

**APLIKASI METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (GWRPCA) PADA PEMODELAN
LAJU PERTUMBUHAN PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO DI
PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR**

Ignasia Novianti Luku¹, Kris Suryowati^{2*}

Jurusan Statistika, Insitut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: ignasianovyanti@gmail.com, suryowati@akprind.ac.id

*corresponding author

ABSTRACT

One indicator of the success of the implementation of development that can be used as a benchmark at a macro level is economic growth which is reflected in changes in GRDP in a region. In the 2019 NTT Province KFR book, it is said that quarter to quarter NTT's GDP in the first quarter decreased by -5.62 percent. The number of factors that affect the growth rate of GRDP allows local multicollinearity. Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis (GWRPCA) is one of the methods used in case of multicollinearity and spatial heterogeneity. The results showed that there were characteristics of the spatial pattern in each of the dependent and independent variables that were different from the independent variables that were correlated with each other. The PCA method produces three main components that can represent the original variable with a cumulative variance proportion of 99%. The GWRPCA modeling using a fixed weighted gaussian kernel with three main components as independent variables resulted in a different modeling in each observation location where the W_1 variable affected the GRDP growth rate in four districts/cities, the second and third main components did not affect the GRDP growth rate in East Nusa Tenggara Province. In addition, the GWRPCA modeling is a better model than the OLS and RPCA models in modeling the GRDP growth rate in NTT Province in 2019 because it has the largest R^2 value of 88% and the smallest AIC value of -16.59.

Keywords: *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis, Multicollinearity, GRDP growth rate.*

ABSTRAK

Salah satu indikator keberhasilan pelaksanaan pembangunan yang dapat dijadikan tolak ukur secara makro adalah pertumbuhan ekonomi yang dicerminkan dari perubahan PDRB dalam suatu daerah. Dalam buku KFR Provinsi NTT tahun 2019, dikatakan bahwa secara *quarter to quarter* PDRB NTT triwulan I berkurang sebesar -5,62 persen. Banyaknya faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB memungkinkan adanya multikolinearitas lokal. *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA) merupakan salah satu metode yang digunakan jika terjadi multikolinearitas dan heterogenitas spasial. Hasil penelitian menunjukkan terdapat karakteristik pola spasial pada setiap variabel *dependent* dan *independent* yang berbeda dengan variabel *independent* yang saling berkorelasi. Metode PCA menghasilkan tiga komponen utama yang dapat mewakili variabel peubah asli dengan proporsi varian kumulatif sebesar 99%. Pemodelan GWRPCA menggunakan pembobot *fixed kernel gaussian* dengan tiga komponen utama sebagai variabel *independent* menghasilkan pemodelan yang berbeda disetiap lokasi pengamatan dimana variabel W_1 mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB di empat kabupaten/kota, komponen utama kedua dan ketiga tidak mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Selain itu, pemodelan GWRPCA merupakan model yang lebih baik daripada model OLS dan RPCA dalam memodelkan laju pertumbuhan PDRB di Provinsi NTT pada tahun 2019 karena memiliki nilai R^2 terbesar yaitu 88% dan nilai AIC terkecil yaitu -16,59.

Kata Kunci: *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis, Multikolinearitas, Laju pertumbuhan PDRB.*

1. Pendahuluan

Salah satu indikator keberhasilan pelaksanaan pembangunan yang dapat dijadikan tolak ukur secara makro adalah pertumbuhan ekonomi yang dicerminkan dari perubahan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) dalam suatu daerah. PDRB didefinisikan sebagai jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu wilayah, atau merupakan jumlah seluruh nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi di suatu wilayah. Semakin tinggi pertumbuhan ekonomi suatu wilayah menandakan semakin baik kegiatan ekonomi daerah. Pertumbuhan ekonomi daerah tersebut ditunjukkan dari laju pertumbuhan PDRB atas dasar harga konstan (Romhadhoni dkk, 2018). Dalam buku Kajian Fisikal Regional Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2019, dikatakan bahwa secara *quarter to quarter* (q-to-q) PDRB Nusa Tenggara Timur triwulan I berkurang sebesar 5,62 persen dibandingkan dengan PDRB triwulan IV tahun 2018.

