

Pemodelan Indeks Kebahagiaan di Indonesia Berdasarkan Pendekatan *Mixed Geographically Weighted Regression*

Alfredi Yoani¹, Fina Insiyroh², Leni Sartika Panjaitan³, Toha Saifudin^{4✉}, Sulyanto⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 09-12-2023

Direvisi : 18-12-2023

Diterima : 20-12-2023

ABSTRAK

Kesejahteraan masyarakat, melibatkan pemenuhan kebutuhan pokok dan peluang pendidikan serta pekerjaan, dapat diukur salah satunya melalui indeks kebahagiaan. Penelitian ini bertujuan membantu pemerintah Indonesia mencapai *Sustainable Development Goal* ke-3 terkait Kesehatan dan Kesejahteraan karena dengan memahami faktor-faktor yang memengaruhi indeks kebahagiaan, diharapkan pemerintah mampu meningkatkan taraf kesehatan dan kesejahteraan masyarakat Indonesia. Indeks kebahagiaan bersifat bervariasi di setiap wilayah geografis karena faktor-faktor seperti budaya, sosial, dan lingkungan dapat memberikan pengaruh yang berbeda-beda untuk setiap wilayahnya. Selain itu, untuk mengakomodir kemungkinan variabel yang pengaruhnya bersifat global ataupun lokal, metode *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) dapat menjadi metode yang tepat untuk menganalisis permasalahan ini. Pada penelitian ini diperoleh hasil model regresi global, model GWR, dan model MGWR dengan menggunakan pembobot kernel *fixed gaussian* dan *bi-square*. Berdasarkan nilai *Akaike's Information Criterion Corrected* (AIC) terkecil, serta R^2 terbesar yakni 87,2% menunjukkan bahwa metode MGWR merupakan metode terbaik dalam memodelkan Indeks Kebahagiaan di Indonesia.

Kata Kunci:

Indeks Kebahagiaan, *Mixed Geographically Weighted Regression*, Pemodelan, R^2 , SDGs

Keywords :

Happiness Index, Mixed Geographically Weighted Regression, Modelling, R^2 , SDGs

ABSTRACT

The well-being of society, involving the fulfilment of basic needs, education opportunities, and employment, can be measured through happiness index. This research aims to assist the Indonesian government in achieving Sustainable Development Goal 3 related to Health and Well-being. It is hoped that by comprehending these factors, the government can improve the health and well-being of the Indonesian population. The happiness index varies across geographical regions due to factors such as culture and the environment, which exert different influences in each area. To accommodate the possibility of variables with global or local effects, the *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) is used to analyze this problem. The study obtained results from the global regression model, GWR model, and MGWR model using *fixed Gaussian* and *bi-square* kernel weights. Based on the smallest *Akaike's Information Criterion Corrected* (AIC) values and the highest R^2 (87.2%), it is indicated that the MGWR method is the most suitable for modeling the Happiness Index in Indonesia.

Corresponding Author :

Toha Saifudin

Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Indonesia

Jl. Dr. Ir. H. Soekarno, Mulyorejo, Kec. Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur 60115

Email: toha_saifudin@unair.ac.id

PENDAHULUAN

Kesejahteraan masyarakat dapat diartikan sebagai keadaan ketika seseorang mampu memenuhi kebutuhan pokoknya (sandang, pangan, dan papan), termasuk kesempatan untuk mengenyam pendidikan serta mendapatkan pekerjaan yang memadai untuk meningkatkan kualitas hidup sehingga dapat mempunyai status sosial yang setara dengan rata-rata masyarakat di suatu wilayah tertentu (Astiti & Saitri, 2017). Kesejahteraan masyarakat dapat diukur salah satunya melalui indeks kebahagiaan. Selain menjadi tolak ukur kesejahteraan masyarakat yang komperhensif, indeks kebahagiaan juga memberikan gambaran yang lebih akurat terkait kualitas hidup penduduk. Hal ini dapat menjadi landasan bagi pemerintah dalam pembuatan kebijakan serta pengambilan keputusan yang lebih efektif untuk kemajuan negara. Tidak hanya itu, angka indeks kebahagiaan juga dapat membantu pemerintah dalam mengukur dampak suatu kebijakan terhadap aspek kehidupan di masyarakat dan memastikan bahwa kualitas hidup dapat lebih baik yang berkelanjutan dalam jangka panjang. Dengan demikian, pemodelan indeks kebahagiaan harapannya dapat membantu pemerintah Indonesia dalam mempercepat tercapainya *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-3 mengenai Kesehatan dan Kesejahteraan karena dengan mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi indeks kebahagiaan mampu membantu pemerintah dalam meningkatkan taraf kesehatan dan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

Berdasarkan *World Happiness Report* (WHR) pada tahun 2023, Indonesia menempati peringkat ke-84 dari 137 negara dalam daftar negara bahagia di dunia dengan total poin sebesar 5.277. Indikasi poin kebahagiaan yang dirilis oleh WHR tersebut berdasarkan angka harapan hidup, dukungan sosial, dan tingkat korupsi. Adapun dimensi yang digunakan untuk mengukur Indeks Kebahagiaan pada tahun 2017, yaitu kepuasan hidup, perasaan atau kondisi emosional (*affect*), dan makna hidup (*eudaimonia*).

