

**PEMODELAN DATA KEMISKINAN DI PROVINSI SUMATERA UTARA
DENGAN METODE GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION**

Kristina Pestaria Sinaga

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara

Email : Kristinasinaga57@yahoo.co.id

ABSTRAK. Dalam persamaan regresi biasa, sebuah variabel respon dihubungkan dengan sejumlah variabel prediktor dengan satu output utama yaitu penaksiran parameter. Parameter ini menjelaskan hubungan setiap variabel prediktor dengan variabel respon. Namun, ketika diaplikasikan pada data spasial, model demikian ini tidaklah selalu valid karena perbedaan lokasi mungkin saja menghasilkan penaksir model yang berbeda. Salah satu analisis yang mengakomodasi kondisi spasial adalah model regresi linier lokal (locally linear regression) yang disebut dengan Geographically Weighted Regression (GWR). Ide dasar dari model GWR ini adalah mempertimbangkan unsur geografi atau lokasi sebagai pembobot dalam menaksir parameter modelnya. Estimasi parameter model GWR diperoleh dengan menggunakan metode Weighted Least Square (WLS) yaitu dengan memberikan pembobot (weight) yang berbeda pada setiap lokasi dimana data tersebut dikumpulkan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan menguji parameter pada data kemiskinan Provinsi Sumatera Utara tahun 2013 dengan pembobot *GaussianKernel*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kemiskinan disebabkan oleh tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK) (X_1), persentase penduduk SD yang ditamatkan (X_2), rumah tangga yang mempunyai JAMKESMAS (X_3) dan rumah tangga yang bahan bakar utama memasak minyak tanah/kayu bakar (X_4) di Provinsi Sumatera utara tahun 2013. WLS menghasilkan penduga parameter yang berbeda di setiap lokasi yang menyebabkan perbedaan model antar lokasi.

***Kata Kunci:* GWR; WLS; Kernel Function; Kemiskinan.**

1. PENDAHULUAN

Kemiskinan merupakan masalah multidimensi yang penanganannya membutuhkan keterkaitan berbagai pihak. Kemiskinan di Indonesia diiringi oleh masalah kesenjangan baik antar golongan penduduk maupun pembangunan antar wilayah, yang di antaranya ditunjukkan

oleh buruknya kondisi pendidikan dan kesehatan serta rendahnya tingkat pendapatan dan daya beli, sebagaimana tercermin dari rendahnya angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Penduduk dikategorikan miskin apabila pendapatan berada dibawah garis kemiskinan yang dijadikan sebagai ukuran resmi kondisi kemiskinan di Indonesia [3].

Masalah kemiskinan merupakan salah satu persoalan mendasar yang menjadi pusat perhatian pemerintah di Negara manapun. Di Indonesia kemiskinan masih menjadi salah satu masalah besar^[1]. Pemerintah baik pusat maupun daerah telah berupaya dalam melaksanakan berbagai kebijakan dan program-program penanggulangan kemiskinan, namun dirasa masih belum optimal. Salah satu aspek yang menjadi peranan penting dalam penanggulangan kemiskinan tepat sasaran adalah tersedianya data kemiskinan yang akurat dan terpercaya untuk dipakai dalam menentukan nilai ukuran kemiskinan. Pengukuran yang dipercaya dapat menjadi elemen penting dalam pengambilan kebijakan terhadap kondisi hidup orang miskin^[2].

