

PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI SUMATERA UTARA MENGUNAKAN REGRESI SPASIAL

Asmita Tumanggor

Universitas Negeri Medan

Elmanani Simamora

Universitas Negeri Medan

Email: asmitamagdalenatumanggor@gmail.com

Abstract. *The quality of life in North Sumatra currently still needs improvement, where poverty rates and human development are still lagging. These problems can be reflected in the community welfare indicator, namely the Human Development Index (IPM). One of these problems can be solved by knowing the factors that determine the Human Development Index in North Sumatra. The Human Development Index is suspected to contain elements of spatial dependency, therefore in this study the spatial regression method will be used with a spatially dependent effect model. The results of the analysis and discussion obtained are that the SAR model is the appropriate model in the case of the Human Development Index in North Sumatra. Predictor variables that significantly influence the Human Development Index in North Sumatra are Pure Enrollment Rate (APM) at Senior High School level x_1 , Poverty Rate x_4 , Open Unemployment Rate x_5 , and PDRB on the basis of price x_6 .*

Keywords: *Spatial Dependence, Human Development Index, Spatial Regression, Spatial Autoregressive Model (SAR).*

Abstrak. Kualitas kehidupan di Sumatera Utara saat ini masih membutuhkan perbaikan, dimana masih ditemukan tingkat kemiskinan dan pembangunan manusia yang tertinggal. Permasalahan tersebut dapat tercermin dari indikator kesejahteraan masyarakat yaitu Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Permasalahan tersebut dapat diselesaikan salah satunya dengan mengetahui faktor-faktor yang mengetahui Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara. Indeks Pembangunan Manusia diduga mengandung unsur dependensi spasial, oleh sebab itu pada penelitian ini akan digunakan metode regresi spasial dengan model efek dependensi spasial. Hasil analisis dan pembahasan yang diperoleh yaitu model SAR merupakan model yang sesuai pada kasus Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara. Variabel prediktor yang signifikan berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara adalah Angka Partisipasi Murni (APM) tingkat SMTA x_1 , Tingkat Kemiskinan x_4 , Tingkat Pengangguran Terbuka x_5 , dan PDRB atas dasar harga x_6 .

Kata kunci: Dependensi Spasial, Indeks Pembangunan Manusia, Regresi Spasial,

Received Agustus 01, 2023; Revised September 01, 2023; Oktober 01, 2023

* Asmita Tumanggor, asmitamagdalenatumanggor@gmail.com

Spatial Autoregressive Model (SAR).

LATAR BELAKANG

Perkembangan suatu negara tidak terlepas dari kata pembangunan. Dalam upaya pembangunan, faktor Sumber Daya Manusia (SDM) menjadi faktor penting dan pentingnya SDM harus diikuti dengan upaya pembangunan manusia (Masruroh & Subekti, 2016). Menurut *United Nations Development Programme (UNDP)* atau Badan Program Pembangunan Perserikatan Bangsa-Bangsa, pembangunan manusia merupakan perluasan pilihan bagi masyarakat untuk mewujudkan potensi penuh dari semua bidang kehidupan. Terdapat banyak pilihan yang tersedia. Namun, pilihan yang terpenting yaitu sehat dan berumur panjang, berilmu pengetahuan, dan hidup secara layak. Ketiga pilihan tersebut, selanjutnya dikenal sebagai tiga dimensi dasar pembangunan manusia yang dapat diukur dengan menggunakan sebuah indeks yaitu *Human Development Index (HDI)* atau Indeks Pembangunan Manusia (IPM) (BPS, 2021).

Indeks Pembangunan Manusia sebagai indeks kesejahteraan dihitung dari dimensi kesehatan dengan indikator Angka Harapan Hidup (AHH), dimensi pendidikan dengan indikator Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Harapan Lama Sekolah (HLS), sedangkan dimensi hidup layak dengan indikator Pengeluaran per Kapita. Ada pun manfaat IPM selain sebagai tolak ukur tingkat kesejahteraan masyarakat, juga bermanfaat untuk evaluasi hasil kinerja pemerintah dalam upaya pembangunan manusia.

