

PEMODELAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA MENGGUNAKAN ANALISIS REGRESI SPASIAL DI PROVINSI SUMATERA UTARA TAHUN 2024

Nopita Doloksaribu^{1*}, Emeylia Safitri²

^{1,2}Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Indonesia

*Penulis korespondensi: nopitads11@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan faktor-faktor yang memengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada tingkat kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024 serta menilai adanya keterkaitan spasial antarwilayah. Hasil regresi OLS menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 83,39% variasi IPM, meskipun hanya variabel rata-rata lama sekolah ($p = 0,0075$) dan pengeluaran riil per kapita ($p = 0,00041$) yang signifikan. Uji *Moran's I* mengonfirmasi adanya autokorelasi spasial positif pada seluruh variabel, dengan nilai tertinggi pada IPM (0,892). Uji *Lagrange Multiplier* menunjukkan bahwa dependensi spasial muncul pada sisi lag, sehingga model yang paling sesuai adalah *Spatial Autoregressive Model* (SAR). Pemilihan model berdasarkan AIC menunjukkan bahwa SAR merupakan model terbaik dengan nilai AIC = -22,9335. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pembangunan manusia di Sumatera Utara dipengaruhi oleh faktor pendidikan, kesehatan, dan ekonomi, serta dipengaruhi oleh keterkaitan spasial antarwilayah, sehingga pendekatan spasial memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap dinamika IPM.

Kata kunci: Indeks Pembangunan Manusia, analisis spasial, dependensi spasial, Sumatera Utara, kabupaten.

1 PENDAHULUAN

Pembangunan manusia merupakan salah satu indikator utama dalam mengukur tingkat keberhasilan pembangunan suatu wilayah. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) atau *Human Development Index* (HDI) menjadi ukuran komprehensif yang merepresentasikan kualitas hidup masyarakat melalui tiga dimensi utama, yaitu umur panjang dan hidup sehat, tingkat pengetahuan, serta standar hidup yang layak. Melalui pengukuran IPM, pemerintah dapat menilai tingkat kesejahteraan masyarakat serta merumuskan kebijakan pembangunan yang lebih tepat sasaran dan berorientasi pada peningkatan kualitas hidup penduduk. Dalam meningkatkan IPM disuatu pemerintah membutuhkan sebuah program yang efektif dan komperensif sebagai data dalam pengambilan kebijakan seperti penggunaan metode regresi spasial. Indeks Pembangunan Manusia merupakan salah satu indikator yang dapat memberikan gambaran umum dari pencapaian pembangunan dan penentuan prioritas- prioritasnya yang dicapai oleh suatu wilayah. Pencapaian pembangunan yang dimaksud adalah pembangunan yang berwawasan manusia yaitu pembangunan yang bertujuan untuk memperluas peluang. Hal ini sejalan dengan prioritas pembangunan Provinsi Sumatera Utara yang salah satunya adalah kesejahteraan masyarakat yang komponen- kompnennya meliputi tingkat pendidikan, pendapatan perkapita, tenaga kerja (*employment*), kesehatan dan lain-lain.

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu wilayah yang menunjukkan variasi tingkat pembangunan manusia antar kabupaten dan kota. Perbedaan kondisi sosial ekonomi, ketersediaan infrastruktur, serta akses terhadap layanan pendidikan dan kesehatan menyebabkan terjadinya ketimpangan pembangunan antarwilayah. Oleh karena itu, analisis terhadap faktor-faktor yang memengaruhi IPM di Provinsi Sumatera Utara menjadi penting

sebagai dasar dalam upaya pemerataan dan peningkatan kualitas pembangunan manusia di daerah tersebut.

Dalam menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap IPM, metode statistik konvensional seperti analisis regresi linier sering digunakan. Namun, model regresi linier mengasumsikan bahwa setiap wilayah bersifat independen, sedangkan pada kenyataannya terdapat keterkaitan spasial antarwilayah. Daerah yang berdekatan secara geografis umumnya memiliki karakteristik sosial ekonomi yang serupa. Oleh sebab itu, untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat dan representatif, digunakan pendekatan analisis regresi spasial yang mampu menangkap pengaruh keterkaitan antarwilayah (*spatial dependency*) serta variasi spasial (*spatial heterogeneity*).

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada tingkat kabupaten di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2024 dengan menggunakan metode analisis regresi spasial. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diidentifikasi faktor-faktor dominan yang memengaruhi IPM di setiap kabupaten/kota serta diketahui sejauh mana keterkaitan spasial antarwilayah berperan dalam menentukan tingkat pembangunan manusia.

