

Pemodelan Spatial Autoregressive (SAR) Untuk Persentase Kemiskinan Di Jawa Barat Tahun 2021

Muhammad Saifudin Nur

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, saifudinnur@unimus.ac.id

Prizka Rismawati Arum

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, prizka.rismawati@gmail.com

Fenny Amalia Adani

Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, amalia.faa37@gmail.com

Cintadea Amanda Dwi Aryani

Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, cintac005@gmail.com

Aqsal Maulana

Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, mrerewar@gmail.com

ABSTRAK, *Spatial Autoregressive Model* (SAR) merupakan model regresi spasial yang terdapat pengaruh spasial pada variabel terikat. Data spasial merujuk pada data yang mengandung informasi geografis atau lokasi wilayah. Proses analisis spasial yang terdiri dari visualisasi, eksplorasi dan pemodelan. Penelitian ini menggunakan variabel respon (y) yaitu kemiskinan, dan 5 variabel prediktor yaitu AMH (x_1), Tingkat pengangguran terbuka (x_2), PDRB (x_3), Angka Partisipasi (APS) (x_4), dan Angka Harapan Hidup (x_5). Faktor yang signifikan memberikan pengaruh pada kemiskinan Jawa Barat adalah PDRB (x_3). Model terbaik untuk data pada penelitian ini adalah SAR karena nilai R square pada regresi spasial lebih besar dibanding regresi klasik sebesar 62%. Variabel independen pada model regresi klasik tidak ada yang signifikan tetapi setelah dilakukan pemodelan menggunakan SAR terdapat satu variabel yang signifikan yang artinya memberikan nilai tambah pada model regresi SAR sebagai model terbaik.

Kata Kunci: *Spatial Autoregressive, SAR, kemiskinan, regresi*

1. PENDAHULUAN

Ketika seseorang atau keluarga menghadapi kesulitan pemenuhan kebutuhan dasar mereka sedangkan lingkungan mereka tidak cukup memberi peluang dalam meningkatkan kesejahteraan secara berkelanjutan atau keluar dari kondisi yang rentan, merupakan istilah dari kemiskinan [1]. Meningkatkan kinerja perekonomian adalah salah satu tujuan pembangunan nasional [2]. Menghapus kemiskinan merupakan tujuan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs) [3].

Sebagian negara berkembang mencapai kemajuan untuk meningkatkan produksi serta

pendapatan nasional, kemiskinan di negara-negara tersebut tetap menjadi masalah yang rumit [4]. Tingkat kemiskinan suatu negara atau daerah berkorelasi dengan tingkat kesejahteraan masyarakatnya [5]. Indonesia merupakan negara berkembang dimana kemiskinan merupakan isu yang terus menjadi perhatian. Kemiskinan merupakan tantangan bagi pembangunan Indonesia. Meskipun pemerintah telah melakukan berbagai upaya untuk mengatasi kemiskinan, namun masalah ini masih ada hingga saat ini.

Ada beberapa faktor yang saling berhubungan dan menyebabkan kemiskinan, seperti cacat fisik atau mental, pendidikan rendah, kurangnya modal atau keterampilan usaha, kurangnya kesempatan kerja, mengalami pemutusan hubungan kerja (PHK), kurangnya jaminan sosial, dan tinggal di daerah terpencil. Umumnya, terdapat beberapa komponen utama yang bertanggung jawab atas kemiskinan yaitu individu, sosbud, dan struktural. [6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat pengangguran dan tingkat inflasi memiliki pengaruh terhadap tingkat kemiskinan [7]. Laju pertumbuhan penduduk, durasi rata-rata sekolah, serta harapan hidup memiliki dampak terhadap tingkat kemiskinan di wilayah Jawa Barat. [8].

Pemerintah Provinsi Jawa Barat telah memprioritaskan penyelesaian masalah kemiskinan dalam RPJMD tahun 2018-2023. Pada tahun 2019, terdapat 3.399.160 penduduk miskin di Provinsi Jawa Barat atau sebesar

6.91%. Pada 2020, persentase kemiskinan di Provinsi Jawa Barat meningkat menjadi 7.9%. Secara relatif, Jawa Barat memiliki tingkat persentase kemiskinan yang tinggi jika dibandingkan dengan tingkat kemiskinan di seluruh Indonesia [9].