Sumatera Utara sebagai provinsi terbesar di bagian barat Indonesiamerupakan provinsi dengan masalah kualitas kehidupan yang cukup memprihatinkan. Sumatera Utara masih dihadapkan pada kondisi yang cukup ironis sebab memiliki potensi sumberdaya yang cukup besar, tetapi masih terdapat kemiskinan dan ketertinggalan dalam pembangunan manusia. Hal ini tercemin dari capaian peringkat IPM pada kategori cukup rendah sesuai laporan BPS pada tahun 2022 yaitu peringkat 15 dari 34 Provinsi yang ada di Indonesia. Peringkat tersebut menjelaskan bahwa IPM di Sumatera Utara masih membutuhkan peningkatan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi IPM di Sumatera Utara.

Salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi suatu permasalahan yaitu metode Regresi Linear Berganda. Namun,

pada beberapa kasus, data yang dihasilkan pada variabel respon dalam Regresi Linear Berganda dapat dipengaruhi oleh kebiasaan ataupun opini dari wilayah sekitarnya yang mengakibatkan adanya autokorelasi spasial sehingga estimasi parameter yang dihasilkan bias dan tidak konsisten (McMillen, 1992). Ini sesuai dengan hukum pertama geografi yang dikemukakan Tobler (1979) yaitu segala sesuatu saling berkaitan, tetapi wilayah yang lebih dekat pada umumnya lebih berpengaruh. Hal tersebut juga terjadi pada kasus IPM.

Pada kasus IPM, terdapat efek spasial berupa dependensi spasial atau ketergantungan spasial (Inna et al., 2017). Efek spasial yang dimaksudkan yaitu bahwa nilai IPM suatu wilayah berpengaruh terhadap wilayah tetangganya atau wilayah yang berdekatan yang mengakibatkan terjadinya autokorelasi spasial (Ningtias, 2017). Oleh sebab itu, dikembangkan sebuah metode regresi dengan penambahan unsur spasial di dalamnya atau yang lebih dikenal dengan regresi spasial. Regresi spasial dapat diartikan sebagai metode statistika yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu kasus sosial ekonomi dengan pertimbangan efek spasial atau lokasi (Anselin, 1988).

Pada pemodelan regresi spasial terdapat beberapa ciri yang dapat dikenali misalnya, matriks pembobot spasial yang berguna sebagai penanda ketertanggaan suatu wilayah dengan kode binari 0 dan 1 (LeSage, 1999). Penentuan nilai dari unsur-unsur matriks tersebut tergantung pada definisi ketetanggaan yang digunakan. Pada regresi spasial juga akan ditemukan beberapa model dependensi spasial yang dikenal secara umum diantaranya, model spasial umum atau *General Spatial Model* (GSM), model autoregresif spasial atau *Model Spatial Autoregresif* (SAR) dan model galat spasial atau *Model Spasial Galat* (SEM) (Djuraidah, 2020).

Gambaran umum mengenai pemodelan regresi spasial pada kasus IPM dapat dilihat pada penelitian terdahulu. Misalnya penelitian yang dilakukan oleh Dina & Laelatul (2019) pada kasus Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Tengah yang memperoleh hasil yaitu terdapat autokorelasi spasial pada IPM, dimana kabupaten/kota dengan IPM berkategori tinggi cenderung dikelilingi oleh kabupaten/kota dengan IPM kategori tinggi dan sebaliknya. Ada pun model yang sesuai pada data tersebut adalah SAR. Selain itu, ada penelitian yang dilakukan Mila (2020) pada kasus IPM di Jawa Timur dengan hasil diperoleh yaitu terdapat autokorelasi positif pada data IPM, dan model yang sesuai adalah model SAR.

Merujuk pada penjelasan pentingnya penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi IPM dan metode regresi spasial yang sesuai pada data IPM di Sumatera Utara serta penelitian-penelitian terdahulu tentang Indeks Pembangunan Manusia dan Regresi Spasial, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul **”Pemodelan Faktor-Faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara dengan Menggunakan Regresi Spasial”**. Berdasarkan penelitian ini diharapkan model regresi spasial dapat memodelkan data IPM dengan tepat sehingga diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara secara signifikan.

