

ANALISIS PENGARUH CURAH HUJAN DAN MORFOMETRI PADA PENINGKATAN DEBIT DAN SEDIMEN DI DAS KOTO HULU DENGAN PENDEKATAN *MIXED GEOGRAPHICALLY WEIGHTED MULTIVARIATE LINIER MODEL*

¹Memi Nor Hayati, ²Purhadi

¹Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Samarinda

²Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Alamat e-mail : meminorhayati@yahoo.com

ABSTRAK

Metode *Mixed Geographically Weighted Multivariate Linier Model* (MGWMLM) yang merupakan gabungan dari model linier multivariat dan GWMLM). Pemilihan bandwidth optimum digunakan metode *Cross Validation* (CV). Pengujian kesesuaian model regresi multivariat dan MGWMLM didekati dengan distribusi F begitu juga pada pengujian parameter MGWMLM secara serentak, sedangkan pengujian parameter MGWMLM secara parsial baik untuk parameter global dan parameter lokal menggunakan distribusi t. Aplikasi dari MGWMLM ini untuk mengetahui pengaruh curah hujan dan morfometri DAS terhadap penentuan besarnya debit dan sedimentasi DAS Koto Hulu. Berdasarkan MGWMLM dengan pembobot fungsi kernel *Gaussian*, faktor-faktor yang mempengaruhi debit dan sedimen di DAS Koto Hulu secara lokal adalah luas sub DAS dan rata-rata kemiringan lahan. Sedangkan variabel curah hujan harian berpengaruh signifikan secara global pada seluruh lokasi pengamatan.

Kata Kunci : MGWMLM, GWMLM, DAS.

PENDAHULUAN

Metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) adalah metode yang digunakan untuk menganalisis data yang memiliki heterogenitas spasial. Metode GWR menggunakan faktor geografis sebagai variabel prediktor yang dapat mempengaruhi variabel respon [1]. Dalam berbagai bidang ilmu, para peneliti banyak menggunakan metode GWR untuk menganalisis data spasial, karena metode GWR ini dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon baik secara global maupun secara lokal dengan mempertimbangkan faktor lokasi sebagai pembobot untuk menaksir parameter model [7][8]. Dalam analisis data spasial model GWR penentuan

pembobot yang digunakan merupakan salahsatu faktor yang terpenting [6].

Model GWR dikembangkan menjadi model *Mixed Geographically Weighted Regression* (MGWR) [4]. Model MGWR menghasilkan penaksir parameter yang sebagian bersifat global dan sebagian lainnya bersifat lokal sesuai dengan lokasi pengamatan data. Seringkali dalam kehidupan sehari-hari banyak kasus yang mempunyai variabel respon lebih dari satu yang tergantung pada lokasi pengamatan (model spasial multivariat). Analisis pada data spasial multivariat dipelajari oleh [5] yang membahas tentang penaksir parameter, menyelidiki sifat unbiased dari penaksir parameternya dan bentuk statistik uji dari model spasial multivariat dengan pendekatan *Geographically Weighted Multivariate*

Linier Model (GWMLM) untuk mengetahui pengaruh curah hujan dan morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap penentuan besarnya debit dan sedimentasi DAS Konto Hulu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan variabel prediktor curah hujan harian (mm) berpengaruh pada seluruh lokasi penelitian baik terhadap debit maupun sedimen, sedangkan variabel prediktor lainnya yaitu luas sub DAS (Ha) dan rata-rata kemiringan lahan (%) hanya berpengaruh pada beberapa lokasi saja [5].

Jika pada GWMLM tidak semua variabel prediktornya mempunyai pengaruh secara lokal, sebagian berpengaruh secara global, maka GWMLM dapat dikembangkan menjadi *Mixed Geographically Weighted Multivariate Linier Model* (MGWMLM). Pada MGWMLM beberapa koefisien pada GWMLM diasumsikan konstan untuk seluruh lokasi pengamatan sedangkan yang lain bervariasi sesuai lokasi pengamatan data. MGWMLM merupakan gabungan dari Model Linier Multivariat dengan GWMLM, sehingga dengan MGWMLM akan dihasilkan penaksir parameter yang sebagian bersifat global dan sebagian yang lain bersifat lokal sesuai dengan lokasi pengamatan.

