

## PERBANDINGAN TEKNIK PEMBOBOTAN DALAM DOWNSCALING PDRB DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

Adik Amin Nashrudien<sup>1</sup>, Retno Widodo Dwi Pramono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

<sup>1</sup>Email : [adikamin99@mail.ugm.ac.id](mailto:adikamin99@mail.ugm.ac.id)

Diterima (received): 07 Juni 2024

Disetujui (accepted): 17 Juli 2024

### ABSTRAK

Perencanaan tata ruang dan pembangunan wilayah yang saling terkait memerlukan data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang secara spasial representatif. PDRB yang secara resmi dikeluarkan oleh pemerintah mengasumsikan nilainya terdistribusi homogen secara spasial dalam satu wilayah administrative sehingga kurang representatif. Oleh karena itu dibutuhkan metode untuk menyediakan data ekonomi secara spasial yang dapat menggambarkan heterogenitas kegiatan ekonomi dalam suatu wilayah sehingga analisis dapat tajam dan rekomendasi intervensi perencanaan dapat tepat sasaran. Geographically Weighted Regression (GWR) downscaling dapat diterapkan karena terhadap karakteristik geografis wilayah yang beragam. Oleh karena itu GWR downscaling sensitif menggambarkan heterogenitas wilayah dengan unit ruang yang lebih kecil, misalnya pada penelitian ini dilakukan downscaling PDRB hingga pada grid estimasi beresolusi 500 m x 500 m. Ada beberapa pendekatan teknik pembobotan untuk menghasilkan nilai PDRB grid estimasi yang terbaik. Untuk mengujinya, dalam penelitian ini dilakukan perbandingan teknik pembobotan antara jenis fungsi kernel yang dikombinasikan dengan jenis bandwidth. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknik pembobotan Gaussian-Fixed menghasilkan nilai PDRB grid estimasi yang paling baik dibandingkan dengan teknik yang lain.

**Kata Kunci** : perbandingan fungsi kernel, downscaling PDRB, Geographically Weighted Regression

### A. PENDAHULUAN

Perencanaan tata ruang yang mengarah pada perencanaan pembangunan wilayah salah satu tujuannya adalah mendorong perekonomian wilayah untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Pramono & Suminar, 2019). Perencanaan pembangunan yang cermat membutuhkan data kegiatan ekonomi yang rinci dan sensitif terhadap heterogenitas kegiatan ekonomi hingga tingkat komunitas (Yang, 2017) atau dalam batas administrasi di Indonesia hingga tingkat kecamatan atau bahkan tingkat kelurahan (Achsini et al., 2015). Data yang rinci dan sensitif terhadap heterogenitas kegiatan ekonomi tersebut dapat digunakan untuk mengamati dinamika ekonomi lokal dan dapat membandingkan antara wilayah satu dengan wilayah yang lain. Hal ini dapat memudahkan perencana tata ruang atau pemerintah untuk mengintervensi terhadap perencanaan pembangunan yang berimplikasi pada kesejahteraan masyarakat..

Indikator yang paling sering digunakan untuk menggambarkan sebaran, dinamika dan kinerja kegiatan ekonomi adalah Produk Domestik Regional Bruto

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

(PDRB) (Arifah & Sari, 2023; Xu et al., 2023). Selain itu dapat digunakan juga untuk mengukur tingkat kemiskinan, ketimpangan, dan tingkat kesejahteraan dengan data PDRB perkapita (BPS, 2017; Sun et al., 2020). PDRB perkapita didapatkan dengan cara membagi nilai PDRB wilayah dibagi jumlah penduduk pada wilayah tersebut. Saat ini data PDRB dikumpulkan dengan metode sensus dan dari instansi terkait (BPS, n.d.; Huang et al., 2021). Data PDRB yang resmi dikeluarkan oleh pemerintah distribusinya secara spasial sama di seluruh wilayah. Sehingga mengabaikan heterogenitas kegiatan ekonomi di wilayah tersebut. Oleh karena itu, data PDRB tersedia saat ini tidak mencerminkan distribusi kegiatan ekonomi aktual secara spasial (Cao et al., 2016).

Salah satu teknik untuk menghasilkan nilai dengan skala yang lebih kecil adalah dengan menggunakan *Geographically Weighted Regression (GWR) downscaling*. *GWR downscaling* mampu menghasilkan nilai estimasi dengan resolusi yang lebih kecil dengan mempertimbangkan sifat non-stasioneritas data spasial atau karakteristik suatu wilayah secara spasial. Teknik ini memerlukan data tambahan sebagai data independen yang mempunyai resolusi lebih kecil (Brunsdon et al., 1996). Dalam mengestimasi nilai suatu titik, teknik GWR menggunakan prinsip pembobotan terhadap nilai variabel yang berkorelasi pada titik yang sama. Selain itu pembobotan juga mempertimbangan nilai variabel yang berada di titik sekitarnya (Lu et al., 2018). Oleh karena itu pemilihan metrik pembobotan sangat mempengaruhi model GWR dan hasil estimasi.

