



PEMODELAN REGRESI SPASIAL PANEL MENGGUNAKAN R DAN ARCGIS

Abiyyi Muhammad Adli[✉], SugimanJurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima November 2020
Disetujui Juni 2021
Dipublikasikan Juni 2021

Keywords:

Indeks Pembangunan
Manusia; Spasial Panel;
SAR; SEM

Abstrak

Regresi spasial panel adalah regresi yang digunakan untuk memodelkan data panel yang mengandung efek spasial. Pada data spasial, penggunaan regresi klasik tidak dapat digunakan karena akan mengakibatkan kesimpulan yang kurang tepat, karena pada data spasial kerap kali dijumpai adanya pengaruh suatu lokasi dengan lokasi lain yang berdekatan. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari bentuk model regresi spasial panel pada data indeks pembangunan manusia dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini fokus pada pemodelan indeks pembangunan manusia di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dengan menggunakan model *Spatial Autoregressive* (SAR) dan *Spatial Error Model* (SEM). Dari hasil penelitian model terbaik adalah *Spatial Autoregressive Fixed Effect Model* dengan persamaan regresi $Y_{it} = 0.075954 \sum_{i=1}^{35} W_{it} + 0.0001352 X_{1it} + 0.025004 X_{2it} - 0.012488 X_{2it} + 0.00000163 X_{4it} + \mu_{it}$; $i = 1, \dots, 35$; $j = 1, \dots, 35$ dan $i \neq j$. Variabel yang signifikan adalah jumlah tenaga kesehatan, angka partisipasi sekolah umur 16 – 18 tahun, jumlah penduduk miskin, dan upah minimum kab/kota.

Abstract

Panel spatial regression is a regression used to model panel data that contains spatial effects. In spatial data, the use of classical regression cannot be used. It will result in inaccurate conclusions because in spatial data it is often found the influence of a location with other locations that are close to each other. The purpose of this study is to find the form of a panel spatial regression model on the human development index data and identify the factors that influence the human development index in districts/cities in Central Java Province. This study focuses on modeling the human development index in districts / cities in Central Java Province using the Spatial Autoregressive (SAR) model and the Spatial Error Model (SEM). As the result, the best model is the Spatial Autoregressive Fixed Effect Model with $Y_{it} = 0.075954 \sum_{i=1}^{35} W_{it} + 0.0001352 X_{1it} + 0.025004 X_{2it} - 0.012488 X_{2it} + 0.00000163 X_{4it} + \mu_{it}$; $i = 1, \dots, 35$; $j = 1, \dots, 35$ and $i \neq j$. Significant variables are the number of health workers, the school participation rate for ages 16-18 years old, the number of poor people, and the district/city minimum wage.

How to cite:

Adli, A.M., Sugiman. 2021. Pemodelan Regresi Spasial Panel Menggunakan R dan ARCGIS (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Tengah Tahun 2015 – 2019). *UNNES Journal of Mathematics*. 10(1):14-20.

PENDAHULUAN

Analisis regresi adalah salah satu metode statistik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Regresi dapat mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifat numerik. Untuk melakukan pengamatan yang baik, seringkali pengamatan terhadap suatu fenomena dilakukan pada berbagai individu dan berbagai periode waktu. Data yang mengandung data lintas individu (*cross section*) dan data deret waktu (*time series*) disebut data panel

Analisis regresi data panel adalah suatu pendekatan pemodelan yang mengikutsertakan pengaruh waktu tersebut ke dalam model. Untuk memperoleh data yang lebih baik biasanya mengikutsertakan hubungan spasial data yang diamati pada tiap-tiap lokasi pengamatan secara berkala dari waktu ke waktu, yang biasa disebut model data spasial panel. Dalam menganalisis data spasial, tidak dapat digunakan model regresi klasik. Oleh sebab itu, dibutuhkan metode statistik yang cocok untuk mengatasi fenomena variabilitas data spasial, sehingga diperkenalkan model spasial yang merupakan metode untuk mendapatkan informasi pengamatan yang dipengaruhi oleh efek lokasi atau wilayah. Lalu efek lokasi disajikan dalam bentuk koordinat lokasi (*longitude, latitude*) atau pembobotan. Data yang memiliki efek spasial dan memiliki beberapa periode waktu didalamnya, dimodelkan dengan menggunakan regresi spasial data panel

Pada penelitian ini penulis memodelkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dari kabupaten/kota di Jawa Tengah dan mengidentifikasi faktor apa saja yang dapat mempengaruhi nilai IPM di kabupaten/kota di Jawa Tengah dengan menggunakan pendekatan metode *Spatial Autoregressive* dan *Spatial Error Model*.