Berdasarkan penyebab-penyebab rendahnya laju pertumbuhan PDRB tersebut ingin dilakukan analisis faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB yang rendah. Namun, sering didapatkan kasus bahwa antar variabel *independent* memiliki korelasi yang tinggi. Hal ini menyebabkan adanya asumsi multikolinearitas model yang tidak terpenuhi. Oleh karena itu diperlukan alternatif metode yang mempertahankan sebanyak mungkin informasi variabel *independent* serta mampu menghilangkan korelasi antar variabel-variabel tersebut. Metode yang sesuai dengan tujuan tersebut adalah Analisis Komponen Utama atau *Principal Components Analysis* (PCA). Pemodelan laju pertumbuhan PDRB berdasarkan karakteristik daerah akan dipengaruhi oleh letak geografis antar daerah, sehingga diperlukan suatu metode pemodelan statistik yang memperhatikan letak geografis atau faktor lokasi pengamatan. Salah satu metode untuk menganalisisnya adalah dengan menggunakan model *Geographically Weighted Regression* (GWR).

Penelitian terdahulu terkait analisis *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA) adalah yang dilakukan oleh Aziez (2019) yang berjudul “Analisis Pengaruh Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia Menggunakan Pendekatan *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA)”, dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa dengan empat komponen utama sebagai variabel *independent* yang digunakan pada analisis RPCA dan GWRPCA menunjukkan analisis GWRPCA menggunakan fungsi pembobot *Kernel Gaussian* merupakan model terbaik untuk menggambarkan kondisi PDRB dengan empat komponen utama yang signifikan mempengaruhi PDRB secara berbeda-beda disetiap provinsi yang ada di Indonesia. Namun, pada penelitian tersebut hanya memperhatikan pengaruh faktor lingkungan terhadap PDRB dan hanya membandingkan dua model regresi. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk memodelkan laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan pembobot *Fixed Kernel Gaussian* dengan memperhatikan beberapa faktor pengaruh lainnya. Oleh karena itu, untuk melakukan pemodelan laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur ketika asumsi multikolinearitas tidak terpenuhi dan terdapat heterogenitas spasial adalah dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA).

2. Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari website resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2021. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah laju pertumbuhan PDRB (*dependent*), IPM (X_1), Pengeluaran Riil per Kapita (X_2), Jumlah Kantor Bank Umum (X_3), Posisi Kredit Usaha Kecil Perbankan (X_4) dan Posisi Giro Perbankan (X_5).

Tahapan dalam analisis penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengambil data yang akan dianalisis
- b. Melakukan analisis deskriptif dan pola spasial.
- c. Melakukan pemodelan OLS
- d. Melakukan uji asumsi analisis regresi berganda
- e. Melakukan uji asumsi PCA
- f. Menentukan komponen utama dengan melihat nilai *eigen* dan PKV lebih dari 70%
- g. Melakukan uji efek spasial
- h. Melakukan pemodelan GWRPCA
- i. Melakukan uji signifikansi pemodelan GWRPCA
- j. Membandingkan model regresi OLS, RPCA dan GWRPCA
- k. Kesimpulan

Analisis deskriptif merupakan teknik analisis yang dipakai untuk menganalisis data dengan mendeskripsikan atau menggambarkan data-data yang terkumpul dari populasi dan menyajikannya untuk memberikan informasi yang bermanfaat (Setyawan dkk, 2018).

Peta tematik adalah sebuah pijakan peta yang berisi tata letak, keterangan tempat, serta berbagai keterangan atau konsep-konsep yang menghuni untuk memperjelas dan menganalisis tentang suatu keadaan di dalam peta tersebut (Pratama dkk, 2015).

Analisis regresi linier berganda adalah analisis yang memiliki variabel *independent* lebih dari satu yang mempengaruhi variabel *dependent*. Analisis regresi linier berganda memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memasukkan lebih dari satu variabel bebas hingga k dimana banyaknya k kurang dari jumlah observasi (n) (Lawendatu dkk, 2014). Metode umum yang digunakan untuk menghitung koefisien variabel-variabel bebas yang dihasilkan dalam persamaan regresi adalah metode *Ordinary Least Square*. Model pada analisis regresi linier berganda ini berbentuk:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

Dengan $i = 1, 2, \dots, n$, Y_i : variabel *dependent* pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), X_{ik} : nilai pengamatan variabel *independent* ke- k pada pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), β_0 : parameter konstanta, β_k : koefisien regresi ke- k ($k = 1, 2, \dots, p$) dan ε_i : residual pengamatan ke- i .