2 METODE

2.1 Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan suatu indeks komposit yang terangkum dari pendekatan tiga dimensi dasar manusia, meliputi umur panjang dan sehat (sebagai ukuran *longevity*), pengetahuan/pendidikan (sebagai ukuran *knowledge*), dan standar hidup layak atau tingkat pendapatan riil (sebagai ukuran *living standards*). Secara umum konsep pembangunan adalah serangkaian proses kegiatan yang dilakukan oleh suatu negara untuk mengembangkan kegiatan ekonomi atau kegiatan untuk meningkatkan taraf hidup atau kesejahteraan dalam jangka panjang. Pembangunan juga diartikan sebagai suatu kondisi untuk memperoleh keadaan yang lebih baik melalui kombinasi berbagai proses sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Pembangunan mempunyai dua unsur pokok, yaitu pertama masalah material yang dihasilkan dan kedua masalah manusia sebagai pengambil inisiatif yang menjadi landasan pembangunan manusia. Sehingga salah satu capaian pembangunan daerah adalah meningkatkan kualitas masyarakatnya melalui pembangunan manusia guna mencapai peningkatan kesejahteraan (Dewi, N., 2016).

Konsep pembangunan manusia dipelopori oleh Theodore W. Schultz adalah seorang ekonom asal Amerika Serikat yang mengembangkan dasar teori human capital modern (Arriani, 2021). Schultz menyatakan bahwa untuk mendapatkan sumber daya manusia yang berkualitas maka perlu dibangun sumber daya manusia. Schultz juga menyatakan bahwa melalui rata-rata lama bersekolah dalam rangka meningkatkan wawasan dan keterampilan tidak hanya sebagai bentuk kegiatan konsumsi tetapi juga sebagai bentuk investasi. Peningkatan kemampuan produksi dan keterampilan tenaga kerja dapat memacu pertumbuhan ekonomi. Rata-rata lama sekolah dan angka harapan hidup yang memadai akan menciptakan kemajuan dalam jangka panjang. Rata-rata lama sekolah diharapkan dapat membentuk manusia terdidik yang produktif sehingga dapat mengurangi pengangguran dan meningkatkan pendapatan. Rata-rata lama sekolah dan angka harapan hidup merupakan wujud kebebasan masyarakat dalam memperbaiki dan meningkatkan kualitas hidup agar terhindar dari lingkaran setan kemiskinan (Sun'an, Muammil dan Senuk, 2015). Secara umum, IPM dihitung dengan rumus komposit yang dinormalisasi berdasarkan nilai minimum dan maksimum dari masing-masing indikator. Dalam konteks Indonesia, perhitungan IPM dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menggunakan data tahunan dari survei sosial ekonomi dan data administrasi pemerintah daerah.

IPM dibagi menjadi empat kategori menurut BPS (2024):

- IPM < 60: Pembangunan manusia rendah

- $60 \leq \text{IPM} < 70$: Pembangunan manusia sedang
- $70 \leq \text{IPM} < 80$: Pembangunan manusia tinggi
- $\text{IPM} \geq 80$: Pembangunan manusia sangat tinggi

Dengan demikian, semakin tinggi nilai IPM suatu daerah, semakin baik pula kualitas hidup penduduknya.

2.2 Analisis Regresi Spasial

Regresi spasial adalah metode regresi yang digunakan untuk tipe data spasial atau data yang memiliki efek lokasi (*spatial effect*). Efek lokasi (*spatial effect*) terdiri dari dua jenis yaitu dependensi spasial dan heterogenitas spasial. Dependensi spasial dapat diartikan bahwa pengamatan pada lokasi i bergantung pada pengamatan lain di lokasi j , $j \neq i$. Sedangkan heterogenitas spasial terjadi akibat adanya efek lokasi random, yaitu perbedaan antara satu lokasi dengan lokasi yang lainnya. Dasar berkembangnya metode regresi spasial adalah metode regresi linier klasik (regresi linier berganda). Pengembangan itu berdasarkan adanya pengaruh tempat atau spasial pada data yang dianalisis. Menurut Tobler pada tahun 1979 mengungkapkan di dalam Hukum Geografi pertama, bahwa segala sesuatu saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang dekat lebih mempunyai pengaruh daripada sesuatu yang jauh (Anselin, 1988). Dalam analisis regresi, terkadang ditemukan adanya data yang memiliki efek spasial sehingga memerlukan penanganan menggunakan analisis spasial. Menurut Kosfeld dalam Wuryandari, et al. (2014), hal yang sangat penting dalam analisis spasial adalah matriks pembobot spasial. Matriks pembobot spasial digunakan untuk menentukan bobot antar lokasi yang diamati berdasarkan hubungan ketetanggaan antar lokasi.

Analisis spasial merupakan pendekatan statistik yang mempertimbangkan lokasi geografis dan keterkaitan antarwilayah dalam proses analisis data. Dalam data spasial, nilai observasi di suatu lokasi sering kali dipengaruhi oleh nilai di lokasi sekitarnya, fenomena ini disebut autokorelasi spasial (*spatial autocorrelation*). Autokorelasi spasial dapat bersifat:

- Positif, jika wilayah yang berdekatan memiliki karakteristik yang mirip.
- Negatif, jika wilayah yang berdekatan memiliki karakteristik yang berbeda.