Untuk mengetahui jumlah, sebaran, dan kondisi kemiskinan diperlukan pengukuran kemiskinan yang tepat sehingga upaya untuk mengurangi kemiskinan melalui berbagai kebijakan dan program pengurangan kemiskinan akan efektif. BPS juga mengembangkan suatu metode mendapatkan suatu kriteria yang secara operasional dapat digunakan untuk menentukan jumlah rumah tangga miskin[3]. Metode ini digunakan dalam Pendataan Sosial Ekonomi(PSE) tahun 2005 dengan menggunakan 14 indikator variabel untuk menentukan status kemiskinan. Namun dalam kenyataannya, metode penentuan tingkat kemiskinan menurut pendapat tersebut masih bersifat global, artinya diberlakukan untuk semua lokasi yang diamati. Padahal kenyataannya kondisi lokasi yang satu tidak selalu sama dengan kondisi yang lain, mungkin karena faktor geografis (*spatial variation*), keadaan sosial budaya maupun hal-hal lain yang melatarbelakangi kondisi lokasi yang diamati, sehingga model penentuan tingkat kemiskinan yang bersifat global tidaklah cocok digunakan karena munculnya heterogenitas spasial. Salah satu dampak yang ditimbulkan karena munculnya heterogenitas spasial adalah parameter regresi bervariasi secara spasial. Pada regresi global diasumsikan bahwa nilai duga parameter regresi akan konstan, artinya parameter regresi sama untuk setiap titik di dalam wilayah penelitian. Bila terjadi heterogenitas spasial pada parameter regresi, maka regresi global menjadi kurang mampu dalam menjelaskan fenomena data yang sebenarnya[7]. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan kemiskinan di Propinsi Sumatera Utara tahun 2013 dengan pembobot Fixed Gaussian Kernel dan menguji parameter model GWR.

2. METODE PENELITIAN

Proses analisis pada penelitian ini adalah menggunakan *software* Minitab dan GWR 4. Tahapan analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah:

1. Menganalisis model regresi global untuk penentuan tingkat kemiskinan di propinsi Sumatera Utara dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - Memodelkan variabel respon (Y) dengan variabel prediktor (X)
 - Menguji kesesuaian model regresi linier secara serentak
 - Menguji parameter model secara parsial
 - Menguji asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam regresi
2. Menganalisis model GWR untuk penentuan tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - Menentukan nilai bandwidth untuk tiap daerah yang optimum berdasarkan nilai CV
 - Menentukan jarak euclidian antar lokasi pengamatan berdasarkan posisi geografis. Jarak euclidian antara lokasi i yang terletak pada koordinat (u_i, v_i) terhadap lokasi j yang terletak pada koordinat (u_j, v_j)
 - Menentukan pembobot dengan menggunakan fungsi Kernel Gaussian
 - Menaksir parameter model GWR dengan menggunakan metode *Weight Least Square* (WLS)
 - Menguji kesesuaian model GWR (*goodness of fit*)
 - Menguji parameter model

Data yang digunakan sebagai studi kasus atau valuasi dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data yang berasal dari hasil survey Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) tahun 2013. Variabel respon dalam penelitian ini adalah persentase kemiskinan. Variabel prediktor pada penelitian ini adalah tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK) (X_1), persentase penduduk SD yang ditamatkan (X_2), persentase penduduk SMTP yang ditamatkan (X_3), persentase penduduk SMTA yang ditamatkan (X_4), rumahtangga yang sumber penerangan utamanya bukan listrik PLN (X_5), rumahtangga yang sumber air minumnya dari sumur tak terlindung (X_6), rumahtangga yang mempunyai JAMKESMAS (X_7), rumah tangga yang bahan bakar utama memasak minyak tanah/kayu bakar (X_8).

Metode yang sering digunakan untuk menyatakan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor adalah metode regresi [13]. Model regresi linier untuk p variabel prediktor dan jumlah pengamatan sebanyak n dalam persamaan matriks adalah [11,12] :

$$Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum X_1 & \sum X_{11} & \sum X_{12} & \dots & \sum X_{1p} \\ \sum X_2 & \sum X_{21} & \sum X_{22} & \dots & \sum X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sum X_3 & \sum X_{31} & \sum X_{32} & \dots & \sum X_{3p} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_0 \\ \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

Persamaan 1 merupakan bentuk umum persamaan regresi dalam lambing matriks. Dalam bentuk umum ini Y merupakan vektor respons $n \times 1$, X menyatakan matriks prediktor ukuran $n \times (k+1)$, β vektor parameter ukuran $(k+1) \times 1$ dan ε vektor galat ukuran $n \times 1$.