Analisis komponen utama merupakan analisis statistika peubah ganda yang dapat digunakan untuk mereduksi sejumlah peubah asal menjadi beberapa peubah baru yang bersifat orthogonal dan tetap mempertahankan total keragaman dari sifat peubah asalnya. Secara umum terdapat dua kriteria dalam penentuan komponen utama yang digunakan yaitu dengan melihat nilai *eigen* lebih dari satu dan melihat nilai proporsi varian kumulatif yang lebih dari 70% (Purnomo, 2008). Dalam bentuk matematis, dimisalkan Y adalah kombinasi linear dari variabel *independent* (X_1, X_2, \dots, X_p) yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 W_1 + \beta_2 W_2 + \dots + \beta_p W_m \quad (2.2)$$

Dengan Y_i : kombinasi linear dari variabel X , W_m : bobot atau koefisien untuk variabel komponen utama terpilih ke- i ($i=1,2,\dots,n$), β_0 : parameter konstanta dan β_p : parameter model ke- p .

Model GWR adalah suatu model regresi global (OLS) yang dikembangkan untuk memodelkan data dengan variabel respon yang bersifat kontinu dan mempertimbangkan aspek spasial atau lokasi. Pendekatan yang dilakukan dalam GWR adalah pendekatan titik. Setiap nilai parameter ditaksir pada setiap titik lokasi pengamatan, sehingga setiap titik lokasi pengamatan mempunyai nilai parameter yang berbeda-beda. Model dari *Geographically Weighted Regression* (GWR) dapat ditulis sebagai berikut (Maulani, 2016):

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.3)$$

Dengan: Y_i : variabel *dependent* pada lokasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), X_{ik} : variabel *independent* ke- k pada pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), (u_i, v_i) : koordinat *longitude latitude* dari titik ke- i pada suatu lokasi geografis, β_0 : parameter konstanta, $\beta_k(u_i, v_i)$: koefisien regresi ke- k pada masing-masing lokasi, ε_i : residual yang diasumsikan identik, *independent*, dan berdistribusi normal dengan *mean* nol dan varians konstan σ^2 , n : jumlah pengamatan. p : jumlah variabel *independent*.

Geographically Weighted Regression Principal Components Analysis (GWRPCA) merupakan gabungan dari metode *Principal Components Analysis* (PCA) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR). Apabila terdapat multikolinearitas maka akan dilakukan analisis komponen utama untuk menyederhanakan variabel *independent* yang saling berkorelasi, kemudian dilakukan pengujian heterogenitas spasial dan diketahui terdapat perbedaan karakteristik suatu wilayah dengan wilayah lainnya maka metode GWR dapat digunakan. Selanjutnya dilakukan regresi antara variabel *dependent* dengan komponen utama terpilih dengan menambahkan nilai *bandwidth* optimum. Model GWRPCA dapat dinyatakan dalam bentuk (Sari dkk, 2016):

$$Y_i = \beta_0(ui, vi) + \sum_{k=1}^p \beta_k(ui, vi) W_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.4)$$

Dengan: Y_i : nilai observasi variabel *dependent* ke- i ($i=1,2,\dots,n$) W_{ik} : komponen utama terpilih ke- k pada lokasi pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), $\beta_0(ui, vi)$: konstanta pada pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), ui, vi : menyatakan titik koordinat (*longitude, latitude*) lokasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), $\beta_k(ui, vi)$: koefisien regresi variabel bebas ke- k pada lokasi pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), ε_i : residual pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), n : jumlah pengamatan, p : jumlah variabel *independent*.

Pengujian parsial bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh masing-masing variabel *independent* terhadap variabel *dependent*. Uji parsial parameter model GWRPCA dapat dilakukan dengan melihat nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}(\frac{\alpha}{2}, df)$ dengan $df = \frac{\delta_1^2}{\delta_2}$ atau nilai $p\text{-value} < \alpha$ dan menolak H_0 yang berarti terdapat pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent*.

Perbandingan model regresi dapat menggunakan dua metode yaitu dengan melihat nilai koefisien determinasi (R^2) terbesar dan nilai AIC terkecil. Koefisien determinasi (R^2) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.5)$$

Dengan: JKR: Jumlah Kuadrat Regresi dan JKT: Jumlah Kuadrat Total. Koefisien determinasi lokal menunjukkan seberapa besar variabel *dependent* dapat dijelaskan oleh variabel *independent*.