Salah satu ukuran umum untuk mendeteksi autokorelasi spasial adalah Moran's I, yang digunakan untuk melihat apakah data memiliki pola acak, mengelompok, atau menyebar. Beberapa bentuk model regresi spasial yang umum digunakan antara lain:

1. Spasial Lag Model (SLM)

Model ini mengasumsikan bahwa nilai variable dependen di suatu wilayah dipengaruhi oleh nilai variable dependen di wilayah sekitar. Bentuk umumnya:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$$

Dimana ρ adalah koefisien spasial lag, W adalah matriks bobot spasial, dan WY adalah pengaruh IPM wilayah sekitar.

2. Spasial Error Model (SEM)

Model ini digunakan Ketika hubungan spasial muncul pada komponen error. Bentuk umum modelnya:

$$Y = X\beta + \varepsilon, \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu$$

Dimana λ menunjukkan koefisien kesalahan spasial dan $W\varepsilon$ menunjukkan pengaruh kesalahan dari wilayah sekitar.

3. Spasial Durbin Model (SDM)

SDM merupakan model yang lebih umum dari SLM dan SEM, karena selain mempertimbangkan efek lag pada variabel dependen, juga memasukkan pengaruh variabel independen dari wilayah sekitar. Pemilihan model regresi spasial yang tepat biasanya didasarkan pada uji diagnostik, seperti Lagrange Multiplier (*LM Test*).

2.3 Sumber Data

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang bersifat kuantitatif. Sumber utama data yaitu Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Medan dan BPS Provinsi Sumatera Utara, untuk data IPM dan variabel sosial-ekonomi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis regresi spasial. Pendekatan ini dipilih karena fenomena Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di setiap kabupaten di Provinsi Sumatera Utara yang diduga tidak bersifat independen antarwilayah atau terdapat autokorelasi spasial. Adapun yang menjadi variabel penelitian yang digunakan adalah:

1. Variabel Dependen (Y): Indeks Pembangunan Manusia (IPM) per kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024.
2. Variabel Independen (X):
 - i. (X_1): Harapan Lama Sekolah (tahun)
 - ii. (X_2): Rata-rata Lama Sekolah (tahun)
 - iii. (X_3): Umur Harapan Hidup (tahun)
 - iv. (X_4): Pengeluaran riil per Kapita (juta rupiah/tahun)

2.4 Langkah Analisis

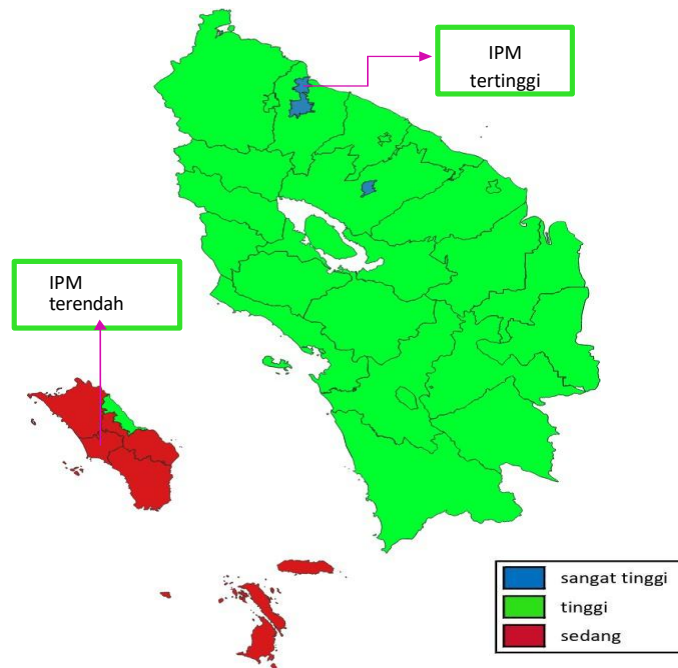
Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Analisis deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi umum dan pola sebaran Indeks Pembangunan Manusia (IPM) serta variabel-variabel independen.
2. Analisis autokorelasi spasial (*Moran's I*), yang bertujuan untuk mendeteksi apakah terdapat pengaruh spasial antarwilayah.
3. Analisis regresi linier OLS (*Ordinary Least Squares*), untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap IPM tanpa mempertimbangkan efek spasial. Hasil model OLS kemudian diuji apakah terdapat autokorelasi spasial menggunakan uji *Lagrange Multiplier* (LM Test).
4. Analisis regresi spasial. Jika hasil uji LM menunjukkan adanya efek spasial, maka dilakukan pemodelan regresi spasial dengan dua pendekatan utama.
5. Interpretasi dan validasi model