Model (2) disebut juga model regresi global karena model regresi global mengasumsikan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor adalah tetap, sehingga parameter yang diestimasi nilainya sama untuk semua tempat di mana data tersebut diamati [4, 11]. Persamaan regresi global yang biasa didefinisikan dengan menggunakan metode pendugaan parameter *Ordinary Least Square (OLS)* [13]. Untuk n pengamatan dengan p variabel independen maka model regresi dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ adalah parameter model dan $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ adalah error yang diasumsikan independen identik berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan. Pada model ini, hubungan antara variabel bebas dengan variabel dependen dianggap konstan pada setiap lokasi geografis [11, 12]. Estimator dari parameter model di dapat dari persamaan berikut :

$$\hat{\beta} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p)^T = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (3)$$

Statistik pengujian F_{hitung} model regresi [11] :

$$F_{hitung} = \frac{MSR}{MSE} \quad (4)$$

dengan keputusan H_0 di tolak jika $|F_{hitung}| > |F_{tabel}(\alpha, p, n-p-1)|$.

Adapun nilai koefisien determinasi dapat diformulasikan dengan menggunakan tabel Sidik Ragam [11], yaitu :

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (5)$$

Pengujian secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter apasaja yang signifikan terhadap model [11, 12]. Statistik pengujian thitung model regresi [11] sebagai berikut :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{s(\hat{\beta}_k)} \quad (6)$$

parameter signifikan terhadap model jika $|t_{hitung}| > |t_{tabel}(\frac{\alpha}{2}, n-p-1)|$.

Geographically Weighted Regression (GWR) merupakan teknik pengembangan dari model regresi global menjadi model regresi terboboti [4, 8]. Variabel respon bergantung pada lokasi daerah. Model GWR dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\hat{y}_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (7)$$

Dimana :

y_i : Titik koordinat (longitude, latitude) lokasi ke-i

$\beta_k(u_i, v_i)$: Koefisien regresi peubah prediktor ke-k untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

u_i, v_i : longitude dan latitude untuk lokasi ke-i

x_{ik} : Nilai observasi prediktor k pengamatan ke-i

ε_i : Peubah acak pengamatan ke-i

Dalam pengujian hipotesis ada beberapa asumsi yang digunakan dalam model GWR, asumsi tersebut adalah :

1. Bentuk error $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ diasumsikan independen identik dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians konstan, ($\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$).
2. Misalkan \hat{y}_i adalah penaksir dari y_i di lokasi ke-i, maka untuk semua lokasi ($i = 1, 2, \dots, n$), \hat{y}_i adalah penaksir yang tak bias untuk $E(y_i)$ atau dapat ditulis $E(\hat{y}_i) = E(y_i)$ untuk semua i .

Pembobot spasial merupakan pembobot yang menjelaskan letak data yang satu dengan yang lainnya. Wilayah yang dekat dengan wilayah yang sedang diteliti diberikan nilai pembobot yang besar sedangkan yang jauh diberikan nilai pembobot yang kecil. Fungsi kernel merupakan cara yang digunakan untuk menentukan besarnya pembobot masing-masing lokasi yang berbedapada model GWR[9]. Fungsi pembobot Gaussian Kernel dapat ditulis sebagai berikut :

$$w_j(u_i, v_i) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right] \quad (8)$$

Dengan $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$ jarak euclidian antara lokasi (u_i, v_i) ke lokasi (u_j, v_j) dan h adalah parameter non negatif yang diketahui dan biasanya disebut parameter penghalus (bandwith). Jika pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel maka pemilihan (bandwith) sangatlah penting oleh karena (bandwith) merupakan pengontrol keseimbangan

antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan data[10]. Metode yang digunakan untuk memilih (*bandwith*) optimum adalah metode *Cross Validation (CV)*. Metode ini dapat dinotasikan sebagai berikut :

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n (y_i(h) - \hat{y}_{-i}(h))^2 \quad (9)$$

dengan :

$y_i(h)$: Nilai parameter y_i (*fitting value*) dimana pengamatan dilokasi (u_i, v_i) dihilangkan dari proses penaksiran

$\hat{y}_{-i}(h)$: Nilai penaksir y_i (*fitting value*) dimana pengamatan dilokasi (u_i, v_i) dimasukkan dalam proses penaksiran

n : Jumlah sampel.