Metrik pembobotan dalam GWR ditentukan oleh fungsi yang disebut fungsi kernel. Fungsi kernel tersebut menentukan bentuk pengaruh suatu titik dengan titik yang lainnya. Jumlah titik-titik yang mempengaruhi titik acuan ditentukan oleh lebar jendela atau *bandwidth* (Lutfiani et al., 2019). Sehingga jenis fungsi kernel dan *bandwidth* akan menentukan estimasi nilai setiap titik. Oleh karena itu penelitian ini membandingkan jenis fungsi kernel yang dikombinasikan dengan tipe *bandwidth* yang digunakan untuk mendapatkan hasil estimasi PDRB grid yang terbaik. Jenis fungsi kernel yang digunakan yaitu Gaussian, Exponential, Bisquare, Tricube, dan Boxcar. Sedangkan *bandwidth* yang digunakan yaitu *bandwidth fixed* dan *adaptive*. Hasil dari perbandingan jenis fungsi kernel dan tipe *bandwidth* tersebut akan mudah digunakan untuk perencanaan di berbagai lokasi secara efektif. Apabila penggunaan teknik analisis tepat, hasil estimasi distribusi PDRB grid akan lebih representatif mendekati kondisi aktual di lapangan. Sehingga kebijakan dan program yang disusun berdasarkan data tersebut akan lebih tepat sasaran dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara signifikan.

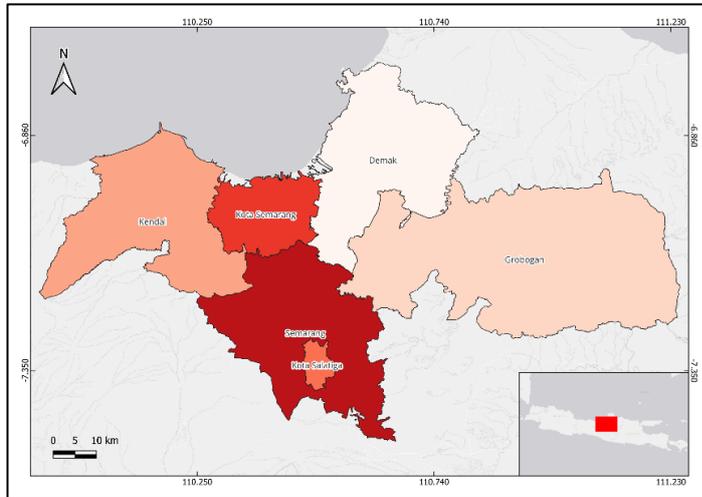
## **B. METODE PENELITIAN**

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan PDRB dengan skala yang lebih kecil dengan resolusi 500 m x 500 m per grid dan sensitif terhadap heterogenitas kegiatan ekonomi secara aktual dengan menggunakan metode GWR. Untuk menghasilkan PDRB grid estimasi paling representatif dilakukan perbandingan antara teknik pembobotan *Gaussian*, *Exponential*, *Bisquare*, *Tricube*, dan *Boxcar* serta antara *bandwidth fixed* dan *adaptive*.

### **1. Lokasi Penelitian**

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

Lokasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Metropolitan Semarang atau yang dikenal sebagai Kedungsepur. Wilayah Kedungsepur terletak di Provinsi Jawa Tengah. Wilayah tersebut terdiri dari 4 kabupaten dan 2 kota yaitu Kabupaten Kendal, Kabupaten Demak, Kabupaten Semarang, Kota Salatiga, Kota Semarang, dan Kabupaten Grobogan seperti yang di tunjukkan **Error! Reference source not found.** di bawah ini.



**Gambar 1.** Wilayah Kedungsepur

Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2019. Diolah

Wilayah Kedungsepur merupakan wilayah yang mempunyai karakteristik topografi yang kompleks. Hal tersebut dikarenakan adanya daerah kota yaitu Kota Semarang dan Kota Salatiga, daerah perkotaan di wilayah kabupaten-kabupaten, daerah pedesaan, daerah pertanian, daerah hutan, daerah pesisir di bagian utara yang berbatasan dengan Laut Jawa, dan terdapat daerah pegunungan yang terdapat di Gunung Merbabu pada Kabupaten Semarang dan di Gunung Ungaran pada Kabupaten Kendal dan Kabupaten Semarang.

## 2. Data dan Variabel

Data yang digunakan adalah data sekunder yang dibagi menjadi variabel dependen dan variabel independen. Variabel dependen adalah data PDRB yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik Jawa Tengah (BPS Jateng). Data PDRB yang digunakan yaitu data PDRB tahun 2019. Dalam analisis data, data PDRB dibagi menjadi dua yaitu PDRB sektor primer yang tidak menyertakan jenis lapangan usaha Pertambangan dan Penggalian dan PDRB sektor sekunder dan tersier. Variabel independen adalah data-data raster yang mempunyai resolusi 500 m x 500 m. Data tersebut diakuisisi dengan menggunakan Google Earth Engine (GEE).