Regresi Linier

Regresi dalam pengertian modern menurut Gujarati adalah kajian terhadap ketergantungan satu variabel, yaitu variabel bebas terhadap satu atau lebih variabel lainnya (variabel eksplanatori) dengan tujuan untuk membuat estimasi dan/atau memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel tergantung dalam kaitannya dengan nilai-nilai yang sudah diketahui dari variabel eksplanatorinya (Gujarati, 2004). Berikut bentuk umum dari persamaan regresi linier:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i \quad (1)$$

Keterangan:

- \hat{Y}_i : variabel dependen untuk persamaan ke- i .
 X_1, X_2, \dots, X_n : variabel independen.
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: parameter model.
 ε_i : residual untuk pengamatan ke- i .

Data Panel

Data panel merupakan gabungan antara data *time series* dan data *cross-section*, dimana suatu *cross-section* yang sama diukur pada waktu yang berbeda. Secara umum, model regresi data panel adalah sebagai berikut (Hsiao, 2003).

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + u_{it} \quad (2)$$

Keterangan:

- i : indeks unit; $i = 1, 2, 3, \dots, N$
 t : indeks periode waktu; $t = 1, 2, 3, \dots, T$
 Y_{it} : observasi variabel dependen pada unit i dan waktu t
 X_{it} : variabel independen berupa vektor baris berukuran $1 \times k$, dengan k adalah banyaknya variabel independen
 β : vektor parameter berukuran $k \times 1$
 u_{it} : error unit individu ke- i dan unit waktu ke- t

Model regresi data panel memiliki tiga cara pendekatan untuk mengestimasi model, yaitu dengan *Common Effect Model*, *Fixed Effect Model*, dan *Random Effect Model*.

Common Effect Model (CEM) merupakan model yang mengkombinasikan data *time series* dan *cross section* dimana pada model ini tidak diperhatikan dimensi waktu maupun individu, sehingga diasumsikan bahwa perilaku data perusahaan sama (diabaikan) dalam berbagai kurun waktu. Secara umum, persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Keterangan:

- Y_{it} : variabel dependen pada unit observasi ke- i dan waktu ke- t
 X_{it} : variabel independen pada unit observasi ke- i dan waktu ke- t
 α : *intercept* model regresi
 β : koefisien *slope* atau koefisien arah
 ε_{it} : galat pada unit observasi ke- i dan waktu ke- t

Fixed Effect Model (FEM) mengasumsikan bahwa koefisien *slope* konstan namun antar

individu terdapat perbedaan intersepanya. Secara umum, persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Keterangan:

- Y_{it} : variabel respon pada unit observasi ke- i dan waktu ke- t
- X_{it} : variabel prediktor pada unit observasi ke- i dan waktu ke- t
- α : *intercept* model regresi
- β : koefisien *slope* atau koefisien arah
- ε_{it} : galat pada unit observasi ke- i dan waktu ke- t

Random Effect Model mengestimasi data panel dimana diduga variabel residual saling berhubungan antar waktu dan antar individu. Secara umum, persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + u_{it} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{it} = u_i + v_t + w_{it} \quad (6)$$

Keterangan:

- u_i : komponen *error cross section*
- v_t : komponen *error time series*
- w_{it} : komponen *error gabungan*

Pemilihan Model Regresi Data Panel

Uji Chow digunakan untuk menguji signifikansi antara *fixed effect model* dengan *common effect model*. Hipotesis untuk uji Chow adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \dots = \mu_n \text{ (model CEM)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } u_i \neq u_j ; i \neq j ; i, j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ (model FEM)}$$