Pengujian kesesuaian model GWR (*goodness of fit*) dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : $\beta_k(u_i, v_i) = \beta_k$ (tidak ada perbedaan OLS dengan GWR)

H_1 : Sedikitnya ada satu $\beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$ (ada perbedaan OLS dengan GWR)

Statistik Uji:

$$F_{hitung} = \frac{(RSS_{OLS} - RSS_{GWR})}{\frac{v}{\delta_i} \cdot RSS_{GWR}} \quad (10)$$

Daerah penolakan : tolak H_0 , $F_{hitung} > F_{tabel}(\alpha, df_1, df_2)$.

Pengujian signifikansi parameter pada setiap lokasi dilakukan dengan menguji parameter secara parsial. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui signifikansi (u_i, v_i) terhadap variabel respon secara parsial pada model Geographically Weighted Regression. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

H_0 : $\beta_k(u_i, v_i) = 0$

H_1 : Sedikitnya ada satu $\beta_k(u_i, v_i) \neq 0$

Penaksiran parameter $\beta_k(u_i, v_i)$ akan mengikuti distribusi normal multivariate.

Statistik Uji :

$$T = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma} \sqrt{g_{kk}}} \quad (11)$$

tolak H_0 jika nilai $|T| > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)}$ yang artinya parameter $\beta_k(u_i, v_i)$ signifikan terhadap model.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sebelum menggunakan GWR untuk analisis data terlebih dahulu dibentuk model regresi global, yaitu model regresi terbaik antara kemiskinan dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dari beberapa model kombinasi variabel prediktor, model akhir yang diduga adalah dengan memasukkan sebanyak empat variabel prediktor dan intercept. Model awal regresi yang dihasilkan adalah :

$$\hat{Y} = 37.1 - 0.392X_1 - 0.315X_2 + 0.245X_7 + 0.167X_8$$

Model persamaan di atas cukup layak untuk digunakan dengan hasil $R^2 = 66.8\%$. Tabel uji nilai parameter model di atas terdapat pada tabel 1.

Tabel 1 : Uji Parameter Model Regresi Global

Prediktor	Koefisien	SE Koefisien	T	P value	Kesimpulan
Konstan	53.88	15.33	3.52	0.002	Signifikan
X_1	-0.379	0.115	-3.29	0.003	Signifikan
X_2	-0.315	0.147	-2.14	0.041	Signifikan
X_7	0.199	0.089	2.23	0.035	Signifikan
X_8	0.126	0.056	2.24	0.034	Signifikan

Hasil di atas, diasumsikan sama dan digunakan untuk semua kota dan kabupaten di seluruh Propinsi Sumatera Utara.

Tabel 2: ANOVA Model Regresi Global

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	849.83	212.46	14.01	0.000
Residual Error	28	421.77	15.06		
Total	32	1271.60			

Langkah pertama analisis GWR adalah menentukan bandwidth yang akan digunakan dalam fungsi pembobot Gauss Kernel. Penentuan *bandwith* (h) optimum dengan kriteria *Cross Validation* (CV) diperoleh h senilai 0.381966 dengan nilai CV minimum 7.756. Nilai h dan jarak antar lokasi akan digunakan dalam pembentukan matriks pembobot. Berikut ini adalah matriks pembobot untuk Kabupaten Nias:

$$W(u_i, v_i) = \text{diag}[w_1(u_1, v_1) \quad w_2(u_1, v_1) \quad \dots \quad w_{33}(u_1, v_1)] \\ = \text{diag}[1 \quad 0.9419 \quad \dots \quad 1]$$

Matrik pembobot ini nantinya digunakan untuk menaksir parameter di lokasi (u_i, v_i) . Sedangkan untuk menaksir parameter di lokasi (u_2, v_2) perlu dicari terlebih dahulu matrik pembobot $W(u_2, v_2)$ dengan cara yang sama seperti langkah di atas, demikian seterusnya untuk matrik pembobot pengamatan terakhir $W(u_{33}, v_{33})$. Penyelesaian persamaan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan Software GWR4 [5] sehingga didapatkan taksiran parameter di semua lokasi $(u_i, v_i), i = 1, 2, \dots, 33$.