Penelitian terkait pemodelan indeks kebahagiaan telah banyak dilakukan dengan metode analisis regresi, salah satunya dengan pendekatan Regresi Nonparametrik Spline oleh Lembang (2023). Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 73,76% (Lembang *et al.*, 2023). Pada penelitian Yudistiraneamas (2023), pemodelan indeks kebahagiaan dilakukan berdasarkan pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR). Metriks evaluasi yang digunakan, yaitu R^2 , yang diperoleh juga cukup baik yaitu sebesar 72,41% dengan tujuh variabel prediktor dari 34 provinsi di Indonesia (Yudistiraneamas, 2023).

Indeks kebahagiaan dapat bervariasi di setiap wilayah geografis karena faktor-faktor seperti budaya, sosial, dan lingkungan dapat memberikan pengaruh yang berbeda-beda untuk setiap wilayahnya. Dengan demikian, untuk mengakomodir kemungkinan adanya variabel yang pengaruhnya bersifat global, serta variabel lainnya yang bersifat lokal, maka metode *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) dapat menjadi metode yang tepat untuk menganalisis permasalahan ini. Metode ini memiliki beberapa koefisien variabel penjelas konstan dengan koefisien lainnya yang bervariasi secara spasial sehingga dapat digunakan untuk sejumlah bidang analisis data spasial (Lumaela *et al.*, 2013). Selain itu, MGWR mengatasi permasalahan yang terdapat pada model *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan melibatkan variabel stasioner spasial yang memuat variabel global dan variabel lokal (Zhang *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan metode ini efektif untuk data spasial. Hal ini terbukti pada penelitian Harahap (2022) tentang Jumlah Penduduk Miskin di Provinsi Jawa Tengah. Pada penelitian tersebut diperoleh nilai R^2 sebesar 95,9% dengan MAPE sebesar 15,95% (Harahap, 2022).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian kali ini akan berfokus pada peningkatan akurasi, mulai dari penggunaan metode pendekatan yang digunakan untuk pemodelan, yakni MGWR, hingga menemukan variabel-variabel yang dapat merepresentasikan indeks kebahagiaan dengan akurat dan tetap memerhatikan faktor parsimony. Harapannya, hasil pemodelan indeks kebahagiaan ini dapat menggambarkan kesejahteraan Masyarakat Indonesia sehingga dapat menjadi landasan kuat bagi pemerintah Indonesia dalam membuat kebijakan serta mengambil keputusan demi memajukan kesejahteraan umum.

METODE PENELITIAN

Langkah-Langkah Analisis Data

Berikut merupakan langkah-langkah dari analisis data pada penelitian ini:

1. Mendeskripsikan indeks kebahagiaan dan variabel-variabel prediktornya di Indonesia menurut provinsi tahun 2021.
2. Melakukan uji asumsi klasik multikolinearitas dan homogenitas.
3. Melakukan uji asumsi spasial dependen dan heterogenitas.
4. Menentukan titik koordinat (u_i, v_i) untuk setiap provinsi di Indonesia.
5. Menghitung jarak euclidean antara lokasi ke-i dan lokasi ke-j yang terletak pada koordinat (u_i, v_i) .
6. Menentukan *bandwidth* optimum menggunakan metode *Cross Validation* (CV).
7. Menentukan matriks pembobot berdasarkan fungsi kernel menggunakan AIC.
8. Menentukan variabel prediktor yang termasuk variabel global atau variabel lokal dengan statistik uji F.
9. Melakukan uji parsial parameter variabel global dan uji parsial parameter lokal.
10. Mengestimasi parameter model MGWR dan mendapatkan model MGWR pada masing-masing provinsi.
11. Membuat peta tematik berdasarkan kesamaan variabel lokal yang mempengaruhi indeks kebahagiaan secara signifikan di Indonesia menurut provinsi tahun 2021.

Pengujian Asumsi Klasik

Asumsi multikolinieritas adalah asumsi yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan linier yang kuat antara beberapa atau seluruh variabel prediktor yang terdapat pada suatu model regresi. Dalam konteks regresi, penting bahwa variabel-variabel prediktor yang dianalisis tidak menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi atau ketergantungan, agar hasil estimasi koefisien regresi menjadi stabil dan dapat diinterpretasikan dengan baik. Oleh karena itu, pada pengujian ini, diharapkan agar tidak terjadi kasus multikolinieritas antar variabel prediktor pada model regresi untuk memastikan keandalan dan validitas hasil analisis.

Untuk mendeteksi terdapat atau tidak terdapatnya gejala multikolinieritas, salah satunya adalah dilakukan pemeriksaan terhadap nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Nilai VIF didapatkan dari meregresikan setiap variabel prediktor terhadap variabel prediktor lainnya sehingga didapatkan nilai R_j^2 . Rumus untuk menghitung VIF adalah sebagai berikut:

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (1)$$

Semakin besar nilai VIF menunjukkan bahwa adanya kompleksitas multikolinieritas. Umumnya, jika VIF nilainya kurang dari 10, maka disimpulkan secara signifikan bahwa tidak terdapat gejala kasus multikolinieritas (Mardiatmoko, 2020).