Statistik Uji Chow adalah:

$$F_{hitung} = \frac{(JKG_{gabungan} - JKG_{tetap}) / (n - 1)}{JKG_{tetap} / (nT - n - K)} \quad (7)$$

Keterangan:

- n : jumlah individu (*cross section*)
- T : jumlah periode waktu (*time series*)
- K : jumlah variabel penjelas
- $JKG_{gabungan}$: jumlah kuadrat galat (*restricted residual sums of squares*) yang berasal dari model *common effect*
- JKG_{tetap} : jumlah kuadrat galat (*unrestricted residual sums of squares*) yang berasal dari model *fixed effect*

Kriteria penolakan H_0 , jika $F_{hitung} > F_{n-1, n(T-1)-K}$ (Baltagi 2005).

Uji Hausman dilakukan untuk memilih model yang akan digunakan antara *fixed effect model* dengan *random effect model*. Hipotesis untuk uji Hausman adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \text{korelasi}(X_{it}, \varepsilon_{it}) = 0 \text{ (model REM)}$$

$$H_1 : \text{korelasi}(X_{it}, \varepsilon_{it}) \neq 0 \text{ (model FEM)}$$

Statistik Uji Hausman adalah:

$$W = \hat{q}' [\text{var}(\hat{q}')]^{-1} \hat{q} \quad (8)$$

Keterangan:

- \hat{q} : $\hat{\beta}_{acak} - \hat{\beta}_{tetap}$
 - $\hat{\beta}_{tetap}$: $\hat{\beta}_{acak} - \hat{q}_1$
- Karena $\text{cov}(\hat{\beta}_{acak}, \hat{q}_1) = 0$ maka $\hat{\beta}_{acak}$ dan \hat{q}_1 saling bebas,

$$\text{var}(\hat{\beta}_{tetap}) = \text{var}(\hat{\beta}_{acak}) + \text{var}(\hat{q}_1)$$

$$\text{Didapat nilai } \text{var}(\hat{q}_1) = \text{var}(\hat{\beta}_{tetap}) -$$

$$\text{var}(\hat{\beta}_{acak})$$

Dengan

$$m_1 : \text{nilai dari statistik Uji Hausman}$$

$$\hat{q}_1 : \text{vektor selisih dari koefisien pengaruh acak dengan koefisien pengaruh tetap}$$

$$\hat{\beta}_{acak} : \text{vektor koefisien peubah penjelas pengaruh acak}$$

$$\hat{\beta}_{tetap} : \text{vektor koefisien peubah penjelas pengaruh tetap}$$

Kriteria penolakan H_0 , jika $m_1 > \chi^2_{(k,a)}$ (Baltagi 2005).

Uji Breusch-Pagan dilakukan untuk memilih apakah *random effect model* ataupun *fixed effect model* yang akan digunakan. Menurut Widarjono (2007: 260), untuk mengetahui apakah model *Random Effect* lebih baik dari model *Common Effect* digunakan *Lagrange Multiplier* (LM).

Hipotesis untuk uji Breusch-Pagan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0 \text{ (model CEM)}$$

$$H_1 : \sigma_u^2 \neq 0 \text{ (model REM), } i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T$$

Statistik uji Breusch-Pagan adalah:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{t=1}^T e_{it})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right) \quad (9)$$

Kriteria penolakan H_0 , jika $> \chi^2_{(\alpha,1)}$ (Greene, 2003).

Model Regresi Spasial Panel

Model spasial data panel adalah model yang menangkap interaksi spasial diantara unit-unit spasial dalam waktu. Pada model mungkin terdapat *spatial lag* pada variabel dependen atau proses *spatial autoregressive* dalam eror yang biasa disebut dengan *spatial lag* dan *spatial error model* (Elhorst 2009).