Tabel 3: Penaksir Parameter Model GWR

Model GWR	Nilai		SE		T	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Konstan	-29.027	218.265	4.614	23.713	-2.916	10.433
X_1	-3.495	0.377	0.054	0.494	-8.370	2.963
X_2	-0.476	6.145	0.089	2.730	-3.560	4.157
X_7	-3.039	0.536	0.438	0.042	-5.130	5.407
X_8	-0.809	0.736	0.035	0.230	-33.517	10.942
R-sqr	99.69 %					
R-adj	95.97 %					
Bandwith	0.382					
Iteration	14					

ANOVA yang dapat menunjukkan bahwa model GWR dan model OLS menjelaskan hubungan antar peubah sama baiknya, ditolak, adalah Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan menggunakan GWR maka nilai sisaan (*residuals*) akan jauh berkurang. Nilai $F_{hitung} = 14.97 > F_{tabel} = 2.61$ menunjukkan bahwa hipotesis nol yang menyebutkan

bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% regresi global sama baiknya dengan GWR, ditolak. Dari pengujian hipotesis ini dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh spasial antar tingkat kemiskinan dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya, jika analisis yang digunakan adalah GWR.

Tabel 4 : ANOVA Model GWR

Source	SS	DF	MS	F
Global Residuals	421.769	28.000		
GWR Improvement	417.833	24.539	17.027	
GWR Residuals	3.936	3.461	1.137	14.969589

Sehingga dapat dikatakan bahwa tingkat kemiskinan Kota atau Kabupaten di Sumatera Utara lebih baik jika dijelaskan oleh peubah-peubah penjelas dengan koefisien secara geografis, dibandingkan jika menggunakan regresi global dengan koefisien tetap diseluruh lokasi Kota atau kabupaten. Adapun nilai penaksirnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Penaksir Model GWR

Kabupaten/Kota	β_0	β_1	β_2	β_7	β_8	\bar{Y}_{GWR}
Kab. Nias	195.846	-3.021	3.986	-2.192	0.720	17.418
Kab. Mandailing Natal	17.584	-0.110	-0.469	0.170	0.196	9.620
Kab. Tapanuli Selatan	0.078	0.153	0.039	0.017	-0.052	11.397
Kab. Tapanuli Tengah	7.953	0.129	-0.476	0.046	0.113	15.407
Kab. Tapanuli Utara	28.998	-0.209	-0.228	0.034	0.083	10.504
Kab. Toba Samosir	18.857	-0.149	-0.090	0.197	0.041	9.853
Kab. Labuhan Batu	21.407	-0.181	-0.125	0.207	0.058	8.892
Kab. Asahan	20.677	-0.172	-0.113	0.203	0.052	11.455
Kab. Simalungun	20.049	-0.163	0.103	0.197	0.043	10.262
Kab. Dairi	26.755	0.186	-0.313	0.064	0.095	9.314
Kab. Karo	-10.293	0.230	-0.131	0.492	-0.222	9.732
Kab. Deli Serdang	-8.925	0.197	-0.080	0.463	-0.193	5.098
Kab. Langkat	-10.317	0.233	-0.139	0.488	-0.221	10.481