Heteroskedastisitas adalah kasus ketika variansi galat dalam sebuah model regresi tidak konstan, atau dengan kata lain, terjadi perbedaan dalam variansi antara galat yang satu dan galat yang lainnya (Setyawan *at al.*, 2019). Dalam konteks regresi, heteroskedastisitas menunjukkan bahwa sebaran variabilitas dari kesalahan residual tidak seragam di seluruh rentang nilai prediktor, yang dapat memengaruhi kebaikan dari hasil analisis regresi. Salah satu metode yang umum diterapkan dalam mendeteksi adanya kasus heteroskedastisitas adalah metode Glejser. Seorang ahli ekonometrika, Glejser mengemukakan bahwa variansi dari variabel galat pada sebuah model regresi bergantung pada variabel bebas. Untuk itu, dalam mengidentifikasi pola variabilitas variabel galat menunjukkan gejala heteroskedastisitas, Glejser merekomendasikan untuk melakukan regresi dari nilai mutlak residual dengan variabel bebasnya. Jika pada uji F dari model regresi tersebut signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi heteroskedastisitas dalam model. Hipotesis yang terlibat dalam metode Glejser adalah:

$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2$ (variansi galat bersifat homoskedastisitas)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (variansi galat bersifat heteroskedastisitas)

Dengan statistik uji:

$$F = \frac{[\sum_{i=1}^n (|\hat{\varepsilon}_i| - |\varepsilon|)^2]/p}{[\sum_{i=1}^n (|\hat{\varepsilon}_i| - |\varepsilon|)^2]/(n-p-1)} \quad (2)$$

Jika diberikan taraf nyata α , maka keputusan diambil berdasarkan daerah kritis menolak H_0 jika nilai $F > F_{(\alpha; p, n-p-1)}$ atau jika $p\text{-value} < \alpha$ dengan p adalah banyaknya prediktor.

Analisis regresi linier juga mengasumsikan bahwa dalam persamaan regresi residual memiliki distribusi normal, yang dinyatakan sebagai $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$. Oleh karena itu, dilakukan uji normalitas, seperti uji *Kolmogorov-Smirnov*, untuk menentukan apakah nilai residual dari data berdistribusi normal atau tidak (Ningsih & Dukalang, 2019). Hipotesis yang terlibat dalam uji asumsi normalitas adalah sebagai berikut:

H_0 : galat berdistribusi normal

H_1 : galat tidak berdistribusi normal

Statistik uji Kolmogorov-Smirnov:

$$D = \max |F_n(\varepsilon) - F_0(\varepsilon)| \quad (3)$$

Dengan $F_n(\varepsilon)$ sebagai nilai distribusi kumulatif residual dan $F_0(\varepsilon)$ sebagai nilai distribusi kumulatif (CDF) di bawah H_0 untuk distribusi $P(Z < Z_i)$, keputusan diambil berdasarkan daerah kritis dengan tidak menolak H_0 jika nilai $D < D_{tabel}$ atau $p\text{-value} > \alpha$. Ini mengindikasikan bahwa galat dianggap berdistribusi normal.

Pengujian Asumsi Spasial

Uji dependensi spasial adalah metode untuk mengevaluasi apakah terdapat ketergantungan antara nilai variabel pada pengamatan di suatu lokasi dengan nilai variabel pengamatan di lokasi yang lainnya, yang dikenal sebagai autokorelasi spasial (Yulianingdyah, 2022). Uji yang umumnya diterapkan untuk tujuan ini adalah uji Moran's I. Moran's I sendiri digunakan untuk mengukur tingkat hubungan antara variabel tertentu, misalnya X (x_i dan x_j), dengan $i \neq j$. Hipotesis dari uji Moran's I dapat diuraikan sebagai berikut:

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

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

Berikut merupakan perhitungan matematis dari uji Moran's I:

$$Z_I = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{\text{var}(\hat{I})}} \quad (3)$$

dengan

$$\hat{I} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

H_0 ditolak jika nilai $|Z_I| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau $p\text{-value} < \alpha$. Maka dapat diartikan bahwa terdapat dependensi spasial sehingga asumsi dependensi spasial terpenuhi.

Uji heterogenitas spasial adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi perbedaan kondisi data antara satu lokasi dengan lokasi lainnya (Munika *et al.*, 2014). Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keunikan atau karakteristik di setiap lokasi pengamatan. Hipotesis pengujian parsial menggunakan uji Breusch-Pagan dapat dirumuskan sebagai berikut:

H_0 : $\sigma_i^2 = \sigma^2$ (ada homogenitas)

H_1 : Minimal ada satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (ada heterogenitas)

Breusch-Pagan adalah salah satu metode untuk menguji heterogenitas dengan statistik uji sebagai berikut :

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \sim \chi_p^2 \quad (5)$$

Elemen dari vektor $\mathbf{f}$ didefinisikan sebagai $f_i = \left(\frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1\right)$, dengan e_i sebagai residual least square untuk pengamatan ke- i . Matriks $\mathbf{Z}$ berukuran $n \times (p+1)$ memuat vektor yang sudah dinormalisasi untuk setiap pengamatan. Penolakan (H_0) terjadi ketika nilai statistik uji BP melebihi nilai kritis χ_p^2 dengan p adalah jumlah prediktor atau ketika $p\text{-value}$ lebih kecil dari tingkat

signifikansi (α). Kesimpulan dari hasil ini adalah adanya heterogenitas spasial, sehingga asumsi heterogenitas spasial dianggap terpenuhi.