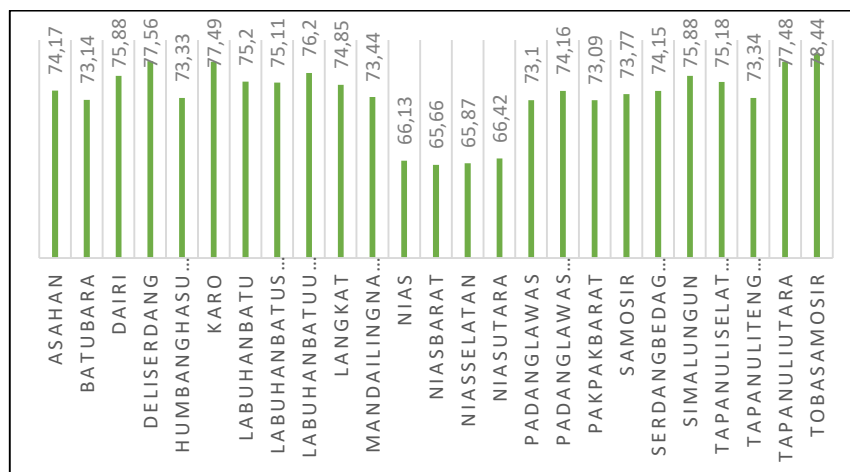
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, pada tahun 2024 sudah tidak ada lagi kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara yang capaian pembangunan manusianya berada pada posisi “rendah”. Sebagian besar yaitu 27 kabupaten/kota yang ada di Sumatera Utara berada pada posisi “tinggi” dan sebagian kecil yaitu 4 kabupaten/kota berada pada posisi “sedang”. Terdapat 2 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara yang berada pada kategori pembangunan manusia “sangat tinggi”. Sebesar 12,12 persen status pembangunan manusia kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara masih berstatus “sedang”. Lebih dari setengah (81,82%) kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara telah berhasil mencapai status pembangunan manusia “tinggi”, dan hanya sebesar 6,06% status capaian pembangunan manusia berstatus “sangat tinggi.”

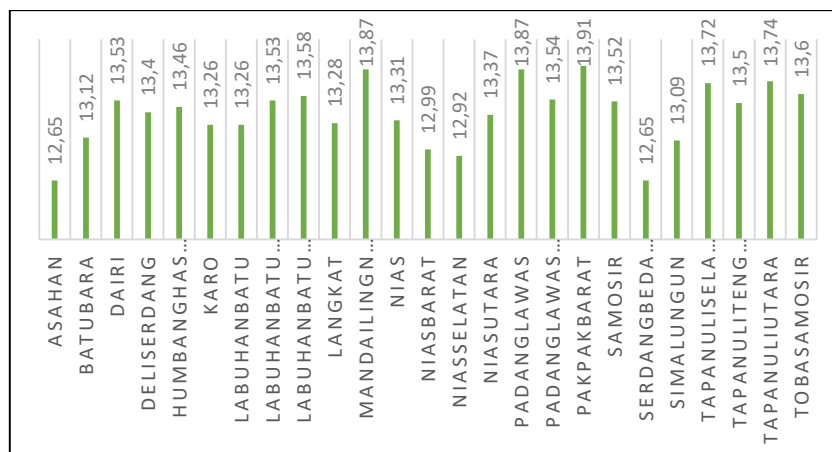


Gambar 1. Sebaran IPM kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara



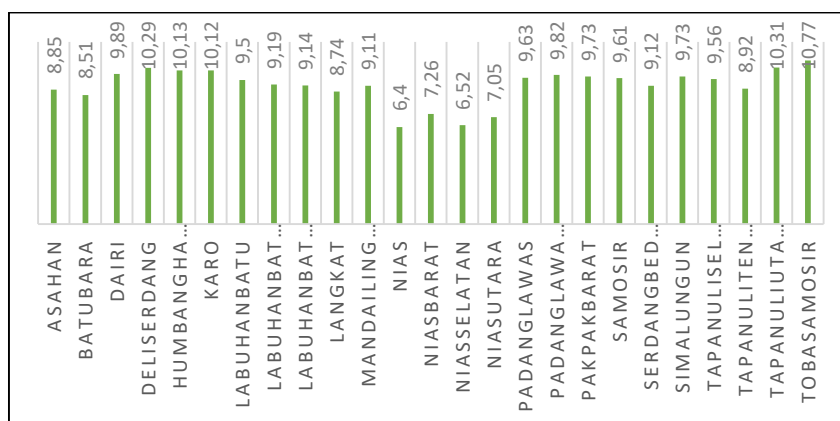
Gambar 2. Nilai IPM untuk tiap kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024