DAS adalah wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama, atau dikenal sebagai daerah tangkapan air (catchment area) [2]. Dalam suatu sistem pengelolaan DAS faktor masukan (input) yang berupa curah hujan akan diproses oleh lahan dengan berbagai karakteristiknya yang dipengaruhi oleh morfometri DAS dan kemudian output adalah debit, muatan sedimen dan material lainnya yang terbawa oleh aliran sungai.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk mengkaji pengaruh curah hujan dan morfometri DAS terhadap penentuan besarnya debit dan sedimentasi di DAS Konto Hulu dengan MGWMLM.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5] dan data lapangan yang meliputi:

1. Data curah hujan dan debit harian DAS Konto Hulu yang diambil selama 12 bulan tahun 2009.
2. Data sedimen inflow DAS Konto hulu tahun 2009.
3. Data karakteristik fisik (morfometri) DAS Konto hulu dan peta topografi DAS Konto Hulu.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Y_1 (Debit Air (m^3/dt)), Y_2 (Sedimen (gr/lt)), X_1 (Curah hujan harian (mm)), X_2 (Luas Sub DAS (Ha)), X_3 (Panjang sungai (m)), X_4 (Rata-rata kemiringan lahan (%)) dan $(u_i, v_i) = (longitude, latitude)$ adalah koordinat letak geografis DAS Konto hulu.

Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah untuk mengetahui pengaruh curah hujan dan morfometri DAS terhadap penentuan besarnya debit dan sedimen di DAS Konto Hulu adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis Model regresi linier multivariat dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Menentukan penaksir parameter Model regresi linier multivariat
 - b. Melakukan pengujian kesesuaian Model regresi linier multivariat

- c. Melakukan pengujian parsial setiap parameter Model regresi linier multivariat
 - d. Melakukan pengujian asumsi Model regresi linier multivariat
 - e. Membuat kesimpulan
2. Menganalisis GWMLM dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- a. Menentukan bandwidth optimum dengan menggunakan metode Cross Validation (CV). Menghitung matriks pembobot dengan bandwidth optimum
 - b. Mendapatkan penaksir parameter GWMLM
 - c. Melakukan pengujian kesesuaian GWMLM
 - d. Melakukan pengujian secara serentak pada parameter GWMLM
 - e. Melakukan pengujian secara parsial pada parameter GWMLM
 - f. Membuat kesimpulan
3. Menganalisis MGWMLM dengan langkah-langkah sebagai berikut:
- a. Menentukan variabel global dan variabel lokal
 - b. Mendapatkan penaksir parameter MGWMLM
 - c. Melakukan pengujian kesesuaian MGWMLM
 - d. Melakukan pengujian secara serentak pada parameter MGWMLM
 - e. Melakukan pengujian secara parsial pada parameter variabel prediktor global pada MGWMLM.
 - f. Melakukan pengujian secara parsial pada parameter variabel prediktor lokal pada MGWMLM .
 - g. Membuat kesimpulan

HASIL PENELITIAN

Korelasi Antara Variabel Respon Debit Air (y_1) dengan Variabel Respon Sedimen (y_2)

Analisis variabel-variabel prediktor yang mempengaruhi variabel-variabel respon yang saling berkorelasi tersebut dapat dilakukan dengan regresi multivariat. Korelasi antara variabel respon y_1 dengan y_2 sebesar 0,455, dimana terdapat korelasi positif yang artinya apabila terjadi kenaikan di dalam variabel respon debit air (y_1) maka variabel respon sedimen (y_2) juga akan mengalami kenaikan, begitu pula sebaliknya.