KAJIAN TEORITIS

Indeks Pembangunan Manusia

Menurut BPS tahun 2022 Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan suatu indikator yang digunakan untuk mengukur capaian pembangunan manusia berbasis pada komponen dasar kualitas hidup manusia. Komponen dasar kualitas hidup manusia dilihat melalui pendekatan tiga dimensi dasar yang diukur dari empat indikator. Tiga dimensi dasar dan empat indikator tersebut yaitu Kesehatan berupa umur panjang dan hidup sehat. Indikator yang diukur adalah Angka Harapan Hidup (AHH). Pendidikan berupa pengetahuan. Indikator yang diukur adalah Rata-rata Lama Sekolah (RLS) dan Harapan Lama Sekolah (HLS). Pengeluaran berupa standar hidup layak. Indikator yang diukur adalah Pengeluaran per Kapita Disesuaikan (BPS, 2021).

Penggunaan IPM sebagai indikator kesejahteraan suatu wilayah sudah dilakukan sejak tahun 1990 oleh UNDP. Penggunaan IPM tersebut sekaligus menggantikan indikator ekonomi yang kurang mencerminkan kualitas kehidupan suatu masyarakat (BPS, 2021). Alasan IPM dapat digunakan sebagai indikator kesejahteraan karena IPM dapat mengetahui kondisi pembangunan di daerah berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh serta dapat menjelaskan bagaimana masyarakat dapat mengakses hasil pembangunan (BPS, 2021). Penggunaan IPM sebagai indikator kesejahteraan sudah diakui oleh berbagai negara, termasuk Indonesia.

Statistika Deskriptif

Menurut Walpole (1995), statistika deskriptif adalah metode yang berhubungan dengan pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang bermanfaat. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan analisis deskriptif untuk menggambarkan penyebaran Indeks Pembangunan Manusia di Sumatera Utara pada tahun 2021. Hal ini dilakukan sebagai langkah awal akan pengenalan IPM di Sumatera Utara.

Regresi Spasial

Menurut Anselin (1988), regresi spasial adalah metode regresi yang dapat digunakan pada data yang memiliki efek lokasi (*spatial effect*). Adapun efek lokasi (*spatial effect*) terdapat dua jenis yaitu dependensi spasial dan heterogenitas spasial. Adapun model regresi spasial secara umum dapat ditulis sebagai berikut (LeSage, 1999)

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \lambda \mathbf{W}\mathbf{1} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

Dari persamaan umum regresi spasial di atas, maka dapat dibentuk beberapa jenis model regresi spasial sebagai berikut.

Spatial Autoregressive Model (SAR)

Menurut LeSage (1999) *Spatial Autoregressive Model (SAR)* adalah salah model spasial dengan pendekatan area yang memperhitungkan pengaruh spasial *lag* yang ada pada variabel respon. Spasial *lag* muncul saat nilai observasi variabel respon pada suatu lokasi berkorelasi dengan nilai observasi variabel respon di lokasi sekitarnya (Rest et. al., 2020). Menurut LeSage (1999) model SAR terjadi jika $\rho \neq 0$ dan $\lambda = 0$ dengan bentuk persamaan:

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

Dengan V_i diasumsikan berdistribusi normal, bebas stokastik dan identik dengan nilai tengah nol dengan ragam σ^2 .

Spatial Error Model (SEM)

Menurut LeSage (1999), *Spatial Error Model (SEM)* adalah model spasial dapat digunakan ketika nilai *error* pada suatu lokasi berkorelasi dengan nilai *error* dengan lokasi sekitarnya atau ada korelasi spasial antar *error*. Bentuk *error* yang digambarkan dalam model SEM yaitu *error* lokasi i merupakan fungsi dari *error* pada lokasi j dengan j adalah suatu lokasi yang terletak disekitar lokasi i .