Berdasarkan rentang nilainya, Kabupaten di Provinsi Sumatera Utara dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori. Kelompok IPM tinggi dengan nilai berada di atas 75 didominasi oleh wilayah seperti Toba, Samosir, Tapanuli Utara, serta beberapa kabupaten lain yang memiliki infrastruktur pendidikan dan kesehatan yang relatif lebih mapan. Kelompok menengah (sekitar 70–75) mencakup daerah seperti Asahan, Deli Serdang, Karo, dan Labuhan Batu, yang menunjukkan kemajuan pembangunan manusia yang cukup baik meski belum mencapai tingkat optimal. Sementara itu, kelompok IPM rendah, yaitu di bawah 70, terutama ditempati oleh wilayah kepulauan seperti Nias, Nias Barat, dan Nias Selatan, yang masih berhadapan dengan keterbatasan dalam akses layanan dasar dan kualitas sumber daya manusia. Dari keseluruhan daerah yang ditampilkan, Toba dan Samosir tercatat sebagai wilayah dengan IPM tertinggi, berada pada kisaran nilai 78 menunjukkan capaian pembangunan manusia yang relatif lebih kuat dibandingkan daerah lain. Sebaliknya, Nias menjadi wilayah dengan IPM terendah, sekitar 66, yang menandakan adanya kesenjangan signifikan dalam kualitas pendidikan, kesehatan, dan kesejahteraan Masyarakat.



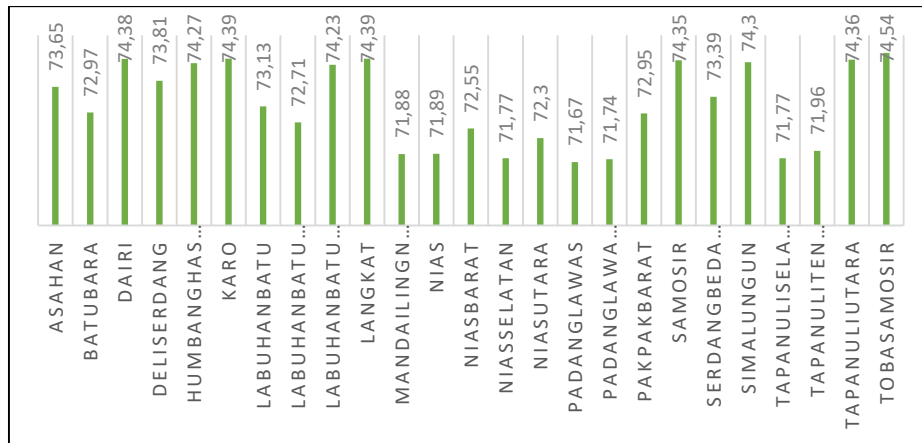
Gambar 3. Harapan Lama Sekolah (HLS, dalam tahun) untuk tiap kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024

Gambar 3 menunjukkan adanya variasi antar kabupaten di Sumatera Utara, meskipun rentang nilainya relatif berdekatan. Secara umum, daerah dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori. Kelompok HLS rendah, dengan nilai sekitar 12,5 tahun ke bawah, terutama ditempati oleh Nias, Nias Selatan, dan Mandailing Natal, yang menunjukkan bahwa peluang untuk menempuh pendidikan lebih lama masih terbatas di wilayah tersebut. Kelompok menengah, berada pada kisaran 12,6 hingga 13,3 tahun, meliputi wilayah seperti Labuhanbatu, Labuhanbatu Utara, Deli Serdang, Karo, Simalungun, dan beberapa daerah lain yang telah mencapai tingkat pendidikan yang cukup stabil namun belum termasuk kategori tertinggi. Sementara itu, kelompok HLS tinggi, dengan nilai di atas 13,4 tahun, mencakup Tapanuli Utara, Tapanuli Tengah, Pakpak Bharat, dan Toba, yang secara umum memiliki sarana pendidikan yang lebih memadai serta partisipasi sekolah yang lebih tinggi.



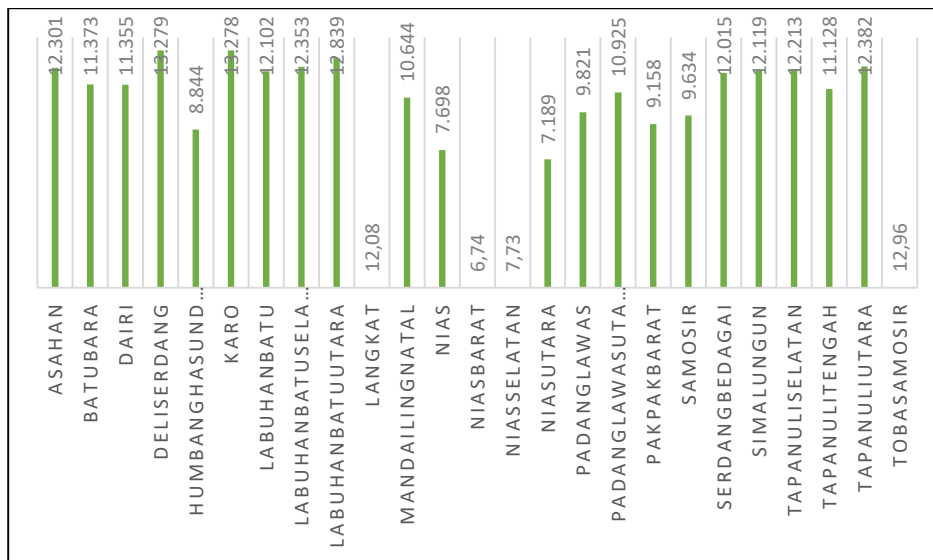
Gambar 4. Rata-rata Lama Sekolah (RLS, dalam tahun) untuk tiap kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024