Analisis Model Regresi Multivariat Pengaruh Curah Hujan dan Morfometri terhadap Penentuan Debit dan Sedimen di DAS Konto Hulu

Hasil statistik uji dengan menggunakan model regresi multivariat didapatkan analisis varians model seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Varians Model Regresi Multivariat

Sumber Keragaman	Variabel Respon	JK	F_{hitung}	P -value
Model Terkoreksi	y_1	6484,1	35,719	0,000
	y_2	749,48	5,0443	0,001
Error	y_1	3857,5		
	y_2	3157,3		
Total Terkoreksi	y_1	10342		
	y_2	3906,8		

Hasil analisis varians model regresi multivariat pada Tabel 1 menunjukkan hasil statistik uji F hitung lebih besar dari F tabel ($F_{hitung} > F_{(0,05;4,85)} = 2,479$). Hal ini berarti bahwa variabel prediktor secara serentak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit dan sedimen.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian secara parsial pada parameter model regresi multivariat. Sebelum dilakukan pengujian parameter secara parsial pada model regresi multivariat, maka terlebih dahulu dicari penaksir parameter beta pada parameter model regresi multivariat (Tabel 2).

Tabel 2. Penaksir Parameter Model Regresi Multivariat

Variabel Respon	Parameter	Penaksir (β)	$ t_{hitung} $	P-value
y ₁	Intersep	1,561	0,420	0,676
	x ₁	0,224	11,139	0,000
	x ₂	-0,004	1,095	0,277
	x ₃	0,001	2,155	0,034
	x ₄	-0,107	1,613	0,111
y ₂	Intersep	-4,629	1,376	0,172
	x ₁	0,080	4,413	0,000
	x ₂	0,003	0,845	0,400
	x ₃	0,001	0,326	0,745
	x ₄	0,016	0,266	0,791

Berdasarkan pada hasil penaksiran parameter model regresi multivariat pada Tabel 2 dengan tingkat signifikansi (α) 5% diketahui bahwa hanya variabel prediktor x₁ dan x₃ yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit di DAS Konto Hulu dengan nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$.

Hasil penaksiran parameter model regresi multivariat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengujian model regresi terbaik dengan membuang variabel x₂ dan x₄.

Tabel 3. Penaksiran Parameter Model Regresi Multivariat Terbaik.

Variabel Respon	Parameter	Penaksir (β)	$ t_{hitung} $	P-value
y ₁	Intersep	-1,730	0,533	0,595
	x ₁	0,232	11,542	0,000
	x ₃	0,001	1,567	0,121
y ₂	Intersep	-4,049	1,412	0,162
	x ₁	0,077	4,336	0,000
	x ₃	0,001	1,264	0,210

Berdasarkan pada hasil penaksiran parameter model regresi multivariat pada Tabel 3 dengan tingkat signifikansi ($\alpha = 5\%$) diketahui bahwa hanya variabel prediktor x₁ yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit dan sedimen di DAS Konto Hulu dengan nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$. Sehingga perlu dilakukan lagi pengujian model regresi terbaik dengan membuang variabel x₃ dari model.

Tabel 4. Penaksiran Parameter Model Regresi Multivariat Terbaik dengan variabel x₁

Variabel Respon	Parameter	Penaksir (β)	$ t_{hitung} $	P-value
y ₁	Intersep	3,038	2,689	0,009
	x ₁	0,228	11,347	0,000
y ₂	Intersep	-0,648	0,651	0,517
	x ₁	0,075	4,212	0,000

Berdasarkan pada hasil penaksiran parameter model regresi multivariat pada Tabel 4 dengan tingkat signifikansi (α) 5% diketahui bahwa variabel prediktor x₁ berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit dan sedimen di DAS Konto Hulu dengan nilai $|t_{hitung}| > t_{tabel}$. Adapun model regresi untuk variabel respon debit dan sedimen sebagai berikut :

$$\hat{y}_1 = 3,038 + 0,228x_1 \quad (1)$$

$$\hat{y}_2 = -0,648 + 0,075x_1 \quad (2)$$

Pengujian asumsi homoskedastisitas pada model regresi multivariat menunjukkan adanya kasus heterogenitas spasial, sehingga digunakan model yang mempertimbangkan faktor lokasi pengamatan yaitu dengan GWMLM.