Menurut Anselin (1988) model ini terjadi jika $\rho = 0$ dan $\lambda \neq 0$, dengan bentuk persamaan:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \lambda\mathbf{W}\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

General Spatial Model (GSM)

Model *General Spatial Model (GSM)* menurut Djuraidah (2020) mempunyai komponen autoregresif di peubah respon dan *error*. Model ini terjadi apabila $\rho \neq 0$ dan $\lambda \neq 0$ dengan bentuk persamaan:

$$\mathbf{y} = \rho\mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$$

Dengan $\mathbf{u} = \lambda\mathbf{W}\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$

Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian dependensi spasial pada penelitian ini menggunakan Indeks Moran untuk mendeteksi keterkaitan antar lokasi dan uji Pengganda Lagrange untuk mengetahui letak dependensi spasial (Djuraidah, 2020).

1. Uji Indeks Moran

Menurut Goodchild (1986), Indeks Moran adalah suatu uji yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah ada autokorelasi spasial antar lokasi. Indeks Moran sebagai ukuran autokorelasi spasial yang dikemukakan oleh Patrick Alfred Pierce Moran pada tahun 1950 memiliki nilai antara -1 dan 1 . Nilai -1 menunjukkan autokorelasi negatif sempurna dan 1 menunjukkan autokorelasi positif sempurna). Menurut Lee & Wong, (2001) nilai Indeks Moran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{\left(\frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \right) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian autokorelasi spasial dengan indeks Moran adalah:

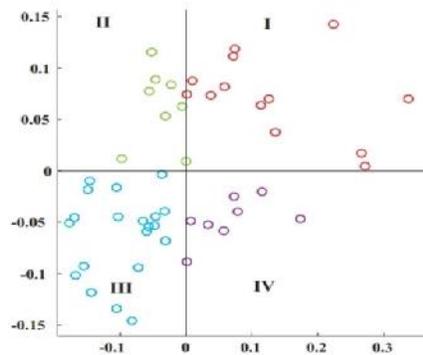
$H_0 : I = 0$ (Tidak ada autokorelasi antar lokasi)

$H_1 : I \neq 0$ (Ada autokorelasi antar lokasi)

Menurut Bivand et al. (2008), statistik uji Indeks Moran adalah :

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}$$

Statistika $Z(I)$ menyebar normal, sehingga dalam pengujian hipotesis, H_0 ditolak jika $Z(I) > Z_{\alpha/2}$ atau $Z(I) < -Z_{\alpha/2}$ atau $P\text{-value} < \alpha$ yang artinya terdapat autokorelasi spasial antar lokasi. Uji ini dilengkapi dengan penjelasan tiap kuadran.



Gambar 1. Kuadran Indeks Moran

1. Kuadran I dinamakan *High-High* (HH), dimana nilai observasi tinggi dikelilingi oleh daerah yang juga memiliki nilai observasi tinggi.
2. Kuadran II dinamakan *Low-High* (LH), dimana nilai observasi rendah dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai observasi tinggi.
3. Kuadran III dinamakan *Low-Low* (LL), dimana nilai observasi rendah dikelilingi oleh daerah yang juga memiliki nilai observasi rendah.
4. Kuadran IV dinamakan *High-Low* (HL), dimana nilai observasi tinggi dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai observasi rendah.

Setelah dilakukan uji Indeks Moran, selanjutnya untuk mengetahui letak autokorelasi spasial dilakukan uji Pengganda *Lagrange*.

2. Uji Pengganda *Lagrange*

Untuk menentukan model regresi spasial yang sesuai dengan data penelitian, lebih dahulu dilakukan uji dependensi spasial. Statistik uji yang digunakan untuk mengetahui dependensi spasial adalah uji Pengganda *Lagrange* atau *Lagrange Multiplier* (LM). Uji LM dapat digunakan untuk mengidentifikasi model SAR, SEM, atau GSM.

3. Uji untuk SAR

Uji ini digunakan untuk mendeteksi dependensi spasial pada *lag*, dimana apabila diperoleh hasil uji yang signifikan maka penelitian dapat dilanjutkan dengan model regresi spasial SAR.