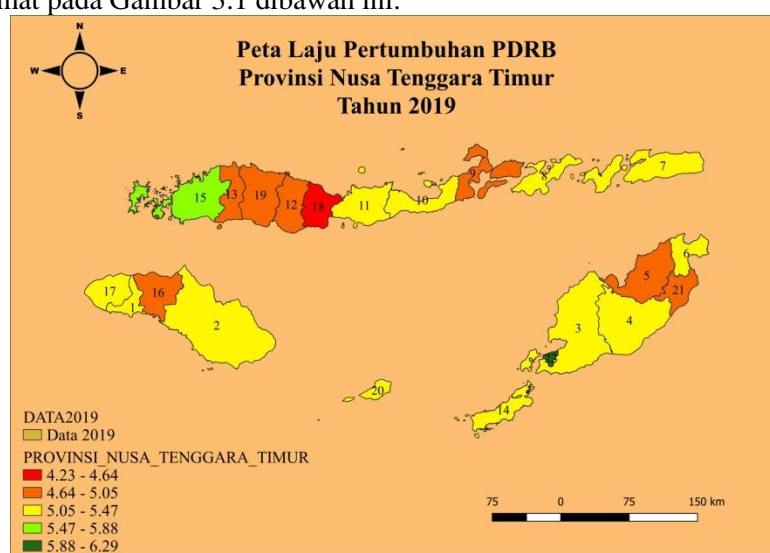
Sedangkan untuk menghitung nilai AIC digunakan rumus sebagai berikut:

$$\ln AIC = \frac{2k}{n} + \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n \hat{u}_i^2}{n} \right) \quad (2.6)$$

dengan: k : jumlah parameter yang diestimasi dalam model regresi, n : jumlah pengamatan dan u : sisa. Model regresi terbaik merupakan model regresi yang mempunyai nilai AIC terkecil (Fathurahman, 2010).

3. Hasil dan Pembahasan

Provinsi Nusa Tenggara Timur memiliki 22 kabupaten/kota, yang terdiri dari Kabupaten Sumba Barat, Sumba Timur, Kupang, Timor Tengah Selatan, Timor Tengah Utara, Belu, Alor, Lembata, Flores Timur, Sikka, Ende, Ngada, Manggarai, Rote Ndao, Manggarai Barat, Sumba Tengah, Sumba Barat Daya, Nagakeo, Manggarai Timur, Sabu Raijua, Malaka dan Kota Kupang yang terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Persebaran laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2019

Berdasarkan peta tematik pada Gambar 3.1 diatas, diketahui bahwa persebaran laju pertumbuhan PDRB di kabupaten/kota Provinsi NTT dapat dilihat dari 5 kategori yang ditandai dengan simbol berwarna merah sampai hijau tua yang mana dari rentang laju pertumbuhan PDRB yang sangat rendah sampai laju pertumbuhan PDRB yang sangat tinggi. Kategori laju pertumbuhan PDRB sangat rendah yaitu dengan rentangan 4,23 persen sampai 4,64 persen dimiliki oleh Kabupaten Nagakeo, sementara itu laju pertumbuhan PDRB dengan kategori sangat tinggi yaitu dengan rentangan 5,88 persen sampai 6,29 persen dimiliki oleh Kota Kupang. Dari Gambar 3.1 juga dapat dilihat bahwa pola spasial yang terbentuk ialah pola mengelompok dimana kabupaten/kota memiliki nilai yang relatif sama cenderung saling berdekatan.

Analisis regresi berganda merupakan suatu metode untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat atau *dependent* (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas atau *independent* (X_1, X_2, \dots, X_n). Estimasi parameter β dilakukan dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS) yang hasil *outputnya* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Estimasi Parameter dan Signifikan Parameter

	Koefisien	<i>Tvalue</i>	<i>P-value</i>
$\hat{\beta}_0$	$5,569 \times 10^2$	2,484	0,0244

$\hat{\beta}_1$	$-7,470 \times 10^{-3}$	-0,159	0,8760
$\hat{\beta}_2$	$-3,38 \times 10^{-5}$	-0,278	0,7847
$\hat{\beta}_3$	$-8,453 \times 10^{-3}$	-0,704	0,4916
$\hat{\beta}_4$	$1,467 \times 10^{-3}$	2,167	0,0457
$\hat{\beta}_5$	$-1,5283 \times 10^{-6}$	-1,624	0,1239