Analisis GWMLM Pengaruh Curah Hujan dan Morfometri terhadap Penentuan Debit dan Sedimen di DAS Konto Hulu

Terjadinya kasus heterogenitas spasial pada data mengindikasikan bahwa parameter model regresi dipengaruhi oleh faktor lokasi pengamatan, dalam hal ini

adalah letak geografis lokasi sungai. Oleh karena itu dilakukan pemodelan dengan mengakomodasi faktor lokasi yaitu dengan GWMLM.

Pengujian kesesuaian koefisien parameter beta secara serentak antara model regresi multivariat dengan GWMLM, dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{kh}(u_i, v_i) = \beta_{kh}, k = 0, 1, 2, \dots, p \text{ dan } h = 1, 2, \dots, q$$

(GWMLM tidak berbeda dengan model regresi linier multivariat)

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu}$$

$$\beta_{kh}(u_i, v_i) \neq \beta_{kh}$$

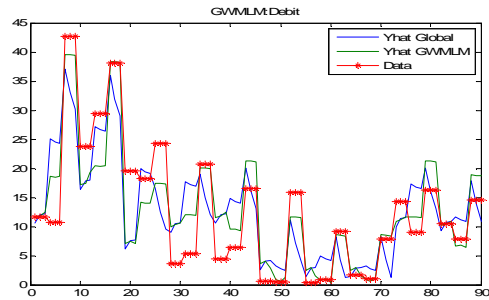
(GWMLM berbeda dengan model regresi linier multivariat)

Tabel 5. Uji Kesesuaian GWMLM

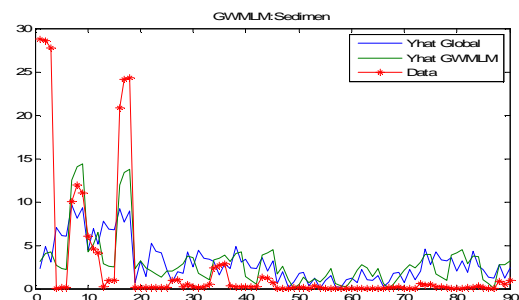
Variabel	Sumber Keragaman	JK	KT	F
Debit	Global Errors	3857,48		8,416
	GWR Improvement	1717,48	228,72	
	GWR Errors	2140,00	27,176	
Sedimen	Global Errors	3157,30		2,634
	GWR Improvement	633,80	84,405	
	GWR Errors	2523,50	32,046	

Berdasarkan hasil uji kesesuaian GWMLM dengan model regresi multivariat pada Tabel 5, diperoleh nilai F hitung untuk variabel respon debit dan sedimen nilainya lebih besar dari F tabel ($F_{hitung} > F_{(0,05;8,79)} = 2,058$). Hal ini berarti bahwa GWMLM berbeda signifikan dengan model regresi linier multivariat, sehingga GWMLM lebih layak untuk menggambarkan pengaruh curah hujan dan morfometri DAS terhadap penentuan besarnya debit dan sedimen di DAS Konto Hulu.

Gambar 1 dan Gambar 2 berikut ini dapat digunakan untuk mengetahui apakah GWMLM mampu menurunkan jumlah kuadrat error dari model regresi multivariat.



Gambar 1. Pola Sebaran Debit Model Regresi Multivariat dan GWMLM



Gambar 2. Pola Sebaran Sedimen Model Regresi Multivariat dan GWMLM

Berdasarkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa GWMLM mampu menurunkan error yang dihasilkan model regresi multivariat, karena \hat{Y} GWMLM pada debit dan sedimen mempunyai nilai yang mendekati data asli (Y) dari pada \hat{Y} model regresi multivariat.