Spatial Autoregressive Model dinyatakan sebagai berikut:

$$y_{it} = \delta \sum_{j=1}^N \mathbf{W}_{ij} + X_{it}\beta + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Keterangan:

δ : koefisien *spatial autoregressive*

W_{ij} : matriks pembobot spasial W

Spatial Error Model dinyatakan sebagai berikut:

$$y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + \phi_{it} \quad (11)$$

$$\phi_{it} = \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Keterangan:

ϕ : koefisien autokorelasi spasial eror

ρ : koefisien autokorelasi spasial

Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial (W) adalah unsur penting dalam menggambarkan kedekatan antara suatu lokasi dengan lokasi lain dan ditentukan berdasarkan informasi atau kedekatan antara suatu lokasi dengan lokasi lain (*neighborhood*). Untuk menjelaskan adanya efek spasial dalam suatu model, maka perlu ditambahkan pembobot dalam model (Anselin, 1988). Matriks pembobot spasial Queen mendefinisikan $W_{ij} = 1$ untuk wilayah yang bersebelahan atau titik sudutnya bertemu dengan wilayah yang menjadi pusat, sedangkan $W_{ij} = 0$ untuk wilayah lainnya. Sehingga matriks pembobot spasial *Queen* dinilai cocok dengan keadaan tersebut.

Uji Lagrange Multiplier

Untuk mengidentifikasi apakah model mengandung pengaruh spasial maka digunakan uji *Lagrange Multiplier*. Uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan sebagai dasar untuk memilih model regresi spasial yang sesuai (LeSage, 2009). Uji *Lagrange Multiplier* terbagi menjadi dua yaitu LM_{lag} dan LM_{error} . Apabila LM_{lag} signifikan maka model yang sesuai adalah model SAR. Sedangkan apabila LM_{error} signifikan maka model yang sesuai adalah model SEM. Apabila keduanya signifikan maka model yang sesuai adalah SARMA (*Spatial Autoregressive Moving Average*).

Hipotesis pada LM_{lag} adalah sebagai berikut:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada dependensi spasial lag)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ada dependensi spasial lag)

Statistik Uji:

$$LM_{lag} = \frac{\left(\frac{e^T W_1 y}{s^2}\right)^2}{\frac{((W_1 X \beta)^2 M (W_1 X \beta) + T S^2)}{s^2}} \quad (13)$$

Dimana:

$$M = 1 - X(X^T X)^{-1} X^T \quad (14)$$

$$T = tr((W_1^T + W_1)W_1) \quad (15)$$

$$s^2 = \frac{e^T e}{n} \quad (16)$$

Tolak H_0 jika $LM_{lag} > X^2_{(\alpha,1)}$ atau $P - value < \alpha$. W_1 adalah matriks pembobot dan β adalah estimasi parameter dari model regresi OLS.

Hipotesis pada LM_{error} adalah sebagai berikut:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada dependensi spasial lag)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ada dependensi spasial lag)

Statistik Uji:

$$LM_{error} = \frac{\left(\frac{e^T W_w e}{\sigma^2}\right)^2}{T} \quad (17)$$

Dimana:

$$T = tr((W_2^T + W_2)W_2) \quad (18)$$

Tolak H_0 jika $LM_{error} > X^2_{(\alpha,1)}$ atau $P - value < \alpha$. W_2 adalah matriks pembobot.

Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia mengukur capaian pembangunan manusia berbasis sejumlah komponen dasar kualitas hidup. Sebagai ukuran kualitas hidup, IPM dibangun melalui pendekatan tiga dimensi dasar. Dimensi tersebut mencakup yaitu umur panjang dan sehat, pengetahuan, dan standar hidup yang layak. Ketiga dimensi tersebut memiliki pengertian sangat luas karena terkait banyak faktor. Untuk mengukur dimensi umur panjang dan sehat digunakan angka harapan hidup waktu lahir. Selanjutnya untuk mengukur dimensi pengetahuan digunakan gabungan indikator harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah. Adapun untuk mengukur dimensi hidup layak digunakan indikator pendapatan per kapita masyarakat.

