan Indeks Moran. Selanjutnya Indeks Baru dirumuskan sebagai berikut:

1. Mencari batas Indeks Moran dan Indeks Geary

$$\begin{aligned} -1 \leq I_M \leq 1 \\ 0 \leq I_G \leq 2. \end{aligned} \quad (4)$$

2. Membuat batas pada Indeks Geary menjadi $-1 \leq x \leq 1$, maka Indeks Geary menjadi,

$$\begin{aligned} 0 \leq I_G \leq 2 \\ -2 \leq -I_G \leq 0 \\ 1-2 \leq 1-I_G \leq 1-0 \\ -1 \leq 1-I_G \leq 1. \end{aligned} \quad (5)$$

3. Menjumlahkan Persamaan (4) dan Persamaan (5), menjadi,

$$-2 \leq I_M + 1 - I_G \leq 2. \quad (6)$$

4. Membagi dua Persamaan (6), sehingga didapat persamaan (7) yang merupakan rumus dari Indeks Baru.

$$-1 \leq \frac{I_M + 1 - I_G}{2} \leq 1. \quad (7)$$

Metode *Bootstrap* merupakan metode *resampling* yang dilakukan dengan cara pengembalian dari sampel asli. Pengembalian sampel terhadap sampel awal satu persatu dengan pengembalian dan prosedur tersebut diulang sebanyak bilangan besar B kali. Selanjutnya nilai- p dapat ditentukan dengan,

$$\text{nilai}_{-p} = \frac{(T_i^* > T_{awal})}{B}. \quad (8)$$

dimana $i = 1, 2, 3, \dots, B$ dan T_{awal} = nilai statistik uji berdasarkan sampel awalnya.

Uji autokorelasi spasial juga dapat dilakukan menggunakan *resampling* berdasarkan estimasi densitas Kernel. Diberikan sampel acak $X_1, X_2, \dots, X_n$ didapat dari fungsi densitas f yang tidak diketahui. Maka untuk menghitung estimasi fungsi densitas Kernel digunakan rumus sebagai berikut (Gramacki, 2018):

$$\hat{f}(x, h) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (9)$$

dimana n menyatakan jumlah sampel, h menyatakan *bandwidth* optimal dan K menyatakan fungsi Kernel.

Selanjutnya dalam fungsi Kernel normal untuk memilih *bandwidth* h optimal digunakan rumus sebagai berikut (Zucchini, 2003):

$$h_{opt} = \left(\frac{4}{3n}\right)^{1/5} \sigma \quad (10)$$

dengan σ adalah simpangan baku dan didapatkan dari data.

Berdasarkan estimasi densitas Kernel langkah-langkah untuk melakukan *resampling* atau membangkitkan sampel baru adalah sebagai berikut (Setiawan, 2002):

- 1) Diketahui sampel dengan ukuran n yaitu $X_1, X_2, \dots, X_n$.
- 2) Digunakan *bandwidth* optimal untuk melakukan estimasi densitas Kernel berdasarkan $X_1, X_2, \dots, X_n$.
- 3) Sampel $X_i^* = X_{i1}^*, X_{i2}^*, \dots, X_{in}^*$ dibangkitkan di sekitaran X_i dengan membangkitkan sampel yang berukuran 1 dari distribusi normal dengan rata-rata X_i dan variansinya yaitu *bandwidth* h optimal.
- 4) Sampel baru X_i^* digunakan untuk menghitung nilai masing-masing indeks dengan $Ib_i = Ib(X_i^*)$ serta $i = 1, 2, \dots, B$ dan B dipilih secara bebas.
- 5) Indeks yang diperoleh sebanyak B yaitu $Ib_1, Ib_2, \dots, Ib_B$ untuk Indeks Baru.

Dalam hal ini $X_1, X_2, \dots, X_n$ adalah data IPM Provinsi-Provinsi di Indonesia dan $n = 34$ yaitu banyaknya provinsi yang ada di Indonesia. Langkah-langkah yang digunakan untuk pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan peta Indonesia
2. Membuat matriks pembobot *queen* dengan menentukan matriks pembobot spasial dan membuat matriks pembobot spasial terstandarisasi.

3. Menentukan Indeks Baru.
4. Melakukan pengujian autokorelasi spasial.
5. Melakukan *resampling* berdasarkan estimasi densitas Kernel.

HASIL DAN DISKUSI

1. Hasil Analisis Awal

Data IPM provinsi-provinsi di Indonesia yang berasal dari Badan Pusat Statistik tersebut diolah sehingga dapat diketahui korelasi antara Indeks Geary dan Indeks Moran yang selanjutnya dapat ditentukan model dari Indeks Baru. **Gambar 1** menunjukkan *Scatter Plot* yang menyatakan korelasi antara Indeks Geary dan Indeks Moran. Dalam hal ini *Scatter Plot* dibuat dengan menggunakan bantuan *Microsoft Office Excel*.