Setelah diperoleh hasil pengujian hipotesis kesesuaian koefisien parameter beta secara serentak antara model regresi multivariat dengan GWMLM, selanjutnya akan dilakukan uji serentak pada GWMLM dengan hipotesis :

$$H_0 : \beta_{1h}(u_i, v_i) = \beta_{2h}(u_i, v_i) = \dots = \beta_{kh}(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \beta_{kh}(u_i, v_i) \neq 0$$

Berdasarkan hasil uji serentak pada GWMLM, diperoleh nilai F hitung 3,663 yang nilainya lebih besar dari F tabel ($F_{(0,05,86,79)} = 1,442$). Hal ini berarti bahwa parameter GWMLM secara serentak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon pada tiap lokasi.

Pengujian hipotesis selanjutnya yakni untuk mengetahui parameter mana saja

yang signifikan mempengaruhi variabel responnya pada GWMLM atau disebut uji parsial. Bentuk hipotesisnya yaitu sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_{kh} (u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_{kh} (u_i, v_i) \neq 0$$

dilakukan untuk $k = 1, 2, \dots, p$, $h = 1, 2, \dots, q$ dan $i = 1, 2, \dots, n$.

Apabila nilai $|t_{hitung}|$ dibandingkan dengan nilai $t_{tabel} t_{(0,025;85)} = 1,988$, maka akan diperoleh variabel-variabel prediktor mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit maupun sedimen. Sehingga apabila dikelompokkan berdasarkan variabel prediktor yang signifikan, didapatkan 3 pengelompokan sungai berdasarkan variabel yang signifikan terhadap debit dan 1 pengelompokan sungai terhadap sedimen pada masing-masing lokasi penelitian (Tabel 6).

Tabel 6. Pengelompokan Sungai Berdasarkan Variabel yang Signifikan Tiap Lokasi Pengamatan.

No	Sungai	Variabel signifikan debit	Variabel signifikan sedimen
1	Konto 1	X ₁ , X ₄	X ₁
2	Konto 2	X ₁	X ₁
3	Konto 3	X ₁	X ₁
4	Jombok 1	X ₁ , X ₂ , X ₄	X ₁
5	Jombok 2	X ₁	X ₁
6	Jombok 3	X ₁	X ₁
7	Pinjal 1	X ₁	X ₁
8	Pinjal 2	X ₁	X ₁
9	Pinjal 3	X ₁	X ₁

Dari hasil pengelompokan sungai berdasarkan variabel prediktor yang signifikan pada Tabel 6, menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengujian model regresi terbaik dengan membuang variabel x₃.

Dari hasil uji parsial, apabila dikelompokkan berdasarkan variabel prediktor yang signifikan (setelah variabel X₃ dikeluarkan dari model), didapatkan 4 pengelompokan sungai berdasarkan variabel yang signifikan

terhadap debit dan 1 pengelompokan sungai terhadap sedimen pada masing-masing lokasi penelitian (Tabel 7).

Tabel 7. Pengelompokan Sungai Tiap Lokasi Pengamatan

No	Sungai	Variabel signifikan debit	Variabel Signifikan sedimen
1	Konto 1	X ₁ , X ₄	X ₁
2	Konto 2	X ₁	X ₁
3	Konto 3	X ₁	X ₁
4	Jombok 1	X ₁	X ₁
5	Jombok 2	X ₁ , X ₂	X ₁
6	Jombok 3	X ₁	X ₁
7	Pinjal 1	X ₁ , X ₄	X ₁
8	Pinjal 2	X ₁ , X ₂	X ₁
9	Pinjal 3	X ₁ , X ₂ , X ₄	X ₁

Analisis MGWMLM Pengaruh Curah Hujan dan Morfometri terhadap Penentuan Debit dan Sedimen di DAS Konto Hulu