Dari Tabel 3.1 model OLS yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = 5,569 \times 10^2 - 7,470 \times 10^{-3}X_1 - 3,38 \times 10^{-5}X_2 - 8,453 \times 10^{-3}X_3 + 1,467 \times 10^{-3} X_4 - 1,5283 \times 10^{-6} X_5 \tag{3.1}$$

Dari Tabel 3.1 dengan menggunakan taraf signifikansi (α) sebesar 5% diperoleh hasil bahwa variabel X_4 mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB karena memiliki nilai $p\text{-value} = 0,0457 < \alpha = 5\%$ sedangkan variabel *independent* lain tidak mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB karena memiliki nilai $p\text{-value} > \alpha = 5\%$.

Dalam analisis regresi berganda terdapat beberapa uji asumsi yang terdiri dari uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*, uji heteroskedastisitas menggunakan uji *Glejser*, uji multikolinearitas menggunakan VIF dan uji autokorelasi menggunakan uji *Durbin Watson*. Hasil uji asumsi klasik dengan $\alpha = 5\%$ diringkas pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Uji Asumsi Klasik

Uji Asumsi	Statistik Uji	Keputusan	Kesimpulan
Normalitas	$1,306 \times 10^{-5}$	H_0 ditolak	Residual tidak berdistribusi normal
Heteroskedastisitas	0,5414	H_0 tidak ditolak	tidak terjadi heterokedastisitas
Multikolinearitas	$X_1 = 12,3468,$ $X_2 = 13,12761,$ $X_3 = 12,62047,$ $X_4 = 35,54438$ $X_5 = 10,85670$	H_0 ditolak	terdapat multikolinearitas
Autokorelasi	0,2809	H_0 tidak ditolak	tidak terdapat autokorelasi

Berdasarkan uji asumsi residual pada model OLS sebelumnya diketahui terdapat multikolinearitas antar variabel *independent* maka akan dilakukan analisis komponen utama yang bertujuan untuk menghilangkan korelasi antar variabel *independent* tersebut.

Metode PCA bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara mereduksi dimensinya. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel bebas. Setelah beberapa komponen hasil PCA yang bebas multikolinearitas diperoleh, maka komponen-komponen tersebut menjadi variabel bebas baru yang akan diregresikan atau dianalisis pengaruhnya terhadap variabel *dependent* (Y) dengan menggunakan analisis regresi. Langkah pertama dalam analisis komponen utama ialah membentuk matriks korelasi. Hasil pembentukan matriks korelasi diringkas pada Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Matriks Korelasi antar Variabel

	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅
X₁	1,0000000	0,9564686	0,8104680	0,8268610	0,7188295
X₂	0,9564686	1,0000000	0,8257034	0,8304076	0,7041441
X₃	0,8104680	0,8257034	1,0000000	0,9314286	0,7657468
X₄	0,8268610	0,8304076	0,9314286	1,0000000	0,9188010
X₅	0,7188295	0,7041441	0,7657468	0,9188010	1,0000000

Dari Tabel 3.3 diketahui bahwa terdapat korelasi yang tinggi antar variabel yang ditandai dengan nilai korelasi yang tinggi. Langkah analisis berikut ialah melakukan uji asumsi PCA yang terdiri dari uji kecukupan data menggunakan uji KMO dan MSA, uji normal multivariat menggunakan uji Henze Zirkler dan Uji Multikolinearitas yang hasil ujinya diringkas pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Uji Asumsi PCA

Uji Asumsi	Statistik Uji	Keputusan	Kesimpulan
Kecukupan Data	KMO = 0,7289577	H ₀ tidak ditolak	ukuran data cukup untuk dianalisis komponen utama
	MSA = X ₁ = 0,7896606, X ₂ = 0,7829248, X ₃ = 0,7277812, X ₄ = 0,6786716 dan X ₅ = 0,6810746	H ₀ tidak ditolak	variabel sudah memadai untuk dianalisis lebih lanjut
Normal Multivariat	= 0.001519594	H ₀ ditolak	data tidak berdistribusi normal multivariat
Multikolinearitas	X ₁ = 12,3468, X ₂ = 13,12761, X ₃ = 12,62047, X ₄ = 35,54438 X ₅ = 10,85670	H ₀ ditolak	terdapat multikolinearitas