Sari menyatakan bahwa model SAR adalah model regresi spasial yang memiliki pengaruh spasial pada variabel terikat [10]. Data spasial merujuk pada data yang berisi informasi geografis atau lokasi wilayah. Tiga kelompok utama dalam analisis spasial, yaitu visualisasi, eksplorasi, dan pemodelan. Visualisasi menyajikan hasil analisis spasial secara visual, sedangkan eksplorasi melibatkan pengolahan data spasial menggunakan metode statistik. Menggunakan data spasial dan nonspasial untuk memprediksi pola spasial, pemodelan bertujuan untuk menunjukkan hubungan kausalitas. Heterogenitas spasial muncul karena adanya perbedaan antara wilayah-wilayah. Autokorelasi spasial pada variabel independen dapat menyebabkan estimasi yang tidak efisien, yang dapat diatasi dengan menggunakan model spasial autoregresif yang memperhitungkan pengaruh lag pada variabel independen.[11]

Berikut merupakan contoh penelitian menggunakan model SAR yaitu Wara Pramesti dan Agus Suharsono[12] D R S Saputro, dkk [13] Syarifah Diana Permai, dkk [14]. Penelitian mengenai perekonomian telah banyak dilakukan dengan menggunakan model SAR atau Spatial Autoregressive yaitu Analisis Pola Hubungan Persentase Penduduk Miskin Dengan Faktor Lingkungan, Ekonomi, Dan Sosial Di Indonesia Menggunakan Regresi Spasial[15], Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto Provinsi Jawa Tengah dengan Pendekatan Spatial Autoregressive Confused(SAC) [16] dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemiskinan di Jawa Barat dipengaruhi oleh efek spasial.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Model Regresi Klasik

Analisis regresi melibatkan penelitian tentang hubungan antar variabel dependen dan variabel independen yang sudah diketahui. Model regresi didefinisikan sebagai hubungan antara dua

variabel atau lebih yang diungkapkan melalui fungsi matematis. Dalam metode kuadrat terkecil, model regresi klasik sebagai berikut:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2.1)$$

Asumsi yang harus dipenuhi adalah:

- 1) $E(\varepsilon_i) = 0$ (harapan tiap galat bernilai nol)
- 2) $Var(\varepsilon_i^2) = 0$ (varians sama)
- 3) $E(\varepsilon_i\varepsilon_j) = 0$ (galat ε_i tidak berkorelasi dengan galat ε_j)

Penduga parameter β dengan metode OLS adalah:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (2.2)$$

Model Regresi Spasial

Analisis regresi spasial menganalisis variabel penjelas dan variabel respons berinteraksi satu sama lain. Dilakukan dengan memberikan efek spasial pada berbagai lokasi yang menjadi fokus pengamatan. [17]. Model regresi spasial adalah:

$$y = \rho W y + X\beta + u \quad (2.3)$$

$$u = \lambda W u + \varepsilon \quad (2.4)$$

$$\varepsilon \sim N(0, I\sigma^2)$$

Untuk y adalah variabel respon, ρ merupakan parameter koefisien untuk memperhitungkan pengaruh spasial lag, W merupakan matriks pembobot spasial, X yaitu variabel prediktor, β merupakan parameter regresi, u dan ε merupakan galat, λ yaitu parameter koefisien spasial error.

Model *Spatial Autoregressive* (SAR) merupakan sebuah bentuk model regresi spasial yang mempertimbangkan pengaruh spasial pada variabel terikat. Pendekatan area spasial memperhitungkan pengaruh spasial yang melibatkan variabel terikat. Model SAR, yaitu:

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon \quad (2.5)$$

$$\varepsilon \sim N(0, I\sigma^2)$$

Penduga kriteria dari model regresi SAR yaitu:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T (I - \rho W) Y \quad (2.6)$$

SEM adalah salah satu jenis analisis regresi spasial yang dihasilkan saat terdapat autokorelasi pada galat. Model SEM, yaitu:

$$y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1} \varepsilon \quad (2.7)$$

$$\varepsilon \sim N(0, I\sigma^2)$$

Penduga kriteria model regresi SEM yaitu:

$$\hat{\beta} = [(X - \lambda W X)^T (X - \lambda W X)]^{-1} (X - \lambda W X)^T (I - \lambda W) Y \quad (2.8)$$