METODE

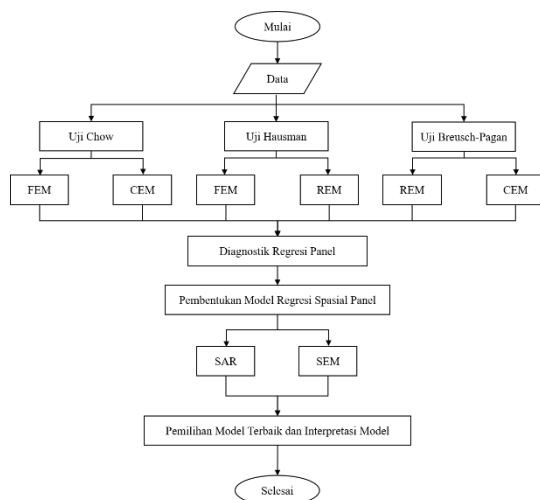
Pada penelitian penulis mengambil data sekunder yang akan digunakan pada analisis pembahasan. Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, yang dipublikasikan pada *website* resmi BPS, yaitu *website* BPS Jawa

Tengah. Data yang dijadikan unit observasi adalah kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Tengah dari tahun 2015 sampai 2019.

Terdapat dua jenis variabel yang digunakan pada penelitian ini, yaitu variabel dependen dan variabel independen. Variabel dependen yang digunakan pada penelitian ini adalah indeks pembangunan manusia di kabupaten/kota di Jawa Tengah periode tahun 2015 – 2019, sedangkan variabel independen yang digunakan pada penelitian ini (X1) jumlah tenaga kesehatan, (X2) angka partisipasi sekolah umur 16 – 18 tahun, (X3) jumlah penduduk miskin, (X4) upah minimum kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.

Langkah-langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

- 1) Memperoleh data yang akan digunakan.
- 2) Melakukan eksplorasi data dengan melihat pola penyebaran dan pemetaan data dengan software *ARCGIS*.
- 3) Menentukan pembobot spasial (*W*)
- 4) Melakukan estimasi model regresi data panel.
- 5) Melakukan uji pemilihan model regresi panel terbaik.
- 6) Mengestimasi parameter dari model spasial panel dengan menggunakan matriks pembobot spasial dengan metode *Spatial Autoregressive* (SAR) dan *Spatial Error Model* (SEM).
- 7) Pemilihan model spasial terbaik berdasarkan kriteria model.
- 8) Interpretasi hasil model dan membuat kesimpulan



Gambar 1. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan menggunakan regresi data panel dapat dilakukan dengan menggunakan tiga model yaitu, *Common Effect Model* (CEM), *Fixed Effect Model* (FEM), dan *Random Effect Model* (REM)

Hasil *Common Effect Model* dengan menggunakan program R adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 56.41436 + 0.00120 X_1 + 0.19038 X_2 - 0.02981 X_3 + 0.00000141 X_4$$

Hasil *Fixed Effect Model* dengan menggunakan program R adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{it} = \mu_i + 0.00015 X_{1it} + 0.03511 X_{2it} - 0.02349 X_{3it} + 0.00000223 X_{4it}$$

Hasil *Random Effect Model* dengan menggunakan program R adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{it} = 67.78236 + 0.000207 X_{1it} + 0.041954 X_{2it} - 0.02656 X_{3it} + 0.000002 X_{4it}$$

Pemilihan Model Regresi Data Panel

Uji Chow digunakan untuk memilih model terbaik antara CEM dan FEM, hasil dari uji Chow adalah sebagai berikut:

```

F test for individual effects

data: model
F = 188.77, df1 = 34, df2 = 136, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: significant effects
    
```

Gambar 2. Output Uji Chow

Dari hasil output pada gambar 2, didapat nilai $p - value < 2,2e^{-16}$ menunjukkan bahwa $p - value < \alpha (0,05)$. Maka tolak H_0 yang berarti bahwa *Fixed Effect Model* (FEM) lebih baik daripada *Common Effect Model* (CEM), sehingga terima FEM.

Uji Hausman digunakan untuk memilih model terbaik antara REM dan FEM, hasil dari uji Hausman adalah sebagai berikut:

```

Hausman Test

data: model
chisq = 18.443, df = 4, p-value = 0.001011
alternative hypothesis: one model is inconsistent
    
```

Gambar 3. Output Uji Hausman

Dari hasil output pada gambar 3, didapat nilai $p - value = 0.000002162$ menunjukkan bahwa $p - value < \alpha (0,05)$ yang berarti signifikan dengan menggunakan

distribusi *chisq* sebesar 18,443. Maka tolak H_0 yang berarti bahwa *Fixed Effect Model* (FEM) lebih baik daripada *Random Effect Model* (REM), sehingga terima model FEM.