Berdasarkan analisis dengan GWMLM dengan pembobot gaussian, seperti hasil pada Tabel 7 menunjukkan variabel prediktor x₁ berpengaruh pada seluruh lokasi penelitian baik terhadap variabel respon debit maupun sedimen (berpengaruh secara global), sedangkan variabel prediktor lainya yaitu x₂ dan x₄ hanya berpengaruh pada beberapa lokasi saja (berpengaruh secara lokal). Oleh karena itu dengan variabel tersebut dibentuk MGWMLM untuk mengetahui pengaruh curah hujan dan morfometri terhadap penentuan debit dan sedimen di DAS Konto Hulu.

Pengujian hipotesis kesesuaian MGWMLM yang dilakukan dengan membandingkan antara model regresi linier multivariat dengan MGWMLM dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{kh} (u_i, v_i) = \beta_{kh}, k = 0, 1, 2, \dots, b \text{ dan } h = 1, 2, \dots, q$$

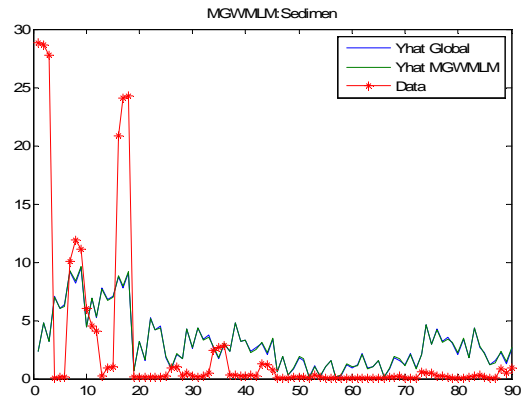
(MGWMLM tidak berbeda dengan model regresi linier multivariat)

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_{kh} (u_i, v_i) \neq \beta_{kh}$$

(MGWMLM berbeda dengan model regresi linier multivariat)

Tabel 8. Uji Kesesuaian MGWMLM

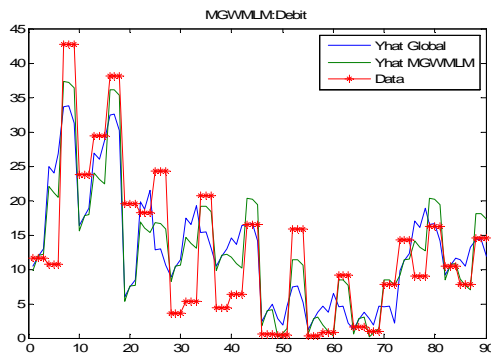
Variabel	Sumber Keragaman	JK	KT	F
Debit	Global Errors	4068,26		
	MGWR Improvement	1773,43	417,7	
	MGWR Errors	2294,83	27,86	14,99
Sedimen	Global Errors	3161,25		
	MGWR Improvement	219,003	51,58	
	MGWR Errors	2942,25	35,72	1,444



Gambar 4. Pola Sebaran Sedimen Model Regresi Multivariat dan MGWMLM

Berdasarkan hasil uji kesesuaian MGWMLM dengan model regresi multivariat pada Tabel 8, diperoleh nilai F hitung untuk variabel respon debit nilainya lebih besar dari F tabel ($F_{(0,05;4,82)} = 2,438$). Hal ini berarti bahwa MGWMLM untuk variabel respon debit berbeda signifikan dengan model regresi linier multivariat, sedangkan F hitung untuk variabel respon sedimen nilainya lebih kecil dari F tabel ($F_{(0,05;4,82)} = 2,438$). Hal ini berarti bahwa MGWMLM untuk variabel respon sedimen tidak berbeda signifikan apabila dianalisis dengan model regresi linier multivariat.

Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini dapat digunakan untuk mengetahui apakah MGWMLM mampu menurunkan jumlah kuadrat error dari model regresi multivariat.