Uji *Geographical Variability*

Uji variabilitas model digunakan untuk mengevaluasi sifat lokal dan global dari suatu variabel dengan tujuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan dalam pengaruh variabel prediktor x_j antara lokasi yang satu dengan lokasi yang lainnya. Hipotesis yang diuji dalam uji variabilitas model dapat dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \beta_j(u_1, v_1) = \beta_j(u_2, v_2) = \dots = \beta_j(u_n, v_n)$ (variabel x_j bersifat global)

$H_1 : \text{tidak semua } \beta_j(u_i, v_i), i = 1, 2, \dots, n \text{ bernilai sama (variabel } x_j \text{ bersifat lokal)}$

Statistik ujinya sebagai berikut:

$$F(j) = \frac{\delta_1}{\gamma_1} \frac{V_j^2}{SSE(H_1)} \quad (6)$$

dengan:

$$\begin{aligned} V_j^2 &= \frac{1}{n} \hat{\beta}_j^t \left[I - \frac{1}{n} J \right] \hat{\beta}_j \\ \hat{\beta}_j &= (\hat{\beta}_j(u_1, v_1), \hat{\beta}_j(u_2, v_2), \dots, \hat{\beta}_j(u_n, v_n))^t \\ SSE(H_1) &= \mathbf{e}^t (I - L)^t (I - L) \mathbf{e} \\ \delta_i &= tr((I - L)^t (I - L))^i, i = 1, 2 \\ \gamma_i &= tr \left(\frac{1}{n} B_j^t \left[I - \frac{1}{n} J \right] B_j \right)^i, i = 1, 2 \\ B_j &= \begin{pmatrix} \mathbf{e}_j^t (X^t W(u_1, v_1) X)^{-1} X^t W(u_1, v_1) \\ \mathbf{e}_j^t (X^t W(u_2, v_2) X)^{-1} X^t W(u_2, v_2) \\ \vdots \\ \mathbf{e}_j^t (X^t W(u_n, v_n) X)^{-1} X^t W(u_n, v_n) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Matriks J memiliki ukuran $n \times n$, dan $\mathbf{e}_j$ merupakan vektor kolom berdimensi $(p + 1)$, dengan elemen ke $(j + 1)$ memiliki nilai 1 dan elemen lainnya memiliki nilai 0. Fungsi $F(j)$ memiliki distribusi F dengan derajat kebebasan $\left(\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2}\right)$ dan $\left(\frac{\delta_1^2}{\delta_2}\right)$. Apabila diberikan tingkat signifikansi α , hipotesis nol H_0 akan ditolak jika nilai $F(j)$ lebih besar daripada nilai kritis $F_{\alpha\left(\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2}; \frac{\delta_1^2}{\delta_2}\right)}$. Ini mengindikasikan bahwa variabel x_j bersifat lokal. Sebaliknya, jika H_0 diterima, maka variabel x_j dianggap bersifat global.

Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR)

Dalam model MGWR, beberapa koefisien *Geographically Weighted Regression* (GWR) diasumsikan tetap untuk seluruh lokasi, sementara koefisien lainnya dapat bervariasi sesuai dengan lokasi pengamatan data (Fotheringham *et al.*, 2017). Dengan kata lain, terdapat variabel prediktor yang memiliki dampak secara global pada variabel respons, sementara variabel lainnya memiliki dampak yang bervariasi secara lokal. Model MGWR dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{k=1}^q \beta_k x_{ik} + \sum_{k=q+1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

dengan:

- y_i : nilai observasi untuk variabel respons ke- i
- x_{ik} : nilai observasi untuk variabel prediktor ke- i
- (u_i, v_i) : titik koordinat (*longitude, latitude*) untuk lokasi ke- i
- $\beta_1, \dots, \beta_q$: parameter-parameter dalam model regresi
- $\beta_{q+1}(u_i, v_i), \dots, \beta_p(u_i, v_i)$: parameter-parameter dalam model GWR
- ε_i : galat ke- i dengan asumsi $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dianalisis pada penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS), khususnya pada buku Statistik Indonesia tahun 2022 (Badan Pusat Statistik, 2022). Unit observasi pada penelitian ini adalah 34 provinsi yang merupakan jumlah dari seluruh provinsi di Indonesia. Variabel-variabel yang digunakan akan ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Satuan	Skala Data
Y	Indeks Kebahagiaan	Poin	Rasio
X_1	Tingkat Pengangguran Terbuka	Persen	Rasio
X_2	Rata-Rata Lama Sekolah	Tahun	Rasio
X_3	Indeks Keparahan Kemiskinan	Poin	Rasio
X_4	Presentase Merokok pada Penduduk Umur ≥ 15 Tahun	Persen	Rasio

Sebelum analisis lebih lanjut pada pemodelan regresi, penting untuk dilakukan pemeriksaan asumsi residual. Dalam penelitian ini, digunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* (KS) untuk memeriksa apakah galat berdistribusi normal atau tidak. Setelah dilakukan analisis, didapatkan p -value sebesar 0,084. Artinya, p -value yang diperoleh lebih besar dari tingkat signifikansi α (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa keputusan yang diperoleh adalah gagal tolak H_0 , artinya residual data berdistribusi normal.

Setelah memeriksa asumsi normalitas residual, selanjutnya adalah melakukan pengujian asumsi multikolinearitas. Nilai VIF dari setiap variabel prediktor, akan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai VIF Variabel Prediktor

Variabel Prediktor	Nilai VIF	Keterangan
X_1	1,50	Tidak Terjadi Multikolinearitas
X_2	1,57	Tidak Terjadi Multikolinearitas
X_3	1,10	Tidak Terjadi Multikolinearitas
X_4	1,09	Tidak Terjadi Multikolinearitas

Setelah menganalisis masing-masing variabel prediktor, didapatkan nilai kurang dari 10. Artinya, tidak ada kasus multikolinearitas antar variabel prediktor atau adanya hubungan linier antara mereka. Setelah deteksi multikolinearitas dilakukan uji heteroskedastisitas variansi residual menggunakan uji Glejser. Hasil uji heteroskedastisitas dicantumkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. P -Value dari Uji Homoskedastisitas

Variabel Prediktor	P -Value	Keterangan*
X_1	0,383	Gagal Tolak H_0
X_2	0,004	Tolak H_0
X_3	0,348	Gagal Tolak H_0
X_4	0,343	Gagal Tolak H_0

Karena terdapat salah satu variabel prediktor yang signifikan, yaitu X_2 , maka hal tersebut mengindikasikan bahwa pada model regresi linier terjadi heteroskedastisitas sehingga kurang sesuai jika diterapkan. Oleh karena itu, diperlukan pemodelan dengan memperhatikan aspek spasial pada data tersebut.

