

DOI: doi.org/10.21009/0305020406

PENERAPAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* PADA LAPISAN OZON SEBAGAI *EARLY WARNING* BENCANA DI INDONESIA

Defi Yusti Faidah

Departemen Statistika FMIPA Unpad, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21
Jatinangor 45363

Email: defi.yusti@unpad.ac.id

Abstrak

Lapisan ozon yang semakin menipis mengakibatkan semakin besarnya radiasi sinar ultraviolet yang jatuh ke permukaan bumi. Hal ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan juga kesehatan. Akibat yang disebabkan oleh menipisnya lapisan ozon antara lain degradasi lingkungan, keterbatasan sumber air bersih, kerusakan rantai makanan di laut, musnahnya ekosistem terumbu karang dan sumber daya laut lainnya, menurunnya hasil produksi pertanian yang dapat mengganggu ketahanan pangan, dan bencana alam lainnya. Diperlukan suatu model statistik untuk memprediksi terjadinya hujan di kota Bandung yang bertujuan sebagai *early warning* terhadap bencana yang disebabkan oleh menipisnya lapisan ozon. Model statistik yang digunakan adalah *Geographically Weighted Regression* (GWR). Pemodelan GWR memperhatikan letak geografis wilayah karena tiap wilayah memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini melibatkan variabel yang diduga berpengaruh pada lapisan ozon di Indonesia. Variabel yang digunakan adalah kadar CO₂ dan uap air. Berdasarkan hasil pemodelan dapat diketahui faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap lapisan ozon untuk masing-masing titik lokasi. Diperoleh informasi perbedaan yang menarik dan penting dari tiap titik lokasi mengenai faktor yang berpengaruh secara signifikan pada lapisan ozon. Diharapkan dengan diketahui faktor-faktor yang berpengaruh dapat dijadikan sebagai masukan kepada pemerintah untuk meminimalisir terjadinya bencana yang disebabkan oleh menipisnya lapisan ozon.

Kata-kata kunci: *Early Warning, GWR, Ozon*

Abstract

The ozone layer depleting led to an increased ultraviolet radiation that falls to the earth's surface. This can have a negative impact on the environment and health. Effects caused by the depletion of the ozone layer, among others, environmental degradation, limited water resources, damage to the marine food chain, the destruction of coral reefs and other marine resources, declining agricultural production that could undermine food security, and other natural disasters. It takes a statistical model to predict the occurrence of rain in the city of Bandung which is intended as an early warning to disasters caused by the depletion of the ozone layer. The statistical model used is Geographically Weighted Regression (GWR). Modelling GWR attention to the geographical location of the region because each region has different characteristics. In this study involving variables expected effect on the ozone layer in Indonesia. Variables used are CO₂ and water vapor. Based on modeling results can be known factors that significantly affect the ozone layer for each location point. Retrieved information is interesting and important differences from each point the location of the factors that significantly influence the ozone layer. Expected by unknown factors that influence can be used as input to the government to minimize the occurrence of the disaster caused by the depletion of the ozone layer. English version of the abstract be written here.

Keywords: *Early Warning, GWR, Ozon.*

1. Pendahuluan

Lapisan ozon merupakan lapisan yang penting sebagai pelindung bumi dari sinar ultraviolet. Lapisan ozon adalah mampu menyerap radiasi ultraviolet

yang dipancarkan matahari sehingga menyebabkan pemanasan lapisan atmosfer secara keseluruhan. Akibatnya pemanasan ini menyebabkan suhu atmosfer menjadi naik kembali dan menyebabkan

inversi suhu antara lapisan troposfer dan lapisan stratosfer. Selain itu, dengan kemampuan menyerap radiasi ultraviolet yang besar tersebut, juga akan banyak mengurangi radiasi ultraviolet (UV) yang sampai ke permukaan bumi [1].