Langkah analisis yang berikut merupakan pembentukan komponen utama yang dilihat dari nilai eigen lebih dari satu dan nilai PKV yang lebih dari 70%. Dari hasil pengujian diperoleh tiga komponen utama yang dapat mewakili variabel asal dengan komponen utama pertama mewakili variabel X₁ dan X₂, komponen utama kedua mewakili variabel X₄ dan X₅ dan komponen utama ketiga mewakili variabel X₃. Perhitungan persamaan regresi komponen utama dilakukan dengan menghitung skor komponen utama W₁, W₂, dan W₃ kemudian meregresikannya dengan variabel *dependent* (Y). Dari perhitungan skor komponen utama kemudian diregresikan dengan variabel *dependent* Y diperoleh hasil regresi komponen utama sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 5,11474 - 0,10609W_1 + 0,39326W_2 - 0,18988W_3 \quad (3.2)$$

Pada persamaan regresi diatas diketahui pemodelan masih dalam bentuk komponen utama terpilih maka dari itu akan dilakukan transformasi dan diperoleh model dalam bentuk baku sebagai berikut.

$$\hat{Y} = 5,11474 - 0,0123Z_1 - 0,0267Z_2 - 0,0367Z_3 + 0,1025Z_4 + 0,2551Z_5 \quad (3.3)$$

Karena persamaan regresi diatas dalam bentuk data yang distandarkan maka persamaan harus dirubah kembali dengan menggunakan persamaan 3.4.

$$Z_i = \frac{(x_i - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sigma_{ik}}}, \sigma = 1, 2, \dots, k \tag{3.4}$$

Sehingga diperoleh model akhir persamaan regresi PCA adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 4,40979 - 0,00288X_1 - 1,548 \times 10^{-5}X_2 - 0,00217X_3 + 2,035 \times 10^{-7}X_4 + 1,274 \times 10^{-6}X_5 \tag{3.5}$$

Setelah didapatkan variabel W_1 , W_2 dan W_3 maka dilakukan efek spasial yaitu uji heterogenitas spasial dan uji autokorelasi spasial. Uji heterogenitas spasial dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan karakteristik suatu wilayah dengan wilayah lainnya. Uji ini dilakukan dengan menggunakan uji *Breush Pagan* regresi terhadap variabel respon laju pertumbuhan PDRB. Uji autokorelasi spasial dilakukan untuk mengetahui pola hubungan atau korelasi antar lokasi (amatan) dengan menggunakan uji Moran's I. Pengujian efek spasial diringkas pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Uji Efek Spasial

Uji Asumsi	Statistik Uji	Keputusan	Kesimpulan
Heterogenitas	0,005859	H ₀ ditolak	Terdapat heteroskedastisitas
Autokorelasi	$W_1 = 0,4623$, $W_2 = 0,5292$ dan $W_3 = 0,8145$	H ₀ tidak ditolak	Tidak terdapat autokorelasi

Dari hasil pengujian efek spasial yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa terdapat heterogenitas spasial antar kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur sehingga diperlukan model GWRPCA untuk dapat mengetahui model setiap wilayah pengamatan dengan pengaruh yang berbeda-beda disetiap kabupaten/kota.

Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis (GWRPCA) merupakan gabungan dari metode Analisis Komponen Utama atau *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Geographically Weighted Regression* (GWR). Matriks pembobot yang digunakan adalah fungsi fixed kernel gaussian dengan bandiwidth optimum sebesar 0,7819343 dan CV minimum 4,511038. Selanjutnya menghitung matriks pembobot setiap lokasi pengamatan untuk mengestimasi parameter model GWRPCA. Contoh model WRPCA pada Kabupaten Sumba Barat adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_{Sumba Barat} = 5,12439 - 0,48343W_1 + 0,45237W_2 - 0,06530W_3 \tag{3.6}$$

Dari model yang terbentuk dapat diketahui bahwa setiap kenaikan satu satuan komponen utama pertama (W_1) maka akan menurunkan laju pertumbuhan PDRB sebesar 0,48343 persen, setiap kenaikan satu satuan komponen utama kedua (W_2) akan menaikkan laju pertumbuhan PDRB sebesar 0,4523 persen dan setiap kenaikan satu satuan komponen utama ketiga (W_3) akan menurunkan laju pertumbuhan PDRB di wilayah Kabupaten Sumba Barat sebesar 0,0653 persen di wilayah Kabupaten Sumba Barat.