Saat diasumsikan pengaruh spasial bergantung pada variabel dependen dan sisaan,

metode regresi spasial yang digunakan adalah *Spatial Autoregressive Moving Average* (SARMA).

$$y = \rho W y + X \beta + (I - \lambda W)^{-1} \varepsilon \quad (2.9)$$

$$\varepsilon \sim N(0, I \sigma^2)$$

Penduga kriteria dari model regresi SARMA adalah:

$$\hat{\beta} = [(X - \lambda W X)^T (X - \lambda W X)]^{-1} (X - \lambda W X)^T (I - \lambda W - \rho W) Y \quad (2.10)$$

Matriks Pembobot Spasial

Hubungan dari wilayah pengamatan berukuran $n \times n$ ditunjukkan oleh matriks pembobot spasial, yang disimbolkan oleh W [18] dimana n merupakan jumlah wilayah pengamatan. Matriks ini memiliki 2 jenis, yaitu matriks berdasarkan jarak dan persinggungan. Matriks yang didasarkan pada persinggungan adalah persinggungan tepi, sisi, sudut, dan sisi-sudut.

MORAN'S I

Berikut adalah rumus Moran's I:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.11)$$

dengan I merupakan indeks Moran's I , n merupakan jumlah amatan, x_i merupakan data variabel untuk i , x_j merupakan data variabel untuk j , \bar{x} merupakan rata-rata variabel x , serta w_{ij} merupakan elemen dari matriks pembobot.

Berikut merupakan rumus nilai ekspektasi I :

$$E(I) = I_0 = \frac{-1}{n-1} \quad (2.12)$$

Uji Lagrange Multiplier

Uji Lagrange Multiplier merupakan analisis yang digunakan untuk memilih pendekatan terbaik dalam regresi data panel, menggunakan efek umum atau efek acak. Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0: \rho = 0$ (tidak terdapat efek spasial dalam lag)

$H_0: \rho \neq 0$ (terdapat efek spasial dalam lag)

Statistik Uji *Lagrange Multiplier* sebagai berikut.

$$LM_{lag} = \frac{(\varepsilon^T W Y)^2}{s^2 ((W X \beta)^T M (W X \beta) + T s^2)} \quad (2.13)$$

$$LM_{error} = \frac{\left(\frac{\varepsilon^T W \varepsilon}{s^2}\right)^2}{T} \quad (2.14)$$

dengan

$$M = I - X(X^T X)^{-1} X^T \quad (2.15)$$

$$T = tr[(W^T + W)W] \quad (2.16)$$

$$s^2 = \frac{\varepsilon^T \varepsilon}{n} \quad (2.17)$$

Pengambilan keputusan, tolak H_0 jika $LM > X^2_{(\alpha,1)}$. Ketika LM_{error} signifikan, model yang sesuai yaitu SEM. Ketika LM_{lag} signifikan, model yang sesuai yaitu SAR. Ketika keduanya signifikan, model yang sesuai yaitu SARMA.

Estimasi Maksimum Likelihood Spasial

Prosedur estimasi maximum likelihood adalah dengan melakukan penurunan pertama fungsi likelihood atau log likelihood terhadap kriteria yang diestimasi serta menyamakannya dengan nol (0).

Manipulasi persamaan menjadi

$$u = (I - \rho W)y - X\beta \rightarrow (I - \rho W)y = X\beta + u \quad (2.18)$$

$$u = \lambda W u + \varepsilon \rightarrow (I - \lambda W)u = \varepsilon \rightarrow u = (I - \lambda W)^{-1} \varepsilon \quad (2.19)$$

Substitusi persamaan di atas

$$(I - \lambda W)[(I - \rho W)y - X\beta] = \varepsilon \quad (2.20)$$

Metode maximum likelihood tidak dapat digunakan untuk melakukan estimasi parameter spasial karena melibatkan parameter lain yang belum diketahui [19].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang merupakan data sekunder dari Open Data Jabar serta Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat dengan 27 kabupaten/kota administratif di Provinsi Jawa Barat tahun 2021. Variabel penelitian terdiri dari variabel terikat (y) yaitu kemiskinan, dan 5 variabel bebas yaitu AMH (x_1), Tingkat pengangguran terbuka (x_2), PDRB (x_3), Angka Partisipasi (APS) (x_4), dan Angka Harapan Hidup (x_5).