Ozon terdapat di dua lapisan terbawah atmosfer, yaitu lapisan stratosfer dan troposfer. Ozon stratosfer (lapisan ozon) berfungsi untuk melindungi bumi dari radiasi UV, sedangkan ozon di troposfer bersifat polutan dan dapat membahayakan kesehatan manusia. Berdasarkan hasil penelitian ilmuwan, lapisan ozon semakin menipis. Indikasi kerusakan lapisan ozon pertama kali ditemukan sekitar tiga setengah dekade yang lalu oleh tim peneliti Inggris, *British Antarctic Survey* (BAS), di benua Antartika. Beberapa tahun kemudian hasil pantauan menyimpulkan kerusakan ozon dilapisan stratosfer menjadi begitu parah. Kondisi ini akan menyebabkan tingginya tingkat radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Adanya proses fotokimia di atmosfer yang memungkinkan terjadinya pembentukan ozon dengan bantuan radiasi UV matahari akan membahayakan kehidupan di bumi. Hal ini dikarenakan konsentrasi ozon yang tinggi di troposfer dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, serangan jantung dan kematian [2]. Dampak menipisnya lapisan ozon antara lain degradasi lingkungan, keterbatasan sumber air bersih, kerusakan rantai makanan di laut, musnahnya ekosistem terumbu karang dan sumber daya laut lainnya, menurunnya hasil produksi pertanian yang dapat mengganggu ketahanan pangan. Selain itu dampak bagi kesehatan adalah meningkatnya penyakit kanker kulit dan katarak pada manusia.

Lapisan ozon memiliki karakteristik yang berbeda-beda di setiap titik lokasi. Hal ini karena kondisi lingkungan dan geografis antar lokasi berbeda satu sama lain, sehingga muncul keragaman antar wilayah lokal atau heterogenitas spasial. Kajian penelitian ini adalah memodelkan lapisan ozon sehingga diketahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dengan pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR). Model GWR menghasilkan model yang spesifik untuk setiap titik lokasi sehingga dapat diperoleh informasi yang spesifik mengenai faktor yang berpengaruh secara signifikan pada lapisan ozon

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah model GWR untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi menipisnya lapisan ozon.

2.1 Geographically Weighted Regression

Geographically Weighted Regression (GWR) pertamakali diperkenalkan oleh Fotheringham pada tahun 1967. GWR adalah model regresi yang dikembangkan untuk memodelkan data dengan variabel

respon kontinu dan memperhitungkan aspek spasial atau lokasi [3]. GWR merupakan salah satu metode analisis data spasial yang bersifat lokal, parameter yang ditaksir untuk setiap lokasi berbeda satu sama lainnya sehingga banyaknya model persamaan yang dibangun sama dengan banyaknya lokasi dimana data diambil. Model GWR dinyatakan sebagai berikut [4].

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i)x_{ki} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dimana $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah koefisien regresi peubah prediktor ke-k untuk setiap lokasi (u_i, v_i) , (u_i, v_i) adalah longitude dan latitude untuk lokasi ke-i dan ε_i adalah peubah acak pengamatan ke-i.

Pendugaan parameter model GWR menggunakan metode *Least Square* yang diberi pembobot (*Weighted Least Square*) berupa titik koordinat lokasi. Pendugaan parameter dilakukan dengan cara matriks yaitu:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \quad (2)$$

Pembobot berfungsi untuk memberikan hasil pendugaan parameter yang berbeda pada setiap lokasi. Matriks pembobot lokasi ke-i diperoleh dari jenis fungsi pembobot. Fungsi pembobot yang digunakan adalah kernel Gaussian [4] [5]:

$$w_{ij} = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right] \quad (3)$$

dimana w_{ij} merupakan bobot geografis untuk masing-masing titik lokasi pengamatan (u_i, v_i) , d_{ij} merupakan jarak antara titik lokasi pengamatan ke-i dengan titik lokasi pengamatan ke-j yang dirumuskan sebagai berikut [4][5].

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (4)$$

b adalah nilai *bandwidth* yang merupakan lingkaran radius *bandwidth* dari titik pusat lokasi. Salah satu metode untuk menentukan *bandwidth* optimum adalah *cross validation* (CV) [6].

2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data *cross sectional* yaitu data sekunder yang diperoleh dari LAPAN Bandung. Variabel penelitian yang digunakan terdiri dari variabel respon (Y) yaitu lapisan ozon pada 909 titik lokasi di Indonesia dan variabel prediktor antara lain kandungan CO₂ (X₁) dan uap air (X₂).

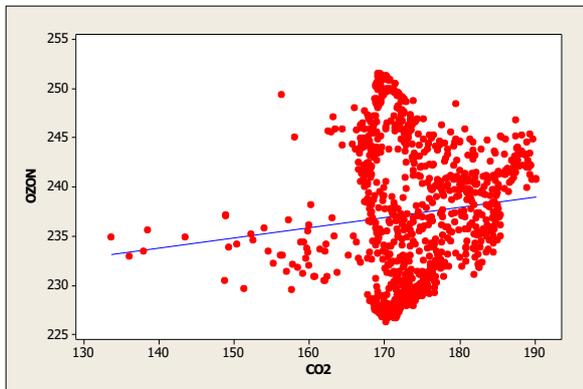
2.3 Langkah Peelitan

Tahapan dalam pembentukan model GWR adalah sebagai berikut :