Sebelum melakukan analisis GWR maupun MGWR, untuk memeriksa ketergantungan antar provinsi dan uji heterogenitas spasial untuk menguji variasi yang disebabkan oleh pengaruh spasial. Ketergantungan spasial dinilai berdasarkan hasil statistik uji Moran's I. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan p -value (0,00) < nilai α (0,05) yang artinya diambil keputusan untuk menolak H_0 dan dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat ketergantungan antar lokasi.

Berikutnya, dalam mengevaluasi perbedaan kondisi antara data dari satu lokasi dengan data dari lokasi lainnya, dilakukan uji heterogenitas spasial dengan statistik uji *Breusch-Pagan*. Hasil pengujian pada taraf signifikansi sebesar 0,05 dihasilkan p -value sebesar 0,03508. Sehingga p -value (0,0358) < α (0,05) maka dapat disimpulkan tolak H_0 yang artinya terdapat perbedaan varian antar setiap lokasi (heterogen).

Langkah-langkah yang perlu dilakukan sebelum pembentukan model GWR dan MGWR adalah menentukan pembobot spasial dengan mempertimbangkan nilai *Akaike's Information Criterion Corrected* (AIC). Pemilihan bandwidth dan pembobot dilakukan dengan bantuan perangkat lunak GWR 4.0. Berikut merupakan hasil analisis nilai AIC dan R^2 untuk setiap model yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai AIC Minimum dan R^2

Model	Fixed Gaussian		Fixed Bisquare	
	AIC	R^2	AIC	R^2
Regresi Global	155,145	15,7%	155,145	15,7%
GWR	124,5	76,2%	127,3145	73,1%
MGWR	109,3	87,2%	118,90	77,54%

Berdasarkan Tabel 4, model MGWR dengan pembobot fixed gaussian kernel memiliki nilai AIC terkecil dan nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling besar, yaitu 87,2% sehingga menandakan model MGWR adalah model yang paling cocok untuk pemodelan Indeks Kebahagiaan di Indonesia.

Selanjutnya dilakukan pengujian variabilitas spasial untuk menganalisis apakah variabel-variabel prediktor yang digunakan memiliki pengaruh secara global atau lokal. Hasil dari pengujian variabilitas spasial dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Statistik Uji F dari Uji Variabilitas Spasial

Variabel	Nilai Statistik Uji F	Derajat bebas ($v_1; v_2$)	Nilai $F_{(\alpha, v_1, v_2)}^*$	Keterangan
Intercept	4,007854	(2,594; 21,249)	2,43362	Tolak H_0
X_1	2,124753	(1,144; 21,249)	2,88455	Terima H_0
X_2	38,253583	(1,215; 21,249)	2,85098	Tolak H_0
X_3	0,175306	(1,734; 21,249)	2,65012	Terima H_0
X_4	11,229514	(0,953; 21,249)	2,98312	Tolak H_0

*Berdasarkan Nilai $\alpha = 10\%$

Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa variabel yang berpengaruh secara lokal terhadap Indeks Kebahagiaan di Indonesia. Variabel tersebut antara lain Rata-rata Lama Sekolah (X_2) dan Persentase Penduduk yang Merokok (X_4). Sedangkan, variabel yang mempengaruhi Indeks Kebahagiaan secara global yaitu Tingkat Pengangguran Terbuka (X_1) dan Indeks Keparahan Kemiskinan (X_3). Oleh karena tidak semua variabel mempunyai pengaruh spasial yang sama maka data indeks kebahagiaan di Indonesia ini dapat dimodelkan dengan model MGWR.

Selanjutnya untuk menentukan variabel global mana yang memiliki pengaruh signifikan terhadap Indeks Kebahagiaan di Indonesia, hipotesis yang diuji melalui pemeriksaan parameter global sebagai berikut.

$H_0 : \beta_k = 0$ (variabel global X_k tidak signifikan)

$H_1 : \beta_k \neq 0$ (variabel global X_k signifikan)

Tabel 6. Uji Parsial Parameter Global Model MGWR

Parameter	Estimasi	Standar Error	t_{hitung}
β_1	-0,062065	0,202387	-3,06666
β_3	-0,739645	0,837751	-8,82894

Pengujian parameter global model MGWR menggunakan statistik uji t dengan kriteria adalah tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$ dimana $\alpha = 10\%$ dan titik kritis $t(0,05; 29) = 1,69913$.

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan bahwa variabel tingkat pengangguran terbuka dan indeks keparahan kemiskinan memiliki pengaruh yang bersifat global terhadap indeks kebahagiaan.