Data tutupan lahan yang digunakan adalah data yang diproduksi oleh United States Geological Survey (USGS). Data yang dipilih adalah tutupan lahan tipe 1 yang mengelompokkan jenis tutupan lahan menjadi 17. Dari 17 kategori tutupan lahan tersebut hanya digunakan 10 jenis tutupan lahan yang diasumsikan berkontribusi pada nilai PDRB. Kemudian dari 10 jenis tutupan lahan dikelompokkan menjadi 5 kelompok tutupan lahan yaitu tutupan lahan hutan (*Evergreen Needleleaf Forests*, *Evergreen Broadleaf Forests*, *Deciduous*

*Needleleaf Forests*, *Deciduous Broadleaf Forests*, dan *Mixed Forests*), padang rumput (*Grasslands*), lahan pertanian (*Croplands* dan *Cropland/Natural Vegetation Mosaics*), badan air (*Water Bodies*), dan lahan terbangun (*Urban and Built-up Lands*). Lahan terbangun bersesuaian dengan sektor PDRB sekunder dan tersier. Oleh karena itu digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor sekunder dan tersier. Sedangkan jenis tutupan lahan yang lainnya digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor primer.

Data indeks vegetasi yang meliputi data NDVI, EVI, MSAVI, MNDWI, LAI, dan NDBI diakuisisi dengan cara menghitung masing-masing variabel dari *Landsat 8 dataset* yang diproduksi oleh USGS. Data NDBI digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor sekunder dan tersier. Sedangkan indeks vegetasi yang lainnya digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor primer.

*Nighttime Light* (NTL) yang digunakan adalah tipe VIIRS tahunan yang diproduksi oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Data NTL digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor sekunder dan tersier.

Densitas POI didapatkan dengan cara mengakuisisi data POI pada OpenStreetMap, kemudian menghitung jumlah POI masing-masing grid ukuran 500 m x 500 m. POI yang diakuisisi adalah yang jenis kegiatan ekonomi yang berkontribusi pada PDRB sektor sekunder dan tersier. Oleh karena itu data densitas POI digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor sekunder dan tersier.

Densitas jalan didapatkan dengan cara mengakuisisi data jalan pada OpenStreetMap, kemudian menghitung panjang jalan masing-masing grid ukuran 500 m x 500 m. Data densitas jalan digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid untuk sektor sekunder dan tersier.

Titik koordinat (X, Y) ditambahkan untuk menghasilkan data PDRB grid di semua sektor. Titik koordinat dihasilkan dengan menambahkan titik tengah setiap grid menggunakan *tools Centroid* pada perangkat lunak QGIS dan kemudian masing-masing titik ditambahkan koordinatnya dengan menggunakan *tools Add Coordinate to Points* pada QGIS.

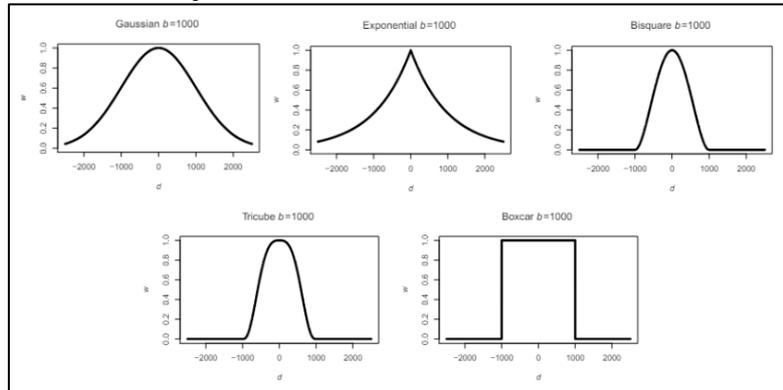
### **3. Geographically Weighted Regression (GWR)**

*Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah teknik yang banyak digunakan untuk mendeteksi dan memodelkan hubungan non-stasioner secara spasial antara variabel dependen dan variabel independen. Teknik GWR bersifat lokal yang prinsipnya yaitu dengan cara memperkirakan nilai suatu parameter dengan menggunakan data dari pengambilan titik terdekat di sekitarnya (M. Li et al., 2023). Prinsip dasar tersebut dimodelkan dengan persamaan di bawah ini (Brunsdon et al., 1996).

$$Y_i = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^k \beta_{ij}X_{ij} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dengan  $Y_i$  adalah variabel independen pada lokasi  $i$ ;  $X_{ij}$  adalah variabel independen pada lokasi  $i$ ;  $\beta_{i0}$  adalah konstanta parameter pada lokasi  $i$ ;  $\beta_{ij}$  adalah konstanta regresi lokal untuk  $j$ -variabel independen pada lokasi  $i$ ;  $k \in \{1, 2, 3, \dots\}$  adalah independen variabel; dan  $\varepsilon_i$  adalah galat pada lokasi  $i$ .