Langkah Penelitian

Berikut merupakan langkah-langkah penelitian metode SAR:

1. Memodelkan dengan regresi klasik
2. Melakukan pengujian asumsi klasik
3. Menggunakan uji moran untuk melihat efek spasial.

4. Menentukan model terbaik spasial lag dengan LM. Melihat nilai dari R-square dan AIC.
5. Menulis model spasial dan interpretasi
6. Pemilihan model terbaik antara regresi klasik dan regresi spasial.

4. PEMBAHASAN

Model Regresi Klasik

Estimasi kemiskinan di Provinsi Jawa Barat menggunakan pemodelan regresi klasik.

Tabel 4.1 Hasil estimasi koefisien model regresi

Variabel	Koefisien	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.5279	2.787	0.189	0.8515
x ₁	0.06429	0.2385	0.27	0.79
x ₂	0.000059	0.00003	-0.832	0.4145
x ₃	-0.2438	0.2931	-1.831	0.0806
x ₄	-0.2683	0.2286	-1.174	0.2531
x ₅	0.4121	0.3852	1.07	0.2963

Hasil dari output diatas didapatkan estimasi model sebagai berikut $y = 0.5279 + 0.06429 X_1 - 0.00006 X_2 - 0.2438 X_3 - 0.2286 X_4 + 0.4121 X_5$ dengan R square menggambarkan keragaman sebesar 42%

Uji Asumsi Regresi Klasik

Tabel berikut merupakan asumsi-asumsi pada regresi klasik:

Tabel 4.2 Hasil uji asumsi klasik

Uji	P-value	Kesimpulan
Normalitas	0.9204	normal
Autokorelasi	2.1513	terjadi
Homogenitas	0.0796	autokorelasi tidak terjadi
Autokorelasi	0.0021	homogenitas terjadi
		autokorelasi

Uji Normalitas Residual

Anderson-Darling normality test menunjukkan nilai p-value sebesar 0,9204. Sesuai dengan syarat pengambilan keputusan karena nilai p-value > 0.05 maka residual mengikuti distribusi normal.

Uji Homogenitas

Breusch-Pagan test dilakukan untuk melihat homogenitas menunjukkan nilai p-value sebesar 0,078. Sesuai dengan syarat pengambilan keputusan, karena p-value > 0.05 maka tidak terjadi gejala homogenitas.

Uji Multikolinieritas

Uji multikolinieritas menunjukkan bahwa semua variabel dari X1 sampai X5 untuk nilai tolerance semua variabel bernilai > 0.1 serta nilai VIF semua variabel bernilai < 10. Sesuai syarat pengambilan keputusan, maka tidak terjadi multikolinieritas.

Tabel 4.3 Hasil uji asumsi klasik

Variabel	VIF	Tolerance	Kesimpulan
x ₁	1.0895	0.9178	
x ₂	1.8045	0.5541	Tidak
x ₃	1.3171	0.7592	Terjadi
x ₄	1.5344	0.6516	Multiko
x ₅	2.0011	0.4997	

Uji Autokorelasi

Uji autokorelasi didapat nilai pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil uji asumsi autokorelasi Nilai

Dl	1.8608
Dw	2.1513
4-Du	2.1392

Nilai Dw adalah 2.1513. nilai Du diperoleh dari table Du dengan signifikansi 5% dengan jumlah sample 27 (n) dan jumlah variabel 5 (k). Dari table DW diperoleh nilai Du sebesar 1.8608. nilai Dw yang diperoleh lebih besar daripada nilai 4 –Du. sesuai syarat pengambilan keputusan maka dapat diambil kesimpulan bahwa tidak

terdapat Autokorelasi karena Nilai DW > 4-Du sebesar 2.1513 > 2.1392.