Dari Uji Chow dan Uji Hausman menyatakan bahwa model FEM merupakan model yang terbaik, sehingga model data panel yang terpilih adalah *Fixed Effect Model* (FEM).

Matriks Pembobot Spasial

Pada tahap ini akan digunakan matriks pembobot spasial *Queen*. Alasan dalam memilih matriks pembobot spasial *Queen* karena antara wilayah satu dengan wilayah lainnya di Jawa Tengah saling bersinggungan sisi dan bersinggungan titik sudut.

Spatial Autoregressive Model

Tabel 1. Hasil Estimasi SAR

Variabel	Koefisien	Std. Error	t _{value}	p _{value}
JTK(X ₁)	0.0001352	0.0000396	3.4075	0.0006557 ***
APS(X ₂)	0.025004	0.005253	4.7598	0.000001937 ***
JPM(X ₃)	-0.012488	0.002558	-4.8814	0.000001053 ***
UMK(X ₄)	0.00000163	0.00000016	10.2075	< 2.2e - 16 ***
Lambda	0.075954	0.010242	7.4163	1.204e - 13 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Berdasarkan hasil pada tabel 1 menunjukkan bahwa variabel JTK, APS, JPM, dan UMK memiliki nilai $p_{value} < \alpha(0,05)$ yang berarti variable JTK, APS, JPM, dan UMK mempengaruhi model pada taraf signifikansi 5%. Sehingga model regresinya adalah

$$Y_{it} = 0.075954 \sum_{i=1}^{35} W_{it} + 0.0001352 X_{1it} + 0.025004 X_{2it} - 0.012488 X_{3it} + 0.00000163 X_{4it} + \mu_{it}$$

Dengan,

Y_{it} = penduga IPM daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{1it} = JTK daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{2it} = APS daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{3it} = JPM daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{4it} = UMK daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

Spatial Error Model

Tabel 2. Hasil Estimasi SEM

Variabel	Koefisien	Std. Error	t _{value}	p _{value}
JTK(X ₁)	0.000122	0.0000437	2.7879	0.005305 **
APS(X ₂)	0.0206006	0.005191	3.9684	0.000072356 ***
JPM(X ₃)	-0.015412	0.003428	-4.4951	0.000006952 ***
UMK(X ₄)	0.00000206	0.00000017	11.9909	< 2.2e - 16 ***
Rho	0.133271	0.014034	9.4963	< 2.2e - 16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Berdasarkan hasil pada tabel 2, semua variabel independen yakni JTK, APS, JPM, dan UMK memiliki $p_{value} < \alpha(0,05)$ yang berarti bahwa variabel-variabel independen tersebut secara signifikan mempengaruhi model pada taraf signifikansi 5%. Jadi model regresinya adalah sebagai berikut,

$$Y_{it} = 0,13428 \sum_{i=1}^{35} W_{it} + 0.000122 X_{1it}\beta_1 + 0.0206006X_{2it}\beta_2 - 0.015412 X_{3it}\beta_3 + 0.00000206 X_{4it}\beta_4 + \mu_{it}$$

Dengan,

Y_{it} = penduga IPM daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{1it} = JTK daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{2it} = APS daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{3it} = JPM daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{4it} = UMK daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

```
Baltagi, Song, Jung and Koh C.1 conditional test
data: log(IPM) ~ log(JTK) + log(APS) + log(JPM) + log(UMK)
LM = 0.018766, df = 1, p-value = 0.891
alternative hypothesis: spatial dependence in error terms, sub RE and serial corr.
```

Gambar 4. Hasil Output Uji C.1

X_{3it} = JPM daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

X_{4it} = UMK daerah ke-*i* dan tahun ke-*t*

Pemilihan Model Regresi Spasial Panel

Pemilihan model terbaik antara SAR dan SEM digunakan uji *Lagrange Multiplier*.