Untuk menentukan variabel lokal yang mempengaruhi Indeks Kebahagiaan di Indonesia secara signifikan, dilakukan uji parameter lokal untuk setiap lokasi pengamatan, dengan hipotesis yang dirumuskan sebagai berikut :

$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0$ (variabel lokal X_k pada lokasi ke- i tidak signifikan)

$H_1 : \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$ (variabel lokal X_k pada lokasi ke- i signifikan)

Sebagai contoh, dipertimbangkan pemeriksaan hasil yang berasal dari estimasi parameter model untuk provinsi dengan Indeks Kebahagiaan terendah adalah Banten (lokasi ke-16). Hasil pengujian parsial parameter lokal model MGWR Provinsi banten diringkas dalam Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Uji Parsial Parameter Lokal Model MGWR

Parameter	Estimasi	Standar Error	t_{hitung}
β_0	94,299	7,0034	13,4648
β_2	1,27152	0,54429	-2,33609
β_4	-0,360596	0,128185	-2,81308

Sama halnya dengan pengujian parameter global, pengujian parameter lokal juga menggunakan statistik uji t dengan keputusan menolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, df)}$ dimana $\alpha = 10\%$ dan titik kritis $t(0,05; 29) = 1,69913$. Dengan demikian pengaruh secara variabel prediktor secara lokal terhadap Indeks Kebahagiaan di Indonesia akan didapatkan hasil yang berbeda-beda antar provinsinya. Gambaran ringkas variabel-variabel yang berpengaruh signifikan di setiap provinsi ditampilkan pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Variabel Lokal yang Signifikan Masing-Masing Provinsi

Provinsi	Variabel Lokal yang Signifikan	Provinsi	Variabel Lokal yang Signifikan
Aceh	Tidak Ada	Nusa Tenggara Barat	Tidak Ada
Sumatera Utara	X_2, X_4	Nusa Tenggara Timur	X_2
Sumatera Barat	X_2, X_4	Kalimantan Barat	Tidak Ada
Riau	X_2, X_4	Kalimantan Tengah	Tidak Ada
Jambi	X_2, X_4	Kalimantan Selatan	Tidak Ada
Sumatera Selatan	X_2, X_4	Kalimantan Timur	X_2
Bengkulu	X_2, X_4	Kalimantan Utara	X_2, X_4
Lampung	X_2, X_4	Sulawesi Utara	X_2, X_4
Kep. Bangka Belitung	X_2, X_4	Sulawesi Tengah	X_2, X_4
Kepulauan Riau	X_4	Sulawesi Selatan	X_2
DKI Jakarta	X_2, X_4	Sulawesi Tenggara	X_2
Jawa Barat	X_2, X_4	Gorontalo	X_4
Jawa Tengah	X_4	Sulawesi Barat	X_2
D.I. Yogyakarta	X_4	Maluku	X_2
Jawa Timur	Tidak Ada	Maluku Utara	X_2
Banten	X_2, X_4	Papua Barat	X_2
Bali	Tidak Ada	Papua	X_2

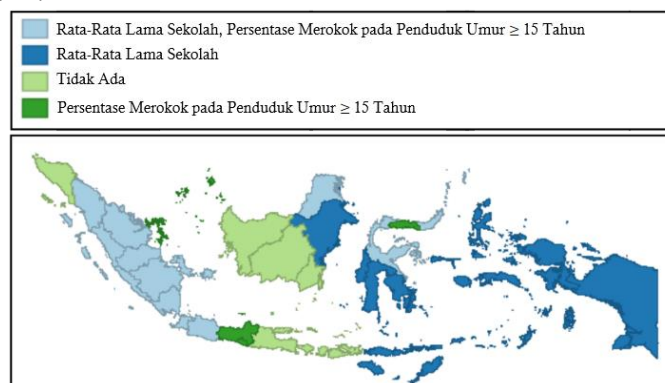
Setelah itu, didapatkan pula hasil estimasi MGWR yang terbentuk pada tiap provinsi. Hasil estimasi model MGWR ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Model MGWR Tiap Provinsi

Provinsi	Nilai F
Aceh	$\hat{y}_1 = 102,498 - 0,062065X_{1,1} - 2,08304X_{1,2} - 0,739645X_{1,3} - 0,361031X_{1,4}$
Sumatera Utara	$\hat{y}_2 = 107,181 - 0,062065X_{2,1} - 1,97938X_{2,2} - 0,739645X_{2,3} - 0,554363X_{2,4}$
Sumatera Barat	$\hat{y}_3 = 109,430 - 0,062065X_{3,1} - 2,07774X_{3,2} - 0,739645X_{3,3} - 0,595477X_{3,4}$
Riau	$\hat{y}_4 = 104,926 - 0,062065X_{4,1} - 1,59511X_{4,2} - 0,739645X_{4,3} - 0,593455X_{4,4}$
Jambi	$\hat{y}_5 = 102,299 - 0,062065X_{5,1} - 1,43614X_{5,2} - 0,739645X_{5,3} - 0,554020X_{5,4}$
Sumatera Selatan	$\hat{y}_6 = 102,232 - 0,062065X_{6,1} - 1,57066X_{6,2} - 0,739645X_{6,3} - 0,515708X_{6,4}$
Bengkulu	$\hat{y}_7 = 106,780 - 0,062065X_{7,1} - 1,87750X_{7,2} - 0,739645X_{7,3} - 0,570948X_{7,4}$
Lampung	$\hat{y}_8 = 97,953 - 0,062065X_{8,1} - 1,40968X_{8,2} - 0,739645X_{8,3} - 0,430595X_{8,4}$
Kep. Bangka Belitung	$\hat{y}_9 = 95,064 - 0,062065X_{9,1} - 1,04448X_{9,2} - 0,739645X_{9,3} - 37082477X_{9,4}$
Kepulauan Riau	$\hat{y}_{10} = 89,812 - 0,062065X_{10,1} - 0,23946X_{10,2} - 0,739645X_{10,3} - 0,496877X_{10,4}$
DKI Jakarta	$\hat{y}_{11} = 92,213 - 0,062065X_{11,1} - 1,15232X_{11,2} - 0,739645X_{11,3} - 0,328649X_{11,4}$
Jawa Barat	$\hat{y}_{12} = 89,4308 - 0,062065X_{12,1} - 1,01166X_{12,2} - 0,739645X_{12,3} - 0,283541X_{12,4}$
Jawa Tengah	$\hat{y}_{13} = 84,8371 - 0,062065X_{13,1} - 0,769257X_{13,2} - 0,739645X_{13,3} - 0,204676X_{13,4}$
D.I. Yogyakarta	$\hat{y}_{14} = 84,0149 - 0,062065X_{14,1} - 0,727955X_{14,2} - 0,739645X_{14,3} - 0,191341X_{14,4}$
Jawa Timur	$\hat{y}_{15} = 81,5417 - 0,062065X_{15,1} - 0,581379X_{15,2} - 0,739645X_{15,3} - 0,148836X_{15,4}$
Banten	$\hat{y}_{16} = 94,299 - 0,062065X_{16,1} + 1,27152X_{16,2} - 0,739645X_{16,3} - 0,360596X_{16,4}$
Bali	$\hat{y}_{17} = 75,9000 - 0,062065X_{17,1} - 0,124698X_{17,2} - 0,739645X_{17,3} - 0,092394X_{17,4}$