Pengujian parsial menggunakan uji t pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ menghasilkan komponen utama pertama (W_1) mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB di beberapa kabupaten yaitu Kabupaten Ngada, Manggarai, Nagakeo dan Manggarai Timur karena memiliki nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ dan menolak H₀ sedangkan komponen utama kedua (W_2) dan komponen utama ketiga (W_3) tidak mempengaruhi laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019.

Nilai koefisien determinasi atau *R-square* ini bertujuan untuk memprediksi dan melihat seberapa besar kontribusi pengaruh yang diberikan variabel peubah bebas (W_1 , W_2 dan W_3) secara simultan (bersama-sama) terhadap variabel *dependent* laju pertumbuhan PDRB. Semakin

besar nilai koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan maka semakin besar pula pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent*. Dari hasil analisis diperoleh nilai koefisien determinasi pada setiap wilayah lebih dari 50%. Sebagai contoh, pada Kabupaten Rote Ndao yang memiliki nilai koefisien determinasi tertinggi yaitu sebesar 99,63 persen yang artinya bahwa laju pertumbuhan PDRB dapat dijelaskan oleh variabel peubah yang baru yaitu variabel komponen utama sebesar 99,63 persen sedangkan sisanya ($100\% - 99,63\% = 0,37\%$) dijelaskan oleh variabel lain diluar model yang diteliti.

Perbandingan model digunakan untuk menemukan model yang lebih baik untuk menggambarkan rendahnya laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2019. Perbandingan model ini berdasarkan nilai *Rsquare* terbesar dan nilai AIC terkecil. Dengan menggunakan *Software Rstudio* yang outputnya terlampir pada Lampiran 20 diperoleh hasil yang diringkas pada Tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.6 Output Perbandingan Model

Model	OLS	RPCA	GWRPCA
R^2	0,45	0,22	0,88
AIC	10,51	16,92	-16,59

Berdasarkan Tabel 3.6 diperoleh kesimpulan bahwa model yang sesuai untuk pemodelan laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2019 ada model GWRPCA, dikarenakan nilai AIC yang dihasilkan lebih kecil dan nilai R^2 lebih besar dibandingkan dengan model lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Laju pertumbuhan PDRB di setiap kabupaten/kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur dapat dilihat pada peta tematik yang mana terdapat 5 kategori yang dilambangkan dengan 5 simbol warna yaitu merah berarti sangat rendah sampai warna hijau tua berarti sangat tinggi laju pertumbuhan PDRB yang sangat rendah terdapat pada Kabupaten Nagakeo dan laju pertumbuhan PDRB yang sangat tinggi dimiliki oleh Kota Kupang.
- 2) Hasil pemodelan menggunakan regresi berganda diperoleh $\hat{y} = 5,569 \times 10^2 - 7,470 \times 10^{-3} X_1 - 3,38 \times 10^{-5} X_2 - 8,453 \times 10^{-3} X_3 + 1,467 \times 10^{-3} X_4 - 1,5283 \times 10^{-6} X_5$. Dari pemodelan ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan PDRB akan bertambah setiap kenaikan satu faktor sebesar nilai koefisien faktor tersebut dan begitupun sebaliknya.
- 3) Berdasarkan hasil pengujian menggunakan uji VIF diperoleh setiap variabel peubah bebas (X) memiliki nilai VIF lebih besar dari 10 yang menunjukkan terdapat multikolinearitas. Dari hasil pengujian ini maka dilakukan analisis komponen utama dengan tujuan mereduksi variabel peubah bebas menjadi variabel baru yang tidak berkorelasi.
- 4) Pembentukan variabel baru dilakukan dengan melihat nilai eigen dan proporsi kumulatif varians dari masing-masing variabel baru (PC). Setelah dilakukan analisis komponen utama (PCA) diperoleh 3 variabel baru dengan nilai eigen lebih dari satu yaitu PC_1 sebesar 2,01, PC_2 sebesar 1,65 dan PC_3 sebesar 1,28 yang dianggap dapat mewakili atau menggantikan variabel-variabel bebas yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan PDRB dengan proporsi kumulatif varians (PKV) sebesar 99%.
- 5) Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil bahwa terdapat efek heterogenitas spasial pada 22 kabupaten/kota di Provinsi NTT karena memiliki nilai *Breusch Pagan* yang lebih besar dari nilai tabel *Chi Square* dan nilai *p-value* yang lebih besar dari nilai alpha 5%.