Analisis Regresi Spasial

Tabel berikut merupakan asumsi-asumsi pada regresi spasial:

Tabel 4.5 Hasil uji asumsi pada model SAR

Uji	P-value	Kesimpulan
Normalitas	0.9017	normal tidak terjadi
Homogenitas	0.4659	homogenitas tidak terjadi
Autokorelasi Spasial	0.6011	autokorelasi spasial

Uji Normalitas

Hasil dari uji dari Anderson-Darling normality test menunjukkan p-value yaitu 0,9017. Sesuai dengan syarat pengambilan keputusan yaitu nilai p-value > 0.05 maka residual mengikuti distribusi normal.

Uji Homogenitas Spasial

Uji Breusch-Pagan menunjukkan p-value yaitu 0.4659. Sesuai dengan syarat pengambilan keputusan p-value > 0.05 maka tidak terjadi gejala homogenitas spasial.

Uji Autokorelasi Spasial

Uji Moran I (Autokorelasi Spasial) diketahui nilai p-value 0.60115 < 0.05 yang mana membuktikan sudah tidak terdapat efek autokorelasi spasial.

Uji Lagrange Multiplier

Pada tabel lagrange multiplier dapat diketahui nilai statistic parameter p.value pada LMLag merupakan nilai paling signifikan terkecil maka model yang dipilih adalah model lag (SAR)

Tabel 4.6 Hasil uji asumsi pada regresi spasial

LMerr	5.71584	1	0.016812 *
LMLag	7.27698	1	0.006984 **
RLMerr	0.42887	1	0.51255
RLMLag	1.99	1	0.15834
SARMA	7.70585	2	0.021218 *

Model SAR

Model SAR merupakan sebuah bentuk model regresi spasial yang mempertimbangkan pengaruh spasial pada variabel terikat.

Tabel 4.7 Hasil estimasi model SAR

Var	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.5937	2.2707	-2.904	0.0037
x ₁	0.16983	0.16598	1.023	0.3062
x ₂	0.039035	0.20446	0.191	0.8486
x ₃	-0.00005	0.00002	-2.251	0.0244
x ₄	0.18663	0.15947	-1.17	0.2419
x ₅	0.14338	0.2681	0.535	0.5928

Interpretasi model

Estimasi model SAR sebagai berikut

$$Y_i = 0.66632 \sum_{j=1}^n w_{ij} Y_j - 6.5937 + 0.16983X_1 - 0.00005 X_2 + 0.039035 X_3 - 0.18663 X_4 + 0.14338X_5$$

Berdasarkan uji parameter dapat disimpulkan bahwa PDRB memberikan pengaruh signifikan terhadap kemiskinan di Jawa Barat tahun 2021. Sedangkan untuk x₁, x₂, x₄, dan x₅ tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kemiskinan.

Pemilihan Model Terbaik

Penentuan model terbaik antara regresi klasik serta spasial dilihat dari nilai AIC dan R-square.