Gambar 4 menunjukkan adanya variasi antardaerah di Sumatera Utara, meskipun sebagian besar kabupaten/kota berada pada rentang 8 hingga 10 tahun. Beberapa wilayah seperti Toba, Tapanuli Utara, dan Tapanuli Tengah mencatat nilai RLS lebih tinggi dibandingkan daerah lain, menandakan keberlanjutan pendidikan formal yang relatif lebih baik. Sebaliknya, Mandailing Natal, Nias, serta Nias Selatan berada pada posisi terendah, dengan rata-rata lama sekolah di bawah tujuh tahun, yang mengindikasikan masih terbatasnya akses atau partisipasi pendidikan penduduk setempat.



Gambar 5. Umur Harapan Hidup (UHH) untuk tiap kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024

Berdasarkan Gambar 5, terlihat adanya variasi tingkat harapan hidup antar-kabupaten/kota di Sumatera Utara, di mana sebagian besar wilayah menunjukkan nilai UHH berada pada kisaran awal hingga pertengahan 73 tahun. Kabupaten seperti Asahan, Deli Serdang, dan Humbang Hasundutan menampilkan angka harapan hidup relatif tinggi, menunjukkan pencapaian yang lebih baik dalam aspek kesehatan masyarakat serta kemungkinan akses layanan yang lebih memadai. Sebaliknya, beberapa daerah seperti Mandailing Natal, Nias, dan Nias Utara berada pada kisaran nilai yang sedikit lebih rendah, yang dapat mencerminkan perbedaan dalam ketersediaan infrastruktur kesehatan atau faktor sosial-ekonomi lokal.



Gambar 6. Umur Harapan Hidup (UHH) untuk tiap kabupaten di Provinsi Sumatera Utara tahun 2024

Gambar 6 menunjukkan variasi kemampuan ekonomi rumah tangga antardaerah di Sumatera Utara, dengan beberapa kabupaten seperti Deli Serdang, Labuhanbatu Utara, dan Toba mencatat nilai pengeluaran yang relatif lebih tinggi, yang mengisyaratkan kondisi ekonomi lokal yang lebih kuat serta akses yang lebih baik terhadap barang dan jasa. Di sisi lain, wilayah seperti Humbang Hasundutan, Mandailing Natal, dan Nias Barat berada pada tingkat

pengeluaran yang lebih rendah, yang dapat mencerminkan keterbatasan daya beli masyarakat maupun perbedaan struktur ekonomi daerah.

3.2 Regresi dengan OLS

Regresi dengan OLS dilakukan untuk melihat gambaran awal model. Nilai *R-squared* yang dihasilkan sebesar 83%. Tabel 1 menyajikan tingkat signifikansi, variabel yang berpengaruh adalah variabel rata-rata lama sekolah (RLS) dan variabel pengeluaran ril per kapita (PDB). Setiap peningkatan satu tahun pada rata-rata lama sekolah diperkirakan akan meningkatkan IPM. Sedangkan pendapatan yang lebih tinggi memungkinkan masyarakat untuk mengakses kebutuhan yang lebih baik sehingga meningkatkan kesejahteraan dan berkontribusi pada IPM.

Tabel 1. Hasil Regresi dengan OLS

Variabel	Probability	Keterangan ($\alpha = 5\%$)
Constant	0,0607	Tidak berpengaruh signifikan
HLS	0,4177	Tidak berpengaruh signifikan
RLS	0,0075	Berpengaruh signifikan
UHH	0,9330	Tidak berpengaruh signifikan
PDB	0,00041	Sangat berpengaruh signifikan

3.3 Indeks Moran's I

Ketergantungan antara suatu lokasi dengan lokasi lain yang letaknya berdekatan menyebabkan terjadinya autokorelasi spasial. Salah satu uji yang digunakan dalam pemeriksaan keberadaan autokorelasi spasial yaitu Moran's I yang dapat diperoleh dengan formula sebagai berikut:

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

$$E(I) = -\frac{1}{28-1}$$

$$E(I) = -\frac{1}{27}$$

$$E(I) = -0,037$$

Tabel 2. Indeks Moran's I

Variabel	Moran's I
Y	0,892
X_1	0,463
X_2	0,778
X_3	0,615
X_4	0,829

Seluruh variabel pada penelitian ini menunjukkan autokorelasi spasial positif karena nilai Moran's I-nya berada jauh di atas nilai ekspektasi acak sebesar $-0,037$. Nilai tertinggi ditunjukkan oleh variabel Y (IPM) sebesar 0,892, yang menandakan bahwa daerah dengan tingkat IPM serupa cenderung saling berdekatan dan membentuk kelompok yang jelas. Variabel PDB (X_4) dengan nilai 0,829 juga menunjukkan pola pengelompokan yang kuat,

mencerminkan konsentrasi wilayah dengan tingkat perekonomian serupa. Rata-rata Lama Sekolah (X_2) memiliki nilai 0,778, yang menunjukkan adanya keserupaan kondisi pendidikan antarwilayah yang berdekatan. Selanjutnya, nilai Moran's I untuk UHH (X_3) yaitu 0,615 menggambarkan adanya pola kedekatan spasial yang cukup kuat terkait tingkat kesehatan penduduk. Sementara itu, Harapan Lama Sekolah (X_1) dengan nilai 0,463 tetap menunjukkan kecenderungan terbentuknya kelompok wilayah dengan karakteristik pendidikan yang mirip, meskipun tidak sekuat variabel lainnya.

3.4 Uji Lagrange Multiplier (LM)

Pemilihan model regresi spasial yang tepat dilakukan dengan menggunakan hasil Uji Lagrange Multiplier (LM), yaitu LM-Lag dan LM-Error beserta versi *robust*-nya. Uji ini bertujuan untuk menentukan apakah model regresi biasa (OLS) sudah memadai atau apakah diperlukan model spasial, yaitu *Spatial Lag Model* (SLM) atau *Spatial Error Model* (SEM).

Tabel 2. Indeks Moran's I

Uji Depedensi Spasial	Nilai	Probabilitas
<i>Lagrange Multiplier</i> (lag)	12,8888	0,00033
<i>Lagrange Multiplier</i> (error)	0,0054	0,94120
<i>Robust LM</i> (Lag)	12,9797	0,00031
<i>Robust LM</i> (Error)	0,0963	0,75637
Taraf signifikan $\alpha = 0,05$		

Berdasarkan Tabel 2 nilai probabilitas model *Lagrange Multiplier* (lag) dan nilai *Robust LM* (Lag) memiliki nilai probabilitas yang jauh lebih kecil dari nilai taraf signifikan 0,05, dimana masing-masing nilainya 0,00033 dan 0,00031, sehingga keduanya dinyatakan signifikan. Untuk nilai probabilitas *Lagrange Multiplier* (error) sebesar 0,94120 > 0,05 sehingga dikatakan tidak signifikan dan untuk nilai probabilitas *Robust LM* (Error) sebesar 0,75637 > 0,05 sehingga dikatakan tidak signifikan yang menegaskan bahwa tidak ada efek error spasial. Jika nilai *Lagrange Multiplier* (lag) dan *Robust LM* (Lag) signifikan, sedangkan *Lagrange Multiplier* (error) dan *Robust LM* (Error) tidak signifikan, maka model yang tepat digunakan adalah model SAR (*Spatial Autoregressive Model* atau *spatial lag model*).

3.5 Pendugaan Parameter Regresi Spasial

Pendugaan parameter regresi spasial dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) setelah ditetapkan bahwa model yang sesuai adalah *Spatial Autoregressive Model* (SAR). Pada model ini, parameter yang diestimasi meliputi koefisien regresi untuk setiap variabel independen serta nilai koefisien spasial yang menunjukkan tingkat ketergantungan spasial antarwilayah.

Tabel 3.

Variabel	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
CONSTANT	1,24237	3,00613	0,413277	0,67940
HLS	1,11672	0,0955389	11,6887	0,00000
RLS	1,15473	0,0504925	22,8693	0,00000
UHH	0,396776	0,0304333	13,0376	0,00000
PDB	0,958521	0,0258252	37,1157	0,00000
W	0,10009	0,0192147	5,20904	0,0000

Dari variabel independen, HLS, RLS, UHH, dan PDB seluruhnya berpengaruh signifikan terhadap IPM dengan nilai probabilitas 0,00000. Koefisien HLS sebesar 1,11672 menandakan bahwa peningkatan satu unit Harapan Lama Sekolah meningkatkan IPM sebesar 1,11672 poin. RLS memiliki koefisien 1,15473, menunjukkan bahwa peningkatan satu unit Rata-rata Lama Sekolah mendorong kenaikan IPM sebesar 1,15473 poin. Selanjutnya, koefisien UHH sebesar 0,396776 menggambarkan bahwa peningkatan satu tahun Umur Harapan Hidup meningkatkan IPM sebesar 0,396776 poin. PDB adalah variabel paling dominan dengan koefisien 0,585521, yang menunjukkan bahwa peningkatan satu unit log PDB memberikan pengaruh positif paling besar terhadap IPM. Nilai AIC yang dihasilkan oleh model sebesar -22,9335.