Gambar 3. Pola Sebaran Debit Model Regresi Multivariat dan MGWMLM

Berdasarkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa MGWMLM untuk variabel respon debit mampu menurunkan error yang dihasilkan model regresi multivariat, sedangkan \hat{y} MGWMLM pada sedimen mempunyai nilai yang mendekati \hat{y} model regresi multivariat.

Setelah diperoleh hasil pengujian hipotesis kesesuaian koefisien parameter beta secara serentak antara model regresi multivariat dengan MGWMLM, selanjutnya akan dilakukan uji serentak pada MGWMLM dengan hipotesis :

$$H_0 : \beta_{1h}(u_i, v_i) = \beta_{2h}(u_i, v_i) = \dots = \beta_{bh}(u_i, v_i) = \beta_{(b+1)h} = \beta_{(b+2)h} = \dots = \beta_{ph} = 0$$

H_1 : minimal ada satu parameter yang tidak sama dengan nol

Hasil uji serentak pada MGWMLM, diperoleh nilai F hitung 3,372 yang nilainya lebih besar dari F tabel ($F_{(0,05,87,82)} = 1,435$). Hal ini berarti bahwa parameter MGWMLM secara serentak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon pada tiap lokasi.

Pengujian parsial pada parameter MGWMLM untuk mengetahui variabel global dan lokal yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Pengujian signifikansi variabel global x_1 dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{1h} = 0$$

$$H_1 : \beta_{1h} \neq 0 \quad ; \text{ untuk } h = 1, 2$$

Tabel 9. Penaksir Parameter Global MGWMLM

Variabel Respon	Parameter	Penaksir (β_1)	$ t_{hitung} $
y_1	x_1	0,223	13,981
y_2	x_1	0,081	4,462

Apabila nilai $|t_{hitung}|$ pada Tabel 9 dibandingkan dengan nilai t_{tabel} $t_{(0,025;89)} = 1,987$, maka dapat disimpulkan bahwa variabel prediktor global x_1 berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit maupun sedimen.

Setelah dilakukan pengujian signifikansi variabel global x_1 , maka pengujian hipotesis selanjutnya yakni untuk mengetahui variabel lokal yang berpengaruh signifikan terhadap respon dalam MGWMLM. Pengujian signifikansi suatu variabel lokal x_2 dan x_4 dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_{kh}(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_{kh}(u_i, v_i) \neq 0 \quad ; \text{ untuk } h = 1, 2$$

Apabila nilai $|t_{hitung}|$ dibandingkan dengan nilai t_{tabel} $t_{(0,025;87)} = 1,988$, maka akan diperoleh variabel-variabel prediktor mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon debit maupun sedimen. Sehingga apabila dikelompokkan berdasarkan variabel prediktor yang signifikan, didapatkan 3 pengelompokan sungai berdasarkan variabel yang signifikan terhadap debit dan 1 pengelompokan sungai terhadap sedimen pada masing-masing lokasi penelitian (Tabel 10).

Tabel 10. Pengelompokan Sungai Tiap Lokasi

Variabel Respon	Sungai	Variabel Signifikan
Debit	Konto 2, Konto 3, Jombok 1 dan Jombok 3	-
	Konto 1, Jombok 2, Pinjal 2 dan Pinjal 3	x_1 dan x_2
	Pinjal 1	x_1 dan x_4
Sedimen	Konto 1, Konto 2, Konto 3, Jombok 1, Jombok 2, Jombok 3, Pinjal 1, Pinjal 2 dan Pinjal 3	-

Salah satu kriteria untuk mengetahui kebaikan suatu model dalam menaksir parameter-parameternya yakni dengan membandingkan nilai AIC model. Berikut ini adalah perbandingan nilai AIC model regresi multivariat, GWMLM dan MGWMLM (Tabel 11).