Gambar 1. *Scatter Plot* antara Indeks Geary dan Indeks Moran

Gambar 1 memperlihatkan hubungan/korelasi antara Indeks Moran dan Indeks Geary sangat kuat. Hal ini terbukti dengan terbentuknya titik-titik plot yang terbentuk menyerupai garis linear. Korelasi yang terbentuk merupakan korelasi yang negatif yang berarti bahwa jika nilai Indeks Geary semakin besar maka nilai Indeks Moran semakin rendah dan berlaku sebaliknya.

Kategori IPM terbagi atas empat kategori, yaitu “sangat rendah” : $IPM < 60$, “rendah” : $60 \leq IPM < 70$, “tinggi” : $70 \leq IPM < 80$ dan “sangat tinggi” : $IPM \geq 80$. **Gambar 2** dan **Gambar 3** memperlihatkan persebaran IPM menurut kategorinya untuk nilai IPM berturut-turut tahun 2010 dan 2018. Peta persebaran IPM dibuat dengan melihat nilai IPM per provinsi di Indonesia yang kemudian diolah dengan menggunakan aplikasi CorelDraw sehingga didapatkan peta persebaran IPM per provinsi di Indonesia.

Gambar 2. Peta persebaran IPM di Indonesia per Provinsi Tahun 2010 (sumber: gambar pribadi)

Gambar 2 memperlihatkan bahwa IPM provinsi-provinsi di Indonesia berada pada warna hijau yang berarti bahwa nilai IPMnya masih dalam kategori rendah atau nilai IPM berkisar antara 60 – 70. Selain itu untuk Provinsi Papua, Papua Barat, Nusa Tenggara Barat dan Sulawesi Barat memiliki nilai IPM

dalam kategori sangat rendah. Namun untuk Provinsi DKI Jakarta, DIY, Bali dan Kalimantan Utara memiliki nilai IPM dalam kategori tinggi.

Gambar 3. Peta persebaran IPM di Indonesia per Provinsi Tahun 2018 (sumber: gambar pribadi)

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai IPM provinsi-provinsi di Indonesia tahun 2018 mengalami kenaikan dibandingkan tahun 2010. Banyak provinsi di Indonesia yang sudah berada dalam kategori tinggi yang ditunjukkan dengan warna biru. Provinsi-provinsi yang tahun 2010 masih dalam kategori sangat rendah, pada tahun 2018 menunjukkan peningkatan dengan berada pada kategori rendah. Selain itu pada tahun 2018 terdapat provinsi yang sudah mencapai kategori IPM sangat tinggi yaitu Provinsi DKI Jakarta.

2. Peta

Penelitian ini menggunakan Peta wilayah Indonesia berdasarkan provinsi-provinsinya yang berfungsi untuk menentukan batas-batas antar wilayah/lokasi sehingga akan diketahui ketetanggaan antar provinsi di Indonesia. Perhatian penelitian ini adalah untuk 34 provinsi di Indonesia yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Gambar 4. Peta Indonesia berdasarkan Provinsi (sumber: id.pinterest.com)

3. Matriks Pembobot Queen

a. Matriks Pembobot Spasial

Berdasarkan **Gambar 2**, ketetanggaan antar provinsi di Indonesia dapat ditentukan. Provinsi yang bertetangga memiliki bobot 1 sedangkan provinsi yang tidak bertetangga memiliki bobot 0, kemudian bobot-bobot tersebut dinyatakan dalam bentuk matriks seperti pada **Gambar 5**.

w(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 5. Matriks Pembobot Spasial

b. Matriks Pembobot Spasial Terstandarisasi

Matriks pembobot spasial terstandarisasi ditentukan dengan cara menghitung jumlahan tiap baris pada matriks pembobot spasial lalu membagi elemen-elemen tiap baris dengan jumlahannya. Matriks pembobot spasial terstandarisasi yang terbentuk digunakan dalam perhitungan Indeks Baru. **Gambar 6** menunjukkan matriks pembobot spasial terstandarisasi.

w(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,33	0	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0,33	0,33	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0,33	0,33	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,33	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0	0,33	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Tabel 1. Nilai Indeks Baru

Tahun	Indeks Baru
2010	0,46328
2011	0,45734
2012	0,4673
2013	0,48122
2014	0,49047
2015	0,50176
2016	0,49923
2017	0,48824
2018	0,48087

5. Uji Autokorelasi Spasial berdasarkan Metode Bootstrap

Dalam pengujian autokorelasi spasial dilakukan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat autokorelasi spasial antar provinsi

H_1 : Terdapat autokorelasi spasial antar provinsi

Dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$, kesimpulan yang diambil untuk H_0 adalah dengan melihat besarnya nilai- p . Apabila nilai- $p > 0,05$ maka H_0 diterima. Hal ini berarti tidak terdapat autokorelasi spasial antar provinsi dan berlaku sebaliknya.