Kab. Nias Selatan	217.620	-3.467	5.655	-2.873	0.716	18.877
Kab. Humbang Hasundutan	36.781	-0.311	-0.277	0.013	0.131	10.780
Kab. Pakpak Barat	36.851	-0.326	-0.287	0.018	0.148	11.202
Kab. Samosir	32.910	-0.275	-0.264	0.032	0.124	13.780
Kab, Serdang Bedagai	13.531	-0.152	-0.062	0.293	0.166	9.304
Kab. Batu Bara	-0.499	0.070	-0.180	0.483	0.038	11.911
Kab. Padang lawas Utara	-0.010	0.162	0.014	-0.017	-0.043	10.017
Kab. Padang Lawas	0.152	0.166	0.013	-0.025	-0.043	8.719
Kab. Labuhan Batu Selatan	3.746	0.193	0.033	-0.184	-0.102	12.266
Kab. Labuhan Batu Utara	20.463	-0.167	-0.110	0.199	0.046	10.935
Kab. Nias Utara	194.753	-2.996	3.783	-2.122	0.736	30.933
Kab. Nias Barat	218.265	-3.495	6.145	-3.039	0.665	29.644
Kota Sibolga	28.439	-0.212	-0.286	0.086	0.108	12.833
Kota Tanjung Balai	21.378	-0.182	-0.125	0.208	0.060	14.917
Kota Pematang Siantar	20.049	-0.163	-0.103	0.197	0.043	10.374
Kota Tebing Tinggi	29.023	0.377	0.489	0.536	-0.809	11.739
Kota Medan	-9.632	0.218	-0.118	0.474	-0.207	9.541
Kota Binjai	12.172	-0.125	-0.076	0.290	0.156	7.371
Kota Padang Sidempuan	0.404	0.165	-0.015	-0.026	-0.047	9.214
Kota Gunung Sitoli	195.846	-3.021	3.986	-2.192	0.720	17.418

3. SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Utara adalah tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK), persentase penduduk SD yang ditamatkan, rumah tangga yang mempunyai JAMKESMAS dan rumah tangga yang bahan bakar utama memasak minyak tanah/kayu bakar, dimana masing-masing variabel mempunyai pengaruh yang berbeda untuk setiap daerah, dan model GWR mampu menerangkan keragaman variabel respon sebesar 99,69% dengan jumlah kuadrat error 3,936.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS. 2014. *Sumatera Utara Dalam Angka 2014*, BPS Indonesia, Jakarta.
- [2] Badan Pusat Statistik. 2011. *Indikator Kesejahteraan rakyat*, Badan Pusat Statistik, Medan.
- [3] Badan Pusat Statistik. 2008. *Analisis Penghitungan Tingkat Kemiskinan 2008*, Badan Pusat Statistik, Medan.
- [4] Fotheringham, A.S., Brundson, C., dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression : The Analysis of Spatially Varying Relationships*. Ritsumeikan University : Departement of Geography.
- [5] Tomoki, N., M. Charlton, P. Lewis, C. Brunsdon, J. Yao and Fotheringham, A.S. 2014. *GWR4 User Manual (Windows Application for Geographically Weighted Regression Modelling)*.
- [6] Indriya, R.S., D.R.S. Saputro dan Purnami W. 2013. *Model Geographically weighted Regression Penderita Diare Di Provinsi Jawa Tengah Dengan Fungsi Pembobot Kernel Bisquare* [Jurnal]. Yogyakarta : Seminar Nasional matematika dan Pendidikan matematika FMIPA UNY.
- [7] Astutik, S., N.W. Ni Wayan dan Kurniawan, D. 2007. *Penggunaan Geographically Weighted Regression Pada Data Yang Mengandung Heterokedastisitas Spasial* . Universitas Brawijaya : Malang.
- [8] Mei, C.L. 2005. *Geographically Weighted Regression Technique for Spatial Data Analysis* . School of Science Xi'an Jiaotong University.
- [9] Sugiyanto. 2011. *Analisis Data Spasial Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (Studi Kasus Data Kemiskinan di Propinsi Papua)* [Tesis]. Surabaya : Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [10] Salmon, N. A. dan Yopi, A.L. 2013. *Pendekatan Model Geographically Weighted Regression Untuk Menganalisis Jumlah Penduduk Miskin : Upaya Penurunan Jumlah Penduduk Miskin Di Provinsi Maluku* [Jurnal]. Prosiding FMIPA Universitas Pattimura 2013.
- [11] NR, Draper & S, Smith Harry. 1992. *Analisis Regresi Terapan Buku Kedua*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- [12] Sembiring R. K. 1995. *Analisis Regresi Edisi kedua*, Penerbit ITB, Bandung. Armico, Bandung.
- [13] Supranto J. 2004. *Ekonometri Buku kedua*, Ghalia Indonesia, Jakarta.