- 6) Pemodelan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA) dengan fungsi pembobot *Kernel Gaussian* menghasilkan estimasi parameter yang berbeda-beda. Berdasarkan uji signifikansi variabel *independent* yang baru (komponen utama) menggunakan uji t dengan α sebesar 5% pada setiap kabupaten/kota diperoleh bahwa variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap laju pertumbuhan PDRB adalah variabel komponen utama pertama (W_1) karena memiliki nilai $|t_{hitung}|$ lebih besar dari nilai t_{tabel} . Sementara itu, variabel komponen utama kedua (W_2) dan variabel komponen utama ketiga (W_3) tidak signifikan berpengaruh terhadap laju pertumbuhan PDRB karena memiliki nilai $|t_{hitung}|$ yang lebih kecil dari nilai t_{tabel} . Variabel peubah bebas komponen utama pertama (W_1) berpengaruh pada Kabupaten Ngada, Manggarai, Nagakeo dan Manggarai Timur.
- 7) Berdasarkan nilai AIC terkecil dan nilai R^2 terbesar diperoleh hasil bahwa model *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA) lebih baik dalam memodelkan laju pertumbuhan PDRB di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019 dikarenakan memiliki nilai AIC terkecil dan R^2 terbesar dibandingkan model OLS dan model Regresi PCA.

Saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian ini antara lain:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode *Geographically Weighted Principal Component Analysis* (GWPCA) yang akan memperoleh variabel baru (komponen utama) yang telah terboboti secara parsial.
- 2) Pada penelitian ini digunakan jenis pembobot *Fixed Kernel Gaussian* disarankan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan pembobot jarak lainnya seperti *Adaptive Kernel* yang memiliki nilai *bandwidth optimum* berbeda disetiap lokasi pengamatan sehingga hasil yang diperoleh lebih signifikan pada setiap lokasi pengamatannya.

5. Daftar Pustaka

- Aziez, H. A. (2019). Analisis Pengaruh Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia Menggunakan Pendekatan *Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis* (GWRPCA). *Prosiding Seminar Nasional Energi*, 8.
- Fathurahman, M. (2010). Pemilihan Model Regresi Terbaik Menggunakan Akaike's Information Criterion. *Jurnal Eksponensial*, 28-29.
- Ghosh, D., dan Manson, S. M. (2013). Robust Principal Component Analysis and Geographically Weighted Regression: Urbanisation in the Twin Cities Metropolitan Area of Minnesota. *J Urban Reg Inf Syst Assoc*, 15-25.
- Johnson, R. A., dan Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Marcus, A. (2012). Analisis Regresi Komponen Utama untuk Mengatasi Masalah Multikolinearitas dalam Analisis Regresi Linier Berganda (Studi Kasus: Curah Hujan di Kota Ambon Tahun 2010). *Jurnal Berekang*, 31-40.
- Maulani, A. (2016). Aplikasi Metode *Geographically Weighted Regression* untuk Menentukan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kasus Gizi Buruk Anak Balita di Jawa Barat. *Eureka Matika*, 4.
- Pratama, I. P., dkk. (2015). Pemanfaatan Peta Tematik sebagai Media Pembelajaran Mata Pelajaran Sejarah untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XII IPS 1 SMA Negeri 1 Panarukan Tahun Pelajaran 2014/2015. *Artikel Mahasiswa*, 1-7.
- Purnomo, P. (2008). *Statistika Multivariat Terapan*. Bengkulu: UNIB Press.

- Romhadhoni, P., dkk. (2018). Pengaruh Produk Domestik Regional Bruto Terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Matematika Integratif*, 115-121.
- Sari, N., dkk. (2016). Geographically Weighted Regression Principal Component Analysis (GWRPCA) pada Pemodelan Pendapatan Asli Daerah di Jawa Tengah. *Jurnal Gaussian*, 4.
- Setyawan, Y. (2018). *Statistika Dasar*. Yogyakarta: AKPRIND Press.
- Sriningsih, M., dkk. (2018). Penanganan Multikolinearitas dengan Menggunakan Analisis Regresi Komponen Utama pada Kasus Impor Beras di Provinsi SULUT. *Jurnal Ilmiah Sains*, 18-24.