Tabel 11. Nilai AIC dari model Regresi multivariat, GWMLM dan MGWMLM

Statistik	Metode		
	Regresi	GWMLM	MGWMLM
AIC	1635,700	901,304	996,143

Tabel 11 menunjukkan nilai AIC MGWMLM lebih kecil dari nilai AIC model regresi multivariat, walaupun nilai AIC MGWMLM tidak lebih kecil dari nilai AIC GWMLM, hal ini sudah cukup membuktikan bahwa terdapat pengaruh koordinat letak geografis pada model. Sehingga dapat disimpulkan bahwa MGWMLM dan GWMLM lebih tepat digunakan untuk memodelkan pengaruh curah hujan dan morfometri DAS terhadap perubahan debit dan sedimen di DAS Konto Hulu dibandingkan model regresi multivariat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis dengan MGWMLM dapat diketahui faktor yang berpengaruh secara global terhadap perubahan debit dan sedimen di seluruh lokasi sungai DAS Konto Hulu adalah variabel prediktor x_1 , sedangkan variabel variabel prediktor x_2 dan x_4 yaitu luas DAS dan rerata kemiringan lahan berpengaruh secara lokal terhadap perubahan debit dan sedimen atau tidak mempengaruhi model pada tiap lokasi penelitian.
2. Berdasarkan perbandingan nilai AIC model, dapat disimpulkan MGWMLM dan GWMLM lebih tepat digunakan untuk memodelkan pengaruh curah hujan dan morfometri DAS terhadap perubahan debit dan sedimen di DAS Konto Hulu dibandingkan model regresi multivariat karena nilai AIC GWMLM dan MGWMLM lebih kecil dibandingkan model regresi multivariat.

Saran

Dengan memperhatikan kesimpulan yang diperoleh, maka ada beberapa hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya:

1. Penelitian ini masih terbatas hanya pada 9 lokasi pengamatan saja, sehingga disarankan untuk menambahkan jumlah lokasi ataupun penambahan variabel sehingga mampu menggambarkan kondisi DAS Konto yang sebenarnya.
2. Penentuan pembobot disarankan untuk mencoba menggunakan fungsi jarak kernel *Exponential*, fungsi *Bisquare*, dan fungsi kernel *Tricube* selain itu disarankan pula untuk mencoba menggunakan fungsi kernel adaptif yang memiliki *bandwidth* yang berbeda pada masing-masing lokasi pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anselin, L. dan Getis, A., 1992, *Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems*, The Annals of Regional Science 26(1): 1992.
- [2] Asdak, C., 2002, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Christensen, R., 1991, *Linier Model Multivariate, Time Series and Spatial Data*, Springer-Verlag, New York.
- [4] Fotheringham, A.S, Brundson, C dan Charlton, M., 2002, *Geographically Weighted Regression: the Analysis of Spatially Varying Relationships*, John Wiley & Sons Ltd, England.
- [5] Harini, S., 2012, *Regresi Spasial Multivariat dengan Pembobot Geografis (Studi Kasus Pengaruh Curah Hujan dan Morfometri Terhadap Peningkatan Debit dan Sedimen di DAS Konto Hulu)*, Disertasi Jurusan Statistika FMIPA ITS, Surabaya
- [6] LeSage, J.P. 1997, Regression Analysis of Spatial Data, *Journal Regional and Policy*, Vol. 27, No. 2, hal. 83-84.
- [7] Leung, Y., Mei, C.L dan Zhang, W.X. 2000a, Statistic Tests for Spatial Non-Stationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model, *Journal Environment and Planning A*, Vol. 32, hal. 9-32.
- [8] _____ 2000b, Testing for Spatial Autocorrelation among the Residuals of the Geographically Weighted Regression, *Environment and Planning A*, Vol. 32, hal. 871-890.
- [9] Mei, C.L., Wang, N., & Zhang, W.X., 2006, Testing the importance of the explanatory variables in a mixed geographically weighted regression model, *Environment and Planning A*, vol. 38, hal. 587-598.