Dalam mengestimasi nilai parameter, teknik GWR menggunakan pembobotan spasial yaitu fungsi kernel dan *bandwidth*. *Bandwidth* adalah ukuran jarak atau jumlah titik-titik yang berdekatan dalam regresi (Z. Li et al., 2019). Penelitian ini membandingkan 5 jenis fungsi kernel yaitu *Gaussian*, *Exponential*, *Bisquare*, *Tricube*, dan *Boxcar*. Perbedaan cara mengestimasi nilai parameter antara jenis fungsi kernel tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2 berikut,



**Gambar 2.** Jenis fungsi kernel pada GWR

Sumber: (Gollini et al., 2015)

Jenis fungsi kernel di atas juga dikombinasikan terhadap tipe *bandwidth* yaitu *fixed* dan *adaptive* untuk mendapatkan nilai PDRB grid estimasi yang terbaik. *Fixed bandwidth* yaitu nilai *bandwidth* yang sama pada setiap lokasi pengamatan. Sedangkan, *adaptive bandwidth* yaitu *bandwidth* yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan (Putra et al., 2022). Regresi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GWmodels yang dikembangkan oleh (Lu et al., 2023).

Penentuan model GWR yang akan digunakan untuk mengestimasi PDRB grid yaitu dengan menggunakan metrik validasi. Metrik validasi tersebut terdiri dari koefisien determinasi ( $R^2$ ), *mean absolute error* (MAE), dan *root mean square error* (RMSE). Fungsi metrik validasi tersebut dinyatakan sebagai berikut,

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

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (4)$$

dengan  $Y_i$  yaitu PDRB aktual untuk wilayah  $i$ ;  $\hat{Y}_i$  yaitu PDRB estimasi untuk wilayah  $i$ ;  $\bar{Y}$  yaitu rata-rata PDRB aktual untuk semua wilayah, dan  $n$  adalah jumlah wilayah.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

Penelitian ini telah membandingkan fungsi kernel *Gaussian*, *Exponential*, *Bisquare*, *Tricube*, dan *Boxcar* serta kombinasinya dengan tipe *bandwidth fixed* dan *adaptive* terhadap sektor primer dan sektor sekunder dan tersier yang dengan mendasarkan pada metrik validasi  $R^2$ , MAE, dan RMSE. Nilai  $R^2$  yang lebih mendekati nilai 1 serta nilai MAE dan RMSE yang paling kecil untuk menunjukkan model lebih baik dari pada model yang lainnya. Tabel 1 merupakan tabel hasil perbandingan antar model estimasi pada sektor primer dan sektor sekunder dan tersier.

**Tabel 1.** Perbandingan teknik pembobotan pada GWR *downscaling*

PDRB Estimasi	Fungsi Kernel	Bandwidth	$R^2$	MAE	RMSE	
<b>Sektor Primer</b>	Gaussian	Adaptive	0,5025	114,2773	141,8152	
		Fixed	0,5222	112,8918	140,8569	
	Exponential	Adaptive	0,5273	117,6971	147,3910	
		Fixed	<b>0,5757</b>	<b>111,0124</b>	<b>138,1185</b>	
	Bisquare	Adaptive	0,1426	495,0586	520,3399	
		Fixed	0,1072	569,6959	659,5431	
	Tricube	Adaptive	0,1385	501,4802	526,0506	
		Fixed	0,1018	579,1489	673,3048	
	Boxcar	Adaptive	0,0791	691,2834	856,4221	
		Fixed	0,0640	662,9087	890,1616	
	<b>Sektor Sekunder dan Tersier</b>	Gaussian	Adaptive	0,7891	3210,9320	4353,0115
			Fixed	<b>0,8383</b>	<b>2647,0774</b>	<b>3575,7989</b>
Exponential		Adaptive	0,7749	4017,1544	5235,4429	
		Fixed	0,8346	3102,9002	4185,8711	
Bisquare		Adaptive	0,6915	5220,6410	6384,4542	
		Fixed	0,6663	6009,4416	7606,0808	
Tricube		Adaptive	0,6882	5211,2672	6351,3284	
		Fixed	0,6637	6001,4007	7591,6192	
Boxcar		Adaptive	0,6516	6612,5417	8133,1745	
		Fixed	0,6298	6958,4987	8764,5403	

Sumber: hasil analisis 2024

Berdasarkan Tabel 1, tergambar bahwa teknik GWR lebih baik dalam mengestimasi nilai PDRB grid pada sektor sekunder dan tersier dari pada sektor primer, sementara fungsi kernel Exponential-Fixed merupakan teknik pembobotan yang paling baik untuk mengestimasi PDRB grid pada sektor primer. Sedangkan pada sektor sekunder dan tersier, teknik pembobotan yang paling baik adalah Gaussian-Fixed. Karena memiliki perbedaan jenis teknik pembobotan yang terbaik antara sektor primer dan sekunder, untuk mendapatkan satu jenis teknik pembobotan yang digunakan dalam PDRB *downscaling* maka selanjutnya hasil estimasi dari masing-masing teknik akan dibandingkan dengan PDRB aktual. Perbandingan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Perbandingan nilai korelasi antara PDRB estimasi dengan PDRB aktual