Provinsi	Nilai F
Nusa Tenggara Barat	$\hat{y}_{18} = 66.7876 - 0,062065_{18,1} + 0.712428X_{18,2} - 0,739645X_{18,3} - 0.023653X_{18,4}$
Nusa Tenggara Timur	$\hat{y}_{19} = 51.2929 - 0,062065_{19,1} + 2.19660X_{19,2} - 0,739645X_{19,3} + 0.086244X_{19,4}$
Kalimantan Barat	$\hat{y}_{20} = 76.5931 - 0,062065_{20,1} + 0.135538X_{20,2} - 0,739645X_{20,3} - 0.156929X_{20,4}$
Kalimantan Tengah	$\hat{y}_{21} = 73.4590 - 0,062065_{21,1} + 0.205136X_{20,2} - 0,739645X_{20,3} - 0.066969X_{20,4}$
Kalimantan Selatan	$\hat{y}_{22} = 69.2179 - 0,062065_{22,1} + 0.465219X_{22,2} - 0,739645X_{22,3} + 0.003809X_{22,4}$
Kalimantan Timur	$\hat{y}_{23} = 58.7623 - 0,062065_{23,1} + 1.04699X_{23,2} - 0,739645X_{23,3} + 0.227282X_{23,4}$
Kalimantan Utara	$\hat{y}_{24} = 54.0792 - 0,062065_{24,1} + 1.25890X_{24,2} - 0,739645X_{24,3} + 0.338546X_{24,4}$
Sulawesi Utara	$\hat{y}_{25} = 53.3570 - 0,062065_{25,1} + 1.15299X_{25,2} - 0,739645X_{25,3} + 0.401306X_{25,4}$
Sulawesi Tengah	$\hat{y}_{26} = 55.3106 - 0,062065_{26,1} + 1.21520X_{26,2} - 0,739645X_{26,3} + 0.302817X_{26,4}$
Sulawesi Selatan	$\hat{y}_{27} = 55.8718 - 0,062065_{27,1} + 1.49169X_{27,2} - 0,739645X_{27,3} + 0.176886X_{27,4}$
Sulawesi Tenggara	$\hat{y}_{28} = 52.2413 - 0,062065_{28,1} + 1.75517X_{28,2} - 0,739645X_{28,3} + 0.227075X_{28,4}$
Gorontalo	$\hat{y}_{29} = 55.1740 - 0,062065_{29,1} + 1.05558X_{29,2} - 0,739645X_{29,3} + 0.366701X_{29,4}$
Sulawesi Barat	$\hat{y}_{30} = 57.4986 - 0,062065_{30,1} + 1.29163X_{30,2} - 0,739645X_{30,3} + 0.185375X_{30,4}$
Maluku	$\hat{y}_{31} = 52.6768 - 0,062065_{31,1} + 1.50165X_{31,2} - 0,739645X_{31,3} + 0.326635X_{31,4}$
Maluku Utara	$\hat{y}_{32} = 51.7357 - 0,062065_{32,1} + 1.31590X_{32,2} - 0,739645X_{32,3} + 0.414732X_{32,4}$
Papua Barat	$\hat{y}_{33} = 52.6827 - 0,062065_{33,1} + 1.437550X_{33,2} - 0,739645X_{33,3} + 0.351198X_{33,4}$
Papua	$\hat{y}_{34} = 52.5122 - 0,062065_{34,1} + 1.42264X_{34,2} - 0,739645X_{34,3} + 0.362638X_{34,4}$

Terakhir, dapat dilihat ilustrasi dan penyebaran berdasarkan kesamaan variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap Indeks Kebahagiaan setiap provinsi di Indonesia dalam peta tematik pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Tematik Variabel Prediktor yang Berpengaruh Signifikan Terhadap Indeks Kebahagiaan