Tabel 4.8 Pemilihan model terbaik

Model	AIC	R square
Regresi Klasik	144.22	0.42
Regresi Spasial	136.51	0.642

Nilai AIC yang awalnya 144.22 pada regresi klasik turun menjadi 136.51 pada regresi spasial sehingga pada data terdapat efek spasial. R-square regresi spasial lebih besar dari regresi klasik sebesar 64%, yang menunjukkan bahwa model regresi spasial yaitu SAR menjadi model terbaik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan di atas, data kemiskinan Jawa Barat 2021 dapat dimodelkan dengan SAR. Menggunakan uji LM dapat diketahui nilai LM lag signifikan sehingga dapat dimodelkan dengan SAR. Faktor-faktor yang signifikan dalam model SAR adalah PDRB (x3). Model terbaik untuk data pada penelitian ini adalah SAR karena nilai R square pada regresi spasial lebih besar dibanding regresi klasik sebesar 62%. Variabel independen pada model regresi klasik tidak ada yang signifikan tetapi setelah dilakukan pemodelan menggunakan SAR terdapat satu variabel yang signifikan yang artinya memberikan nilai tambah pada model regresi SAR.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Adawiyah, Kemiskinan_Dan_Penyebabnya, 1 (2020) 43–50.
- [2] W. Alwi, I. Rayyan, Nurfadilah, Analisis Regresi Data Panel pada Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2011-2015, J. MSA. 6 (2018) 1–15.
- [3] S.Z. Fedi, Analisis Rumah Tangga Miskin Di Kabupaten Lebong, J. MSA (Mat. Dan Stat. Serta Apl.). 9 (2021). <https://doi.org/10.24252/msa.v9i2.18894>.
- [4] N. Zuhdiyaty, D. Kaluge, Analisis Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Kemiskinan Di Indonesia Selama Lima Tahun Terakhir, J. Ilm. Bisnis Dan Ekon. Asia. 11 (2018) 27–31. <https://doi.org/10.32812/jibeka.v11i2.42>.
- [5] T.C. Leasiwal, Determinan dan karakteristik kemiskinan di Provinsi Maluku, Cita Ekon. J. Ekon. VII (2013) 1–26.
- [6] A.M. Ginting, Rasbin, Pengaruh pertumbuhan ekonomi terhadap tingkat kemiskinan di Indonesia sebelum dan setelah krisis, J. Ekon. Kebijak. Publik. 2 (2010) 279–312.
- [7] M.A. Jundi, D. Poerwono, Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Kemiskinan Provinsi-Provinsi di Indonesia, Skripsi. 1 (2014) 1–88.
- [8] Soemartini, Analisis Regresi Data Panel Dalam Pemodelan Tingkat Kemsikinan Penduduk di Jawa Barat, (2016) 8624535.
- [9] T.A. Taqiyuddin, M. Irfan, Faktor Penyebab Kemiskinan di Provinsi Jawa Barat Menggunakan Spatial Autoregressive Quantile Regression, J. Sains Mat. Dan Stat. 8 (2023) 59–69. <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/JSMS/article/view/13185%0Ahttp://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/JSMS/article/view/File/13185/7972>.
- [10] R. Tasyin, Identifikasi Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Pekanbaru Menggunakan Model Spasial Autoregresif, J. MSA (Mat. Dan Stat. Serta Apl.). 8 (2020) 58. <https://doi.org/10.24252/msa.v8i2.15973>.
- [11] N. Rohmawati, H. Wijayanto, A.H. Wigena, Ensemble spatial autoregressive model on the poverty data in java, Appl. Math. Sci. 9 (2015) 2103–2110. <https://doi.org/10.12988/ams.2015.4121034>.
- [12] W. Pramesti, A. Suharsono, Spatial autoregressive model for modeling of human development index in East Java province, Int. J. Mech. Eng. Technol. 10 (2019) 626–632.
- [13] D.R.. Saputro., R.Y. Muhsinin, P. Widyaningsih, Sulistyaningsih, Spatial autoregressive with a spatial autoregressive error term model and its parameter estimation with two-stage generalized spatial least square procedure, J. Phys. Conf. Ser. 1217 (2019). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1217/1/012104>.
- [14] S.D. Permai, R. Jauri, A. Chowanda, Spatial autoregressive (SAR) model for average expenditure of Papua Province, Procedia Comput. Sci. 157 (2019) 537–542. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.011>.
- [15] V.D. Laswinia, Analisis Pola Hubungan Persentase Penduduk Relationship Analysis Between Low-Lived Population

Percentage and Environmental , Economic , and Social Factors in Indonesia Using Spatial Regression, (2016).

- [16] P. Haznam, K. Abdul, Pemodelan Produk Domestik Regional Bruto Provinsi Jawa Tengah dengan Pendekatan Spatial Autoregressive Confused (SAC), Semin. Nas. Pendidikan, Sains Dan Teknol. Fak. Mat. Dan Ilmu Pengetah. Alam Univ. Muhammadiyah Semarang. (2017) 120–126.
- [17] D.H. Juniar, M. Ulinuha, Pemodelan Spatial Autoregressive (SAR) untuk Presentase Penduduk Miskin di Jawa Barat Tahun 2018, Riset, Inovasi, Reson. Dan Apl. Stat. (2021) 67–76.
- [18] H.P. Amalia, Yundari, Helmi, Metode Maximum Likelihood dalam Penaksiran Model Spatial Autoregressive (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia Seluruh Provinsi di Indonesia pada Tahun 2016), Bimaster Bul. Ilm. Mat. Stat. Dan Ter. 8 (2019) 437–446. <https://doi.org/10.26418/bbimst.v8i3.335>
- [19] Y.S. Edi, Quasi-Maximum Likelihood for Spatial Panel Regression (Case Study: Economic Growth of Municipalities in East Java Province 2007 - 2009), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012.