Hipotesis pengujian dependensi spasial *lag* adalah:

$H_0 : \dots = 0$ (tidak terdapat ada dependensi spasial pada *lag*)

$H_1 : \dots \neq 0$ (ada terdapat dependensi spasial pada *lag*)

Statistika uji yang digunakan pada LM *lag* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Djuraidah, 2020):

$$LM_{SAR} = \frac{\left(\frac{\boldsymbol{\varepsilon}'\mathbf{W}\mathbf{y}}{\hat{\sigma}_{ML}^2}\right)^2}{\frac{(\mathbf{W}\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})' \mathbf{M}\mathbf{W}\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}}{\hat{\sigma}_{ML}^2} + \text{tr}[\mathbf{W}^2 + \mathbf{W}'\mathbf{W}]}$$

dengan:

$$\mathbf{M} = \mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$$

Kriteria uji yang digunakan yaitu H_0 ditolak jika $LM_{SAR} > t_{(r;1)}^2$ atau $P\text{-value} < \alpha$ yang artinya terdapat dependensi spasial pada *lag*, maka model yang sesuai digunakan dalam pemodelan adalah SAR.

a. Uji untuk SEM

Uji ini digunakan untuk ada tidak dependensi spasial pada *error*, dimana apabila diperoleh hasil uji yang signifikan maka penelitian dapat dilanjutkan dengan model regresi spasial SEM. Hipotesis pengujian yang digunakan:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada ketergantungan spasial pada galat)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ada ketergantungan spasial pada galat)

Statistik uji yang digunakan pada LM *error* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Djuraidah, 2020):

$$LM_{SEM} = \frac{\left(\frac{\boldsymbol{\varepsilon}' \mathbf{W} \boldsymbol{\varepsilon}}{\hat{\sigma}_{ML}^2} \right)^2}{tr[\mathbf{W}^2 + \mathbf{W}' \mathbf{W}]}$$

Kriteria uji yang digunakan yaitu H_0 ditolak jika $LM_{SEM} > t_{(r;1)}^2$ atau $P\text{-value} < \alpha$ yang artinya terdapat dependensi spasial pada *lag*, maka model yang sesuai digunakan dalam pemodelan adalah SEM.

b. Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial menjadi salah satu komponen penting. Matriks pembobot spasial ($\mathbf{W}_{n \times n}$) tersebut dapat menyatakan hubungan spasial antara n lokasi amatan (Anik, 2021). Untuk pembentukan matriks \mathbf{W} sendiri dapat dilakukan dengan pendekatan kontiguitas berupa interaksi ketertanggaan berdasarkan persentuhan batas (*common boundary*) (LeSage, 1988).

Dalam pembentukan matriks pembobot spasial dimulai dengan tahap pembentukan matriks kontiguitas spasial \mathbf{C} . Matriks kontiguitas tersebut merupakan matriks biner berukuran $n \times n$ dengan elemen 0 dan 1. Diberikan nilai 1 pada suatu elemen apabila wilayah i dan j terdapat hubungan ketertanggaan, dan nilai 0 untuk lainnya. Nilai elemen diagonal bagi matriks \mathbf{C} adalah 0. Untuk membentuk elemen-elemen tersebut, maka dibutuhkan konsep hubungan ketertanggaan. Menurut LeSage (1988) ada beberapa metode untuk mendefinisikan hubungan ketertanggaan antar lokasi diantaranya :

- *Rook Contiguity* (Persinggungan Sisi).

Pada metode ini, bobot C_{ij} akan diberikan nilai 1 jika suatu lokasi j bersinggungan sisi dengan lokasi amatan i sedangkan yang lainnya diberikan nilai 0.

- *Bhisop Contiguity* (Persinggungan Sudut).

Pada metode ini, bobot C_{ij} diberikan nilai 1 apabila suatu lokasi j bersinggungan sudut dengan lokasi amatan i sedangkan yang lainnya diberikan nilai 0.

- *Queen Contiguity* (persinggungan Sisi-Sudut).

Pada metode ini, bobot C_{ij} diberikan nilai 1 apabila suatu lokasi j bersinggungan sisi dan sudut dengan lokasi amatan i sedangkan lainnya diberikan nilai 0. Pada hasil pembentukan matriks kontiguitas perlu dilakukan proses standarisasi baris agar proses stokastik spasial dapat dibandingkan antara model (Djuraidah, 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian studi kasus dengan data sekunder yang diperoleh dari website Badan Pusat Statistik Sumatera Utara untuk data tahun 2021. Unit analisis yang diteliti adalah semua kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara dengan jumlah 33 kabupaten/kota dengan 25 kabupatendan 8 kota.