Berdasarkan Gambar 1, dapat diamati distribusi variabel yang memberikan dampak penting pada setiap provinsi yang terbagi menjadi 4 kelompok menurut kesamaan variabel yang berpengaruh secara signifikan. kelompok pertama terbentuk sebanyak 7 provinsi yang menunjukkan bahwa tidak ada variabel yang signifikan untuk mempengaruhi secara lokal pada provinsi tersebut. Kelompok kedua terbentuk sebanyak 9 provinsi yang menunjukkan bahwa rendahnya indeks kebahagiaan di lokasi tersebut dipengaruhi secara signifikan oleh satu variabel prediktor bersamaan yaitu rata-rata lama sekolah (X_2). Kelompok ketiga terbentuk atas 4 provinsi yang menunjukkan bahwa rendahnya indeks kebahagiaan di lokasi tersebut dipengaruhi secara signifikan oleh persentase penduduk merokok (X_4). Terakhir, kelompok keempat terbentuk sebanyak 14 provinsi dimana indeks kebahagiaan di provinsi tersebut dipengaruhi secara signifikan oleh Rata-Rata Lama Sekolah (X_2) dan persentase penduduk merokok (X_4).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah menganalisis informasi yang tersedia secara menyeluruh, kesimpulan yang diperoleh adalah terbentuknya masing-masing model MGWR memberikan penjelasan tentang faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap indeks kebahagiaan di setiap provinsi di Indonesia. Faktor-faktor tersebut terdiri dari variabel Tingkat Pengangguran Terbuka (X_1) dan Indeks Keparahan Kemiskinan (X_3) yang mempengaruhi indeks kebahagiaan secara global, serta

variabel rata-rata lama sekolah (X_2) dan persentase penduduk merokok (X_4) mempengaruhi indeks kebahagiaan secara lokal. Peta indeks kebahagiaan di Indonesia mengelompokkan provinsi menjadi empat kategori. Kelompok pertama (7 provinsi) tidak memiliki variabel signifikan lokal. Rendahnya indeks kebahagiaan pada kelompok kedua (9 provinsi) dipengaruhi oleh rata-rata lama sekolah (X_2). Sedangkan rendahnya indeks kebahagiaan pada kelompok ketiga (4 provinsi) terkait dengan persentase penduduk merokok (X_4). Pada kelompok keempat (14 provinsi), rendahnya indeks kebahagiaan dipengaruhi oleh rata-rata lama sekolah (X_2), dan persentase penduduk merokok (X_4).

Saran

Bagi pemerintah Indonesia, karena prediktor yang signifikan berbeda-beda pada tiap provinsi maka dalam mengambil kebijakan dapat mengacu pada variabel yang signifikan di tiap provinsi. Untuk penelitian selanjutnya, dapat diteliti lebih lanjut terkait penggunaan metode, serta variabel-variabel lainnya yang memengaruhi indeks kebahagiaan di Indonesia sehingga dapat dibandingkan dengan model yang diperoleh dari penelitian ini.

REFERENSI

- Astiti, N. P. Y., & Saitri, P. W. (2017). Pengaruh Corporate Social Responsibility terhadap Kesejahteraan Masyarakat dan Citra Perusahaan. *Jurnal Bisnis Dan Kewirausahaan*, 12(2), 94.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Indonesia Tahun 2022. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Fotheringham, A. S., Yang, W., & Kang, W. (2017). Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR). *Annals of the American Association of Geographers*, 107(6), 1247-1265.
- Harahap, R. N. (2022). Implementasi Geographically Weighted Regression (GWR) Dan Mixed Geographically Weighted Regression (MGWR) Dalam Perhitungan Jumlah Penduduk Miskin (Studi Kasus: Jumlah Penduduk Miskin Provinsi Jawa Tengah 2020). (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Lembang, F. K., Ilwaru, V. Y. I., & Lewaherilla, N. (2023). Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline dan Aplikasinya Pada Indeks Kebahagiaan Provinsi Di Indonesia. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 7(1), 56-65.
- Lumaela, A. K., Otok, B. W., & Sutikno. (2013). Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Statistika*, 2(1), 100-105.
- Mardiatmoko, G. (2020). Pentingnya Uji Asumsi Klasik pada Analisis Regresi Linier Berganda (Studi Kasus Penyusunan Persamaan Allometrik Kenari Muda [*Canarium Indicum* L.]). *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(3), 333–342.
- Munikh, T., Pramoedyo, H., & Fitriani, R. (2014). Pemodelan Geographically Weighted Regression dengan Pembobot Fixed Gaussian Kernel pada Data Spasial (Studi Kasus Ketahanan Pangan di Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan). *Jurnal NaturalB*, 2(3), 296-302.
- Ningsih, S., & Dukalang, H. H. (2019). Penerapan Metode Suksesif Interval pada Analisis Regresi Linier Berganda. *Jambura Journal of Mathematics*, 1(1), 43-53.
- Setyawan, A., Hadijati, M., & Switrayni, N. W. (2019). Analisis Masalah Heteroskedastisitas Menggunakan Generalized Least Square dalam Analisis Regresi. *Eigen Mathematics Journal*, 61-72.
- Yudistiraneamas, R. (2021). Analisis Pengaruh Kinerja Pembangunan Terhadap Kebahagiaan: Pendekatan Geographically Weighted Regression. (Bachelor's Thesis, Fakultas Ekonomi dan Bisnis UIN Jakarta).
- Yulianingdyah, W. N. (2022). Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Ketimpangan Pengeluaran Penduduk Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 26(1), 36-53.
- Zhang, S., Wang, L., & Lu, F. (2019). Exploring Housing Rent by Mixed Geographically Weighted Regression: A Case Study in Nanjing. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(10), 431.