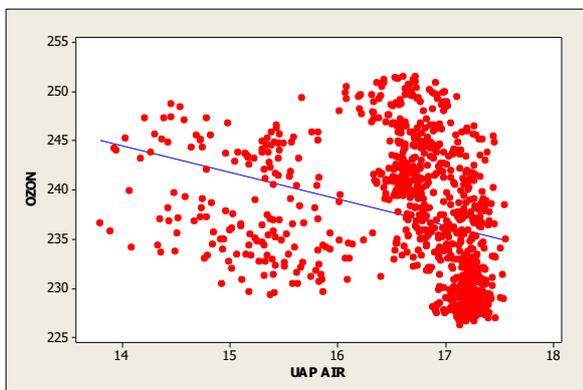
- Pengujian pengaruh spasial menggunakan uji Breusch Pagan
- Menentukan koordinat *longitude* dan *latitude* setiap titik lokasi;
- Menghitung jarak *euclidian* antar titik lokasi;
- Menentukan *bandwidth* berdasarkan kriteria CV minimum;
- Menghitung matriks pembobot tiap titik lokasi menggunakan fungsi *kernel gaussian*;
- Menaksir parameter GWR;
- Melakukan uji keberatian model GWR
- Melakukan uji signifikansi parameter
- Menghitung nilai AIC

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan pemodelan lapisan ozon dengan GWR, perlu dilihat terlebih dahulu hubungan kadar CO₂ dan uap air terhadap ozon.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Scatterplot antara CO₂ dan ozon; (b) Scatterplot antara uap air dan ozon

Berdasarkan gambar 1 terlihat hubungan libear antara CO₂ dan uap air terhadap ozon. Pada gambar 1(a)

CO₂ memiliki hubungan yang positif terhadap lapisan ozon. Hal ini berarti bahwa setiap kenaikan kadar CO₂ maka akan menaikkan konsentrasi ozon. Berkebalikan dengan gambar 1(a), pada gambar 1(b) uap air memiliki hubungan linear yang negatif terhadap konsentrasi ozon. Hal ini berarti bahwa apabila uap air mengalami kenaikan sebesar satu satuan maka akan menurunkan konsentrasi ozon.

Hasil penaksiran parameter model regresi global adalah disajikan pada tabel 1. Pengujian parameter regresi global membandingkan z hitung dengan z tabel. Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$, maka nilai $z_{(0,025)} = 1,96$ sehingga menolak H_0 apabila $|z_{hitung}| > 1,96$. Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa baik kadar CO₂ maupun uap air berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi ozon.

Tabel 1. Estimasi Parameter Regresi Global

Parameter	Estimasi	Standar Error	Z Hitung
β_0	237.3293	0.209904	1130.655
β_1	0.91385	0.210336	4.344706
β_2	-2.17471	0.210355	-10.3383

Pengujian pengaruh spasial dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya keragaman spasial pada data penelitian. Nilai statistik uji Breusch Pagan adalah $94,285 > \chi_{(0,05;3)} = 7,815$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa terdapat keheterogenan spasial atau keragaman antar lokasi setiap peubah pada data lapisan ozon.

Penentuan *bandwidth* (b) optimum dengan kriteria *Cross Validation* (CV) diperoleh b senilai 1.514 dengan nilai CV minimum 2.051. Pengujian parameter secara simultan dilakukan dengan uji F. H_0 ditolak karena nilai statistik uji F (192,53) > titik kritis (1,206) sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian pembobot berpengaruh terhadap pendugaan parameter pada data lapisan ozon.

Pengujian parameter model dimaksudkan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap lapisan ozon di setiap titik lokasi pengamatan. Sebagai contoh, apabila akan dilakukan pengujian parameter di salah satu titik lokasi maka hasil estimasi parameter disajikan pada Tabel 2 dengan hipotesis sebagai berikut:

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

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq 0 \text{ dengan } j = 0,1,2$$

Untuk mengetahui variabel yang berpengaruh terhadap lapisan ozon di titik 1, nilai z-hitung untuk masing-masing penaksir parameter dibandingkan dengan z tabel. Dengan menggunakan $\alpha = 5\%$, maka nilai $z_{(0,025)} = 1,96$ sehingga menolak H_0 apabila $|z| > 1,96$. Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui model GWR untuk lokasi titik ke 1 adalah

$$y_1 = 238,94 + 1,21 X_1 - 2,07 X_2$$

Tabel 2. Hasil Penaksiran