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan satu variabel respon yaitu Indeks Pembangunan Manusia dan enam variabel prediktor yaitu:

1. Angka Partisipasi Murni tingkat SMA
2. Angka Partisipasi Murni tingkat SMP
3. Jumlah Penduduk
4. Tingkat Kemiskinan
5. Tingkat Pengangguran Terbuka
6. PDRB atas dasar harga

Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini prosedur penelitian yang dilakukan yaitu:

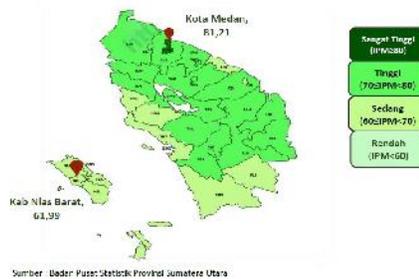
1. Merumuskan masalah yang perlu diatasi menggunakan ilmu matematika.
2. Menetapkan variabel penelitian.
3. Melakukan analisis data.
 - Melakukan analisis deskriptif.
 - Menentukan pembobot spasial menggunakan *queen contiguity*.
 - Melakukan identifikasi autokorelasi spasial menggunakan Indeks Moran.
 - Melakukan uji Pengganda *Lagrange* untuk mengetahui model regresi spasial yang sesuai pada data penelitian.

- Melakukan estimasi parameter pada model regresi spasial yang terpilih pada uji Penganda Lagrange dan membuat model regresinya
4. Melakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari analisis data.
 5. Membuat kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Pada penelitian ini, hasil yang diperoleh berdasarkan analisis deskriptif berupa gambaran umum tentang IPM yang ada di Sumatera Utara. Ada pun sarana yang digunakan untuk menggambarkan IPM di Sumatera Utara yaitu peta tematik yang bersumber dari BPS Sumatera Utara.



Gambar 2. Indeks Pembangunan Manusia Sumatera Utara

Pada peta tematik pada Gambar 2, terlihat bahwa wilayah kabupaten/kota yang memiliki Indeks Pembangunan Manusia berkategori sangat tinggi hanya diperoleh Kota Medan dengan capaian IPM sebesar 81,21. Untuk capaian pembangunan manusia terendah di Sumatera Utara dengan kategori sedang diraih oleh Kabupaten Nias Barat dengan IPM sebesar 61,99. Hal ini disebabkan karena Kabupaten tersebut merupakan kabupaten pemekaran dari Kabupaten Nias yang terletak di Pulau Nias di luar Pulau Sumatera sehingga, dihadapkan pada beberapa tantangan, seperti kurangnya akses dan ketersediaan sarana/prasana pendidikan dan kesehatan.

Matriks Pembobot Spasial

Penelitian ini menggunakan matriks pembobot spasial *queen contiguity* yang sudah distandarisasi baris sesuai yang dikemukakan oleh LeSage (1999). Ada pun hasilnya sebagai berikut.

$$W_{queen} = \begin{pmatrix} 0 & 0.333 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Analisis Dependensi Spasial

1. Analisis Indeks Moran

Ada pun hasil dari uji Indeks Moran yaitu:

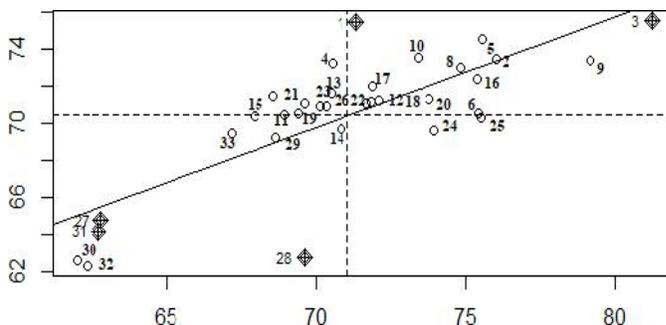
Tabel 1. Hasil Uji Indeks Moran

Variabel	<i>P-value</i>	Indeks Moran	E (I)	Var (I)
IPM	0.000	0.596	-0.031	0.018

Dari $\alpha = 10\%$ atau 0.1 sehingga H_0 ditolak, maka terbukti adanya autokorelasi spasial pada IPM di Sumatera Utara pada tahun 2021. Hal tersebut dapat memberikan kesimpulan bahwa secara umum IPM di Sumatera Utara mengalami proses *spatial clustering* atau pengelompokan secara spasial atau dapat dikatakan kabupaten/kotadengan IPM kategori tinggi dikelilingi oleh kabupaten/kota dengan IPM kategori pula pula.