Persamaan model SAR yang terbentuk dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Y_i = 0,10009 \sum_j w_{ij} Y_j + 1,24237 + 1,11672X_1 + 1,15473X_2 + 0,396776X_3 + 0,958522X_4 + \varepsilon_i$$

4 KESIMPULAN

Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2024 telah mencapai 75,76 dengan status pembangunan manusia Provinsi Sumatera Utara tetap berstatus “tinggi”. Nilai IPM tertinggi terdapat pada Kabupaten Toba dan Samosir dengan nilai sekitar 78, sedangkan nilai terendah terdapat pada Kabupaten Nias dengan nilai sekitar 66. Uji *Lagrange Multiplier* menunjukkan bahwa model yang paling sesuai adalah *Spatial Autoregressive Model* (SAR), ditunjukkan oleh nilai LM-Lag = 12,8888 (p = 0,00033) dan Robust LM-Lag = 12,9797 (p = 0,00031), sementara LM-Error tidak signifikan (p = 0,94120). Estimasi SAR menghasilkan koefisien spasial sebesar 0,10009, yang berarti adanya pengaruh IPM dari wilayah sekitar. Seluruh variabel independen signifikan dengan koefisien: HLS = 1,11672, RLS = 1,15473, UHH = 0,396776, dan PDB = 0,958522. Nilai koefisien terbesar pada RLS dan PDB menunjukkan kedua variabel ini sebagai determinan paling dominan terhadap peningkatan IPM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan artikel ilmiah yang berjudul: “Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Analisis Regresi Spasial Di Provinsi Sumatera Utara Tahun 2024”. Dalam penyusunan artikel ilmiah ini, penulis tidak terlepas dari perhatian dan bimbingan dari beberapa pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Emeylia Safitri selaku dosen pembimbing, yang sudah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis selama penyusunan Artikel Ilmiah ini. Demikian artikel ilmiah ini di buat, penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu sehingga artikel ilmiah ini selesai tepat pada waktunya, semoga Tuhan Yang Maha Esa memberkati kita semuanya.

DAFTAR PUSTAKA

Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic Publishers.
Arriani, R. R. (2021). The correlation of SDG 1 and 8 and spatial effect of human development index in Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 940.

- Badan Pusat Statistik Kota Medan. (2024). *Indeks Pembangunan Manusia Kota Medan Tahun 2024*. BPS Kota Medan.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2024). *Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Sumatera Utara Tahun 2024* (Berita Resmi Statistik No. 73/12/12/Th. XXVII). Badan Pusat Statistik.
- Dewi, N., Yusuf, Y., & Iyan, R. (2016). Pengaruh kemiskinan dan pertumbuhan ekonomi terhadap indeks pembangunan manusia di Provinsi Riau. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Riau*, 4(1), 870–882.
- Kasih, S. W. A., & Santoso, E. (2024). Model determinan indeks pembangunan manusia di Indonesia: Pendekatan spasial. *JAE: Jurnal Akuntansi dan Ekonomi*, 9(2), 1–14.
- Maulana, A., Meilawati, R., & Widiastuti, V. (2019). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) metode baru menurut provinsi tahun 2015 menggunakan Geographically Weighted Regression (GWR). *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 2(1).
- Nainggolan, L., Lie, D., Nainggolan, N., & Siregar, R. (2022). How determinants of the human development index impact Indonesia. *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics (IIJSE)*, 5(2), 687–700.
- Novitasari, D., & Khikmah, L. (2019). Penerapan model regresi spasial pada indeks pembangunan manusia (IPM) di Jawa Tengah. *Statistika*, 19(2), 123–134.
- Nurhalizah, N., & Sitompul, P. (2022). Analysis of ordinary least square and geographically weighted regression on the human development index of North Sumatra 2021. *Formosa Journal of Applied Sciences (FJAS)*, 1(6), 981–1000.
- Rosa, M., Maiyastri, & Yozza, H. (2020). Pemodelan Indeks Pembangunan Manusia menggunakan analisis regresi spasial di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Matematika UNAND*, 9(4), 347–356.
- Santika, N. L. D. (2014). Pengaruh komponen indeks pembangunan manusia terhadap pertumbuhan ekonomi Provinsi Bali. *Jurnal Ekonomi Pembangunan Unud*, 3(3), 106–114.
- Sun'an, M., & Senuk, A. (2015). *Ekonomi pembangunan daerah*. Mitra Wacana Media.
- Tarigan, W. S. (2021). *Analisis regresi spasial pada indeks pembangunan manusia di Provinsi Sumatera Utara tahun 2020*. Seminar Nasional Official Statistics (SNOS) 2021, Badan Pusat Statistik, Indonesia.
- Tobler, W. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46, 234–240.
- Wuryandari, T., Handayani, H., & Prasetyo, P. (2014). Analisis spasial untuk data cross section: Pendekatan model SAR dan SEM. *Jurnal Media Statistika*, 7(1), 1–12.