PDRB Estimasi	Teknik Pembobotan	$R^2$
Sektor Primer	Gaussian-Fixed	<b>0,9988</b>

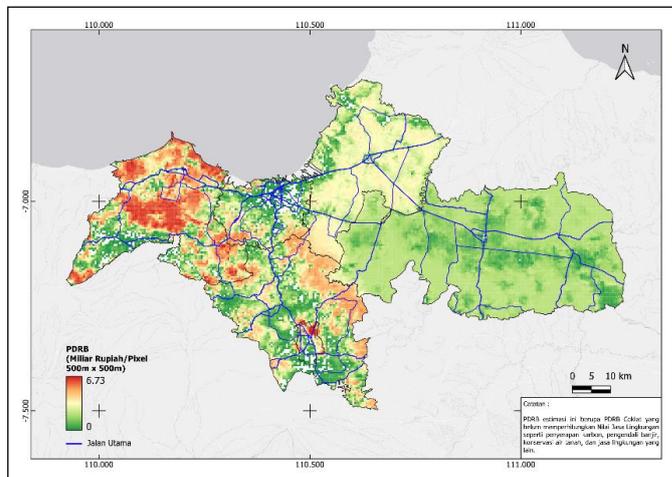
**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

	Exponential-Fixed	<b>0,9988</b>
Sektor Sekunder dan Tersier	Gaussian-Fixed	<b>0,9993</b>
	Exponential-Fixed	0,9990
PDRB Total	Gaussian-Fixed	<b>0,9991</b>
	Exponential-Fixed	0.9988

Sumber: hasil analisis 2024

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada sektor primer kedua teknik pembobotan memiliki nilai R<sup>2</sup> yang sama. Pada sektor sekunder dan tersier, teknik pembobotan yang lebih baik adalah dengan menggunakan Gaussian-Fixed. Begitu juga jika PDRB estimasi pada sektor primer dan sektor sekunder dan tersier dijumlahkan nilainya kemudian dibandingkan dengan PDRB total aktual, teknik pembobotan yang lebih baik adalah dengan menggunakan Gaussian-Fixed. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa teknik pembobotan yang paling baik digunakan untuk mengestimasi PDRB grid dengan menggunakan GWR adalah dengan menggunakan Gaussian-Fixed.

Hasil PDRB estimasi setiap grid dapat disajikan berupa peta distribusi PDRB grid estimasi, baik sektor primer, sektor sekunder dan tersier maupun PDRB total estimasi. Peta tersebut masing-masing ditunjukkan oleh Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Dari peta-peta tersebut, secara spasial, dapat dibandingkan tingkat akurasinya.

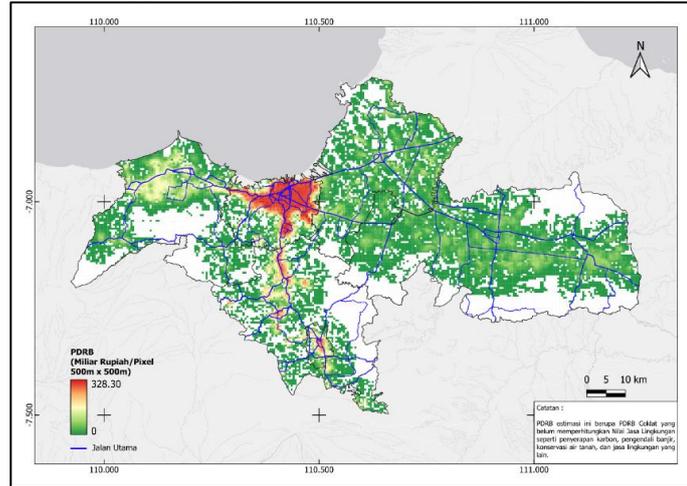


**Gambar 3.** Peta PDRB grid estimasi sektor primer di wilayah Kedungsepur  
Sumber: hasil analisis 2024

Gambar 3 merupakan peta PDRB grid untuk sektor primer di wilayah Kedungsepur dengan resolusi 500 m x 500 m per grid hasil *downscaling* menggunakan metode GWR dengan teknik pembobotan Gaussian-Fixed. Berdasarkan gambar di atas tersebar hampir seluruh wilayah Kedungsepur. PDRB bernilai tinggi dengan warna merah ada pada Kabupaten Kendal dan sebagian ada pada Kabupaten Semarang. Selain itu, PDRB yang nilainya tinggi terdapat pada Kota Salatiga. Meskipun Kota Salatiga mempunyai luas wilayah yang paling sempit, namun Kota Salatiga menghasilkan PDRB sektor primer yang paling tinggi