2. Scatterplot Indeks Moran

Untuk melihat kecederungan umum pengelompokan serta karakteristik setiap wilayah, maka digunakan Scatterplot Indeks Moran yang merupakan representasi visual dalam bentuk grafik empat kuadran bagi setiap unit analisis yang dihitung. Setiap kuadran dibatasi oleh garis rata-rata dan rata-rata. Wilayah dikatakan memiliki karakteristik tinggi jika nilainya diatas rata-rata. Sebaliknya, wilayah memiliki



karakteristik rendah jika nilainya dibawah rata-rata. Adapun rata-rata dari nilai IPM adalah 71, 064. Berdasarkan IPM di Sumatera Utara pada tahun 2021 diperoleh Scatterplot Indeks Moran sebagai berikut ini.

Gambar 3. Plot Moran pada Indeks Pembangunan Manusia

Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa penyebaran nilai IPM terbanyak terdapat pada kuadran I (*high-high*) yang artinya kabupaten/kota di Sumatera Utara dengan angkatinggi cenderung berdekatan dengan kabupaten/kota yang memiliki angka IPM tinggi pula. yang termasuk dalam kuadran I (HH) yaitu Langkat, Binjai, Medan, Deli Serdang, Tebing Tinggi, Karo, Pematangsiantar, Simalungun, Dairi, Toba Samosir, Labuan batu Utara, Labuhan Batu, Labuhan batu Selatan, Simalungun.

Analisis Pengganda Lagrange

Hasil yang diperoleh dari uji Pengganda Lagrange sebagai dasar penentuan model regresi spasial yang sesuai untuk pemodelan kasus IPM di Sumatera Utara dapat dilihat pada Tabel 2. Ada pun tabel hasil uji Pengganda Lagrange yaitu:

Tabel 2. Hasil Uji Pengganda Lagrange

No	Pengujian	Nilai	P-value
1	χ^2 uji LM LM_{SAR}	3.5907	0.058
2	χ^2 uji LM LM_{SEM}	1.180	0.2773
3	χ^2 uji LM LM_{GSM}	3.8492	0.145

Berdasarkan tabel diketahui bahwa hanya LM_{SAR} kurang dari $\alpha = 0.1$ sehingga pemodelan regresi spasial pada penelitian ini dapat dilakukan dengan model SAR.

Pemodelan Spatial Autoregressive Model (SAR)

Ada pun hasil estimasi parameter yang diperoleh dari model SAR yaitu:

Tabel 3. Hasil Uji Model SAR Menggunakan R

Variabel	Estimasi	<i>P-value</i>
Konstan	30.169	0.003
$\frac{d\text{stai}}{x_1}$	0.247	0.000
$\frac{d_1}{x_2}$	-0.039	0.729
$\frac{x_2}{x_3}$	-0.00000316	0.151
$\frac{x_3}{x_4}$	-0.370	0.000
$\frac{x_4}{x_5}$	0.5834	0.000
$\frac{x_5}{x_6}$	0.00005	0.022
$\frac{x_6}{\rho}$	0.394	0.021

Untuk memperoleh model dengan hasil yang lebih baik, dilakukan estimasi parameter model SAR hanya menggunakan variabel yang signifikan yaitu variabel prediktor dengan *P-value* lebih kecil dari 0.1 dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perbaikan Model SAR

Variabel	Estimasi	<i>P-value</i>
Konstan	29.024	0.002
$\frac{d\text{stai}}{x_1}$	0.255	0.000
$\frac{d\text{stai}}{x_4}$	-0.351	0.000
$\frac{x_4}{x_5}$	0.620	0.000
$\frac{x_4}{x_6}$	0.000017	0.0184
$\frac{x_6}{\rho}$	0.341	0.036