Gambar 4 menunjukkan hasil Uji LM_{error} yang dijalankan dengan Uji C.1 Berdasarkan gambar 4 diperoleh nilai $p_{value} = 0,891 > \alpha(0,05)$, maka terima H_0 atau tolak model SEM *Fixed Effect*.

Hasil Uji LM_{lag} yang dijalankan dengan Uji C.2 ditampilkan sebagai berikut:

```
Baltagi, Song, Jung and Koh C.2 conditional test
data: log(IPM) ~ log(JTK) + log(APS) + log(JPM) + log(UMK)
LM = 32.459, df = 1, p-value = 0.00000001217
alternative hypothesis: serial corr. in error terms, sub RE and spatial dependence
```

Gambar 5. Hasil Output Uji C.2

Berdasarkan gambar 5 diperoleh nilai $p_{value} = 0.00000001217 < \alpha(0,05)$, maka tolak H_0 yang berarti model yang terpilih adalah SAR *Fixed Effect Model*.

PENUTUP

Simpulan

- (1) Setelah melakukan uji dan diagnostik model regresi, model regresi spasial data panel terbaik untuk model Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di kabupaten/kota di Jawa Tengah periode 2015 – 2019 adalah *Spatial Autoregressive Fixed Effect Model* dengan persamaan model regresi $Y_{it} = 0.075954 \sum_{i=1}^{35} W_{it} + 0.0001352 X_{1it} + 0.025004 X_{2it} - 0.012488 X_{3it} + 0.00000163 X_{4it} + \mu_{it}; i = 1, \dots, 35; j = 1, \dots, 35$ dan $i \neq j$.
- (2) Model yang telah diperoleh menunjukkan bahwa keempat variabel independen

signifikan. Artinya nilai indeks pembangunan manusia di kabupaten/kota di Jawa Tengah dipengaruhi oleh jumlah tenaga kesehatan, angka partisipasi sekolah, jumlah penduduk miskin, dan upah minimum kab/kota.

Saran

- (1) Dalam meningkatkan nilai indeks pembangunan manusia di kabupaten/kota di Jawa Tengah diharapkan pemerintah dapat mengurangi angka kemiskinan dan meningkatkan jumlah tenaga kesehatan, angka partisipasi sekolah, dan upah minimum kab/kota di setiap daerah karena secara signifikan keempat variabel tersebut meningkatkan nilai indeks pembangunan manusia di tiap daerah. Fokus perhatian pemerintah kab/kota.
- (2) Karena keterbatasan penulis dalam melakukan penelitian, menganalisis data, dan keterbatasan waktu yang dimiliki oleh penulis maka penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan penambahan variabel-variabel lain yang berpengaruh terhadap nilai IPM serta dapat dilakukan penambahan periode waktu untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, Muhidin & Somantri. 2011. *Dasar-dasar Metode Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Pustaka Setia.
- Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Indeks Pembangunan Manusia*. BPS, <http://www.ipm.bps.go.id>.
- .Badan Pusat Statistik. 2020. *Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2020*. BPS, <http://www.jateng.bps.go.id>.
- Baltagi, B. H. 2005. *Econometrics Analysis of Panel Data (3rd ed)*. Chicester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan*. PT Gramedia. Jakarta.
- Elhorst JP, Freret S. 2009. *Yardstick Competition among Local Governments: French Evidence Using a Two-Regimes Spatial Panel Data Model*. *Journal of Regional Science*.
- Elhorst JP. 2010. *Spatial Panel Data Models*. Fischer MM, A Getis, editor, *Handbook of Applied Spatial Analysis*. New York: Springer.
- Greene, W. H. 2003. *Econometric Analysis (5 ed.)* New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Gujarati, D. N. 2004. *Basic Econometrics (4th ed)*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Hsiao, C. 2003. *Analysis of Panel Data (2 ed.)*. New York: Cambridge University Press.
- LeSage, J. P. 1998. *Spatial Econometrics*. Departement of Economics University of Toledo.
- LeSage JP, Pace KR. 2009. *Introduction to Spatial Econometrics*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Widarjono, Agus. 2007. *Ekonometrika Teori dan Aplikasi Untuk Ekonomi dan Bisnis (2nd ed)*. Yogyakarta: Ekonisia FE UII.