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

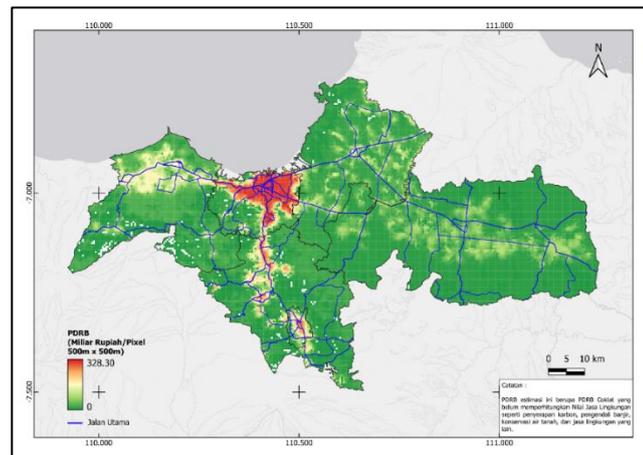
dalam ukuran grid. Hal tersebut menunjukkan bahwa produktivitas lahan di Kota Salatiga relatif lebih tinggi dari pada lahan di wilayah yang lainnya.



**Gambar 4.** Peta PDRB grid estimasi sektor sekunder dan tersier di wilayah Kedungsepur

Sumber: hasil analisis 2024

Gambar 4 merupakan peta PDRB grid untuk sektor sekunder dan tersier di wilayah Kedungsepur dengan resolusi 500 m x 500 m per grid hasil *downscaling* menggunakan metode GWR dengan teknik pembobotan Gaussian-Fixed. Gambar di atas menunjukkan PDRB sektor sekunder dan tersier tidak terdistribusi di semua wilayah Kedungsepur. Nilai PDRB relatif lebih tinggi di daerah kota yaitu Kota Semarang dan Kota Salatiga dan daerah perkotaan yaitu sebagian daerah di Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal yang letaknya tidak jauh dari jalan utama. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan ekonomi sektor sekunder dan tersier lebih berkembang di kota dan perkotaan dibandingkan dengan wilayah yang lainnya.



**Gambar 5.** Peta PDRB total grid estimasi di wilayah Kedungsepur

Sumber: hasil analisis 2024

Gambar 5 merupakan peta PDRB total grid di wilayah Kedungsepur dengan resolusi 500 m x 500 m per grid hasil *downscaling* menggunakan metode GWR dengan teknik pembobotan Gaussian-Fixed. Nilai PDRB total didapatkan dengan menjumlahkan nilai PDRB sektor primer dengan PDRB sektor sekunder dan tersier

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

pada lokasi grid yang sama. Berdasarkan gambar di atas nilai PDRB relatif lebih tinggi di daerah kota yaitu Kota Semarang dan Kota Salatiga dan daerah perkotaan yaitu sebagian daerah di Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal dibandingkan dengan wilayah lain. Hal tersebut dipengaruhi oleh aktivitas ekonomi sektor sekunder dan tersier yang berkembang di daerah kota dan perkotaan serta menghasilkan nilai PDRB lebih tinggi dari pada aktivitas ekonomi sektor primer.

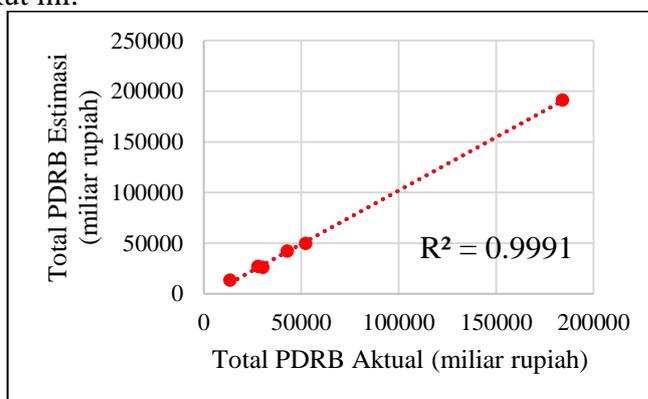
Setelah dilakukan perbandingan teknik pembobotan dalam *downscaling* PDRB menggunakan GWR. Nilai PDRB setiap grid hasil proses GWR *downscaling* menggunakan teknik pembobotan Gaussian-Fixed kemudian dijumlah menurut kabupaten dan kota dan selanjutnya dibandingkan dengan data PDRB aktual untuk melihat seberapa baik hasil estimasi. Perbandingan antara PDRB aktual dengan PDRB estimasi menurut kabupaten dan kota ditunjukkan oleh Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Perbandingan PDRB aktual dengan PDRB estimasi

Kabupaten/Kota	PDRB Aktual	PDRB Estimasi	Selisih	%
	(dalam miliar rupiah)			
Demak	26053,43	30356,31	4302,88	16,52%
Grobogan	26920,33	27789,47	869,14	3,23%
Kendal	41984,47	42828,92	844,45	2,01%
Kota Salatiga	13305,60	13446,69	141,09	1,06%
Kota Semarang	191009,62	183979,07	7030,55	3,68%
Semarang	49488,40	52360,79	2872,39	5,80%