Dalam penghitungan metode *bootstrap* dengan pengulangan $B = 10.000$ kali, diperoleh nilai- p seperti pada **Tabel 2**. **Tabel 2** memperlihatkan bahwa data tahun 2010 – 2018 mempunyai nilai- $p < 0,05$ sehingga H_0 ditolak. Hal ini berarti bahwa terdapat autokorelasi spasial atau terdapat keterkaitan antara satu wilayah dengan wilayah lain yang bertetangga.

Tabel 2. Nilai- p menggunakan metode bootstrap pada Indeks Baru

Tahun	Nilai- p
2010	0,0040
2011	0,0054
2012	0,0062
2013	0,0036
2014	0,0032
2015	0,0020
2016	0,0020
2017	0,0026
2018	0,0038

6. Resampling Berdasarkan Estimasi Densitas Kernel

Tabel 3. Nilai- p menggunakan Resampling berdasarkan Estimasi Densitas Kernel

Tahun	Nilai- p
2010	0,0050
2011	0,0056
2012	0,0040
2013	0,0036
2014	0,0026
2015	0,0018
2016	0,0028
2017	0,0030
2018	0,0036

Hasil *resampling* berdasarkan estimasi densitas Kernel ditunjukkan pada **Tabel 3**. Berdasarkan **Tabel 3**, nilai- p pada setiap tahun menggunakan *resampling* berdasarkan estimasi densitas Kernel adalah

kurang dari $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti bahwa H_0 ditolak atau terdapat autokorelasi spasial pada IPM provinsi-provinsi di Indonesia tahun 2010 – 2018. Dengan kata lain IPM dari suatu provinsi mempengaruhi IPM provinsi yang bertetangga.

KESIMPULAN

Penelitian ini sudah menganalisis korelasi IPM Provinsi-Provinsi di Indonesia tahun 2010 – 2018. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa Indeks Moran dan Indeks Geary memiliki hubungan/korelasi yang kuat sehingga dapat dibentuk Indeks Baru dengan rumus $(\text{Indeks Moran} + 1 - \text{Indeks Geary})/2$. Berdasarkan hasil resampling menggunakan Metode *Bootstrap* dan resampling berdasarkan estimasi densitas Kernel ditemukan bahwa nilai- p tahun 2010 – 2018 berkisar antara 0,001 – 0,006 yang berarti bahwa terdapat autokorelasi spasial atau terdapat keterkaitan erat antara IPM Provinsi dengan IPM Provinsi-Provinsi yang bertetangga. Dengan kata lain, bahwa antar provinsi satu dengan provinsi yang berbatasan memiliki kemiripan nilai IPM atau saling berkorelasi.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2015). Indeks pembangunan manusia. In *Badan Pusat Statistik*.
- BPS. (2019). *Tabel indeks pembangunan manusia (metode baru)*. Retrieved from <http://ipm.bps.go.id/data/provinsi/metode/baru>
- Gramacki, A. (2018). *Bandwidth Selectors for Kernel Density Estimation*.
- Griffith, D. A. (1996). Spatial autocorrelation and eigenfunctions of the geographic weights matrix accompanying geo-referenced data. *Canadian Geographer*, 40(4), 351–367.
- Jay, L., & Wong, D. W. . (2000). *Statistical Analysis with ArcView Gis*.
- Modjo, M. . (2018). *Identifikasi autokorelasi spasial pada laju inflasi di Indonesia Timur menggunakan local indicator of spatial autocorrelation (LISA) berdasarkan metode Bootstrap*. Universitas Kristen Satya Wacana.
- Nisa, E. K. (2017). Identifikasi spatial pattern dan spatial autocorrelation pada indeks pembangunan manusia Provinsi Papua Barat Tahun 2012. *Jurnal At-Taqaddum*, 9(August), 32.
- Sarita, F. T., Setiawan, A., & Parhusip, H. A. (2019). Analisis Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku Utara Menggunakan Indeks Geary C Berdasarkan Resampling Estimasi Densitas Kernel. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 5(1), 62–72.
- Sawada, M. (2009). Global spatial autocorrelation indices-Moran's I, Geary's C and the general cross-product statistic. *University of Ottawa*.
- Setiawan, A. (2002). *Resampling berdasarkan estimasi densitas kernel bivariat*. 1(1).
- Winsky Weku, Adi Setiawan, S. Y. (2012). *Analisis pola spasial dan dinamika IPM Tahun 2006-2009 Propinsi Sulawesi Utara menggunakan metode spatial autocorrelation*.
- Zhukov, Y. M. (2010). *Applied Spatial Statistics in R, Section 2 Spatial Autocorrelation Spatial Data and Basic Visualization in R*.
- Zucchini, W. (2003). *Applied smoothing techniques part 1: kernel density estimation*. Retrieved from <https://staff.ustc.edu.cn/~zwp/teach/Math-Stat/kernel.pdf>