Berdasarkan Tabel 4. model regresi spasial yang dapat dibentuk berdasarkan hasil estimasi parameter yaitu:

$$\hat{y} = 29.024 + 0.341W_y + 0.255x_1 - 0.351x_4 + 0.620x_5 + 0.000017x_6$$

Berdasarkan hasil estimasi model diketahui bahwa Angka Partisipasi Murni (APM) tingkat SMTA x_1 , Tingkat Pengangguran Terbuka x_5 , dan PDRB atas dasar harga x_6 memiliki tanda positif. Pengaruh secara positif dapat diartikan bahwa jika terjadi peningkatan nilai pada ketiga variabel tersebut, maka akan meningkatkan IPM di

Sumatera Utara sebesar 0.254, 0.587, dan 0.000017. Namun secara nyata Tingkat Pengangguran Terbuka x_5 tidak mungkin dapat meningkatkan IPM di Sumatera Utara, sebab Tingkat Pengangguran diharapkan memberikan pengaruh negatif. Selain itu PDRB atas dasar harga x_6 memberikan hasil yang sangat kecil. Untuk Tingkat Kemiskinan x_4 hal ini secara nyata menggambarkan keadaan yang ada di Sumatera Utara. Pengaruh secara negatif dapat diartikan bahwa jika terjadi peningkatan nilai variabel tersebut, maka akan menurunkan IPM di Sumatera Utara sebesar 0.355. Pada pemodelan yang sudah dilakukan, selain memperoleh variabel prediktor yang signifikan, muncul koefisien baru yang juga berpengaruh secara signifikan. Koefisien tersebut yaitu ρ dengan nilai 0.341.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah diperoleh, dapat disimpulkan dua hal sebagai berikut:

1. Model regresi spasial yang sesuai untuk pemodelan IPM adalah model SAR dengan bentuk persamaan:

$$\hat{y} = 29.024 + 0.341W_j + 0.255x_1 - 0.351x_4 + 0.620x_5 + 0.000017x_6$$

2. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap IPM di Sumatera Utara adalah Angka Partisipasi Murni (APM) tingkat SMTA x_1 , Tingkat Kemiskinan x_4 , Tingkat Pengangguran Terbuka x_5 , dan PDRB atas dasar harga x_6 . Selain keempat variabel tersebut, terdapat koefisien baru yang memberikan hasil signifikan terhadap IPM yaitu ρ . Koefisien tersebut dapat menunjukkan bahwa suatu wilayah akan mempengaruhi wilayah tetangganya sebesar 0.355.

DAFTAR REFERENSI

- Anselin, L. (1998). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer.
- Arbia, G. (2014). *A Primer for Spatial Econometrics With Application in R*. New York: St Martin's Press LLC.
- BPS. (2021). *Indeks Pembangunan Manusia Sumatera Utara 2021*. Medan: BPS.
- Case, A. (1992). Neighborhood Influence and Techological Change. *Regional Science and Urban Economics*, 22(3) : 491 – 508.
- Dewanto, T. F. (2018). *Model Regresi Probit Spasial dengan Pendekatan Recursive Importance Sampling (Studi Kasus: Indeks Kesehatan Tahun 2016 di Pulau Papua)*. Tesis, Ilmu Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Djuraidah, Anik. (2020). *Monograph Penerapan dan Pengembangan Regresi Spasial dengan Studi Kasus pada Kesehatan, Sosial, dan Ekonomi*. Bogor : IPB Press.
- Fahmi, E. F. F. (2016). *Model Regresi Probit Spasial pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur*. Tesis, Ilmu Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Inna, F. F., Hari, W. & Agus M. S. (2017). Analisis Regresi Spasial dan Pola Penyebaran pada Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Provinsi Jawa Tengah. *Media Statistika*, 10(2): 95-105.
- LeSage, J. P. (1999). *The Theory and Practice of Spatial of Spatial Econometrics*. Ohio Asia pacific Press.
- McMillen, D. P. (1992). Probit with Spatial Autocorrelation. *Journal of Regional Science*, 32(3): 335-348.