Sumber: hasil analisis 2024

Tabel 3 merupakan tabel perbandingan antara PDRB aktual yang secara resmi dikeluarkan oleh pemerintah dengan PDRB estimasi hasil penjumlahan PDRB grid untuk setiap kabupaten dan kota. Dari kedua data dihasilkan selisih secara absolut kemudian selisih tersebut dibandingkan dengan data PDRB aktual dan menghasilkan persentase galat. Berdasarkan tabel di atas persentase galat dari ke 6 wilayah di bawah 6% kecuali pada Kabupaten Demak dengan besar galat yaitu 16,52%. Selanjutnya untuk mengetahui seberapa baik hasil estimasi menggunakan metode yang dilakukan akan dilakukan analisis korelasi yaitu dengan melihat koefisien determinasi ( $R^2$ ). Analisis korelasi tersebut hasilnya ditunjukkan oleh Gambar 6 berikut ini.



**Gambar 6.** Grafik perbandingan PDRB aktual dengan PDRB estimasi

Sumber: hasil analisis 2024

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

Analisis korelasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa hasil PDRB estimasi mempunyai nilai korelasi tinggi yaitu 0,9991 jika dibandingkan dengan data PDRB aktual seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode GWR menggunakan teknik pembobotan Gaussian-Fixed efektif digunakan untuk menghasilkan data PDRB grid.

Pemilihan teknik pembobotan dalam metode GWR sangat mempengaruhi nilai hasil estimasi setiap lokasinya. Jenis teknik pembobotan yang berbeda akan menghasilkan nilai  $R^2$  yang berbeda. Koefisien determinasi menunjukkan seberapa baik model regresi menjelaskan variabilitas data, semakin nilainya mendekati 1 maka nilai estimasi yang dihasilkan lebih akurat untuk menjelaskan heterogenitas wilayah. Koefisien determinasi dari berbagai teknik yang telah diperbandingkan menunjukkan bahwa teknik Gaussian-Fixed lebih baik dari pada teknik yang lain dalam mengestimasi PDRB *downscaling*. Sehingga peta distribusi PDRB estimasi lebih representatif dibandingkan dengan teknik yang lainnya. Peta distribusi PDRB estimasi yang sensitif terhadap heterogenitas kegiatan ekonomi wilayah dapat menjadi dasar pemerintah melakukan intervensi dalam perencanaan tata ruang (Tatem et al., 2007). Sehingga dengan menggunakan data dengan skala yang rinci seperti level komunitas, perencanaan pembangunan dapat dilakukan dengan efektif untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Yang, 2017). Oleh karena itu perbandingan teknik pembobotan dalam mengestimasi PDRB *downscaling* dengan menggunakan GWR perlu dilakukan. Sehingga hasil estimasi lebih mendekati terhadap keadaan di lapangan dan perencanaan tata ruang maupun perencanaan pembangunan yang dilakukan akan lebih tepat sasaran. Perencanaan yang tepat sasaran akan meningkatkan keadaan masyarakat lebih sejahtera. Selain itu, penelitian selanjutnya yang melakukan proses *downscaling* PDRB dengan metode GWR dapat menggunakan hasil penelitian ini dalam pemilihan teknik pembobotan untuk menghasilkan data *downscaling* dengan lebih efektif.

#### **D. KESIMPULAN**

Data distribusi PDRB suatu wilayah atau data PDRB grid sangat penting dalam perencanaan tata ruang maupun perencanaan pembangunan yang cermat. Penelitian ini membandingkan penggunaan teknik pembobotan sebagai bagian dari proses metode GWR *downscaling* dalam rangka menyediakan data distribusi spasial PDRB dengan skala 500 m x 500 m. Perbandingan teknik pembobotan dilakukan untuk mendapatkan nilai PDRB estimasi terbaik yaitu dengan membandingkan jenis fungsi kernel yang dikombinasikan tipe *bandwidth*. Hasil analisis menunjukkan bahwa menggunakan teknik pembobotan dengan Gaussian-Fixed lebih baik dibandingkan dengan teknik pembobotan yang lainnya dengan menggunakan metode GWR. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $R^2$  untuk sektor primer, sektor sekunder dan tersier, dan total PDRB estimasi masing-masing sebesar 0,9988; 0,9993; dan 0,9991. Namun metode GWR *downscaling* perlu dilakukan pengembangan untuk mendapatkan meningkatkan efektivitas dalam menghasilkan PDRB grid. Upaya tersebut dapat ditempuh antara lain dengan melakukan analisis dengan lokasi yang berbeda, menggunakan variabel atau menambahkan variabel yang berkorelasi dengan PDRB setiap sektor, atau dengan memisahkan analisis setiap sektornya. Namun demikian masih ada ruang untuk

meningkatkan efektifitas metode GWR *downscaling* antara lain dengan menggunakan variabel atau menambahkan variabel yang berkorelasi dengan PDRB setiap sektor, atau dengan memisahkan analisis setiap sektornya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Achsin, S. N., Cangara, H., & Unde, A. A. (2015). *Profil Desa dan Kelurahan sebagai Sumber Informasi: Studi Evaluasi tentang Penyediaan Informasi Potensi Desa dan Kelurahan di Sulawesi Selatan oleh Badan Pemberdayaan Masyarakat Pemerintahan Desa dan Kelurahan (BPMPDK) Provinsi Sulawesi Selatan. 4.*
- Arifah, M. N. R., & Sari, V. (2023). Peramalan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Atas Dasar Harga Konstan Menurut Lapangan Usaha Menggunakan Weighted Fuzzy Time Series. *Prosiding University Research Colloquium*, 1001–1010.
- BPS. (n.d.). *Badan Pusat Statistik*. Retrieved October 5, 2023, from <https://www.bps.go.id/subject/171/produk-domestik-regional-bruto--pengeluaran-.html#subjekViewTab2>
- BPS. (2017). *Produk Domestik Regional Bruto Menurut Lapangan Usaha Kabupaten Magelang Tahun 2010 -2016.*
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. E. (1996). Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity. *Geographical Analysis*, 28(4), 281–298. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x>
- Cao, Z., Wu, Z., Kuang, Y., Huang, N., & Wang, M. (2016). Coupling an Intercalibration of Radiance-Calibrated Nighttime Light Images and Land Use/Cover Data for Modeling and Analyzing the Distribution of GDP in Guangdong, China. *Sustainability*, 8(2), 108. <https://doi.org/10.3390/su8020108>
- Gollini, I., Lu, B., Charlton, M., Brunsdon, C., & Harris, P. (2015). **GWmodel**: An R Package for Exploring Spatial Heterogeneity Using Geographically Weighted Models. *Journal of Statistical Software*, 63(17). <https://doi.org/10.18637/jss.v063.i17>
- Huang, Z., Li, S., Gao, F., Wang, F., Lin, J., & Tan, Z. (2021). Evaluating the performance of LBSM data to estimate the gross domestic product of China at multiple scales: A comparison with NPP-VIIRS nighttime light data. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129558>
- Li, M., Kwan, M.-P., Hu, W., Li, R., & Wang, J. (2023). Examining the effects of station-level factors on metro ridership using multiscale geographically weighted regression. *Journal of Transport Geography*, 113, 103720. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103720>
- Li, Z., Fotheringham, A. S., Oshan, T. M., & Wolf, L. J. (2019). *Measuring Bandwidth Uncertainty in Multiscale Geographically Weighted Regression Using Akaike Weights.*

**Adik Amin Nashrudien dan Retno Widodo Dwi Pramono, Perbandingan Teknik Pembobotan dalam Downscaling PDRB dengan Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)**

- Lu, B., Hu, Y., Yang, D., Liu, Y., Liao, L., Yin, Z., Xia, T., Dong, Z., Harris, P., Brunson, C., Comber, L., & Dong, G. (2023). GWmodels: A software for geographically weighted models. *SoftwareX*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2022.101291>
- Lu, B., Yang, W., Ge, Y., & Harris, P. (2018). Improvements to the calibration of a geographically weighted regression with parameter-specific distance metrics and bandwidths. *Computers, Environment and Urban Systems*, 71, 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.03.012>
- Lutfiani, N., Sugiman, S., & Mariani, S. (2019). Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bi-Square. *Unnes Journal of Mathematics*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.15294/ujm.v8i1.17103>
- Pramono, R. W. D., & Suminar, R. E. (2019). *Ekonomi Wilayah Untuk Perencanaan Tata Ruang*. Deepublish.
- Putra, R., Tyas, S. W., & Fadhlurrahman, M. G. (2022). Geographically Weighted Regression with The Best Kernel Function on Open Unemployment Rate Data in East Java Province. *Enthusiastic : International Journal of Applied Statistics and Data Science*, 26–36. <https://doi.org/10.20885/enthusiastic.vol2.iss1.art4>
- Sun, J., Di, L., Sun, Z., Wang, J., & Wu, Y. (2020). Estimation of GDP Using Deep Learning With NPP-VIIRS Imagery and Land Cover Data at the County Level in CONUS. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 1400–1415. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2983331>
- Tatem, A. J., Noor, A. M., Hagen, C. von, Gregorio, A. D., & Hay, S. I. (2007). High Resolution Population Maps for Low Income Nations: Combining Land Cover and Census in East Africa. *PLOS ONE*, 2(12), e1298. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001298>
- Xu, Z., Wang, Y., Sun, G., Chen, Y., Ma, Q., & Zhang, X. (2023). Generating Gridded Gross Domestic Product Data for China Using Geographically Weighted Ensemble Learning. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(3), 123. <https://doi.org/10.3390/ijgi12030123>
- Yang, X. Y. (2017). How community-level social and economic developments have changed the patterns of substance use in a transition economy? *Health & Place*, 46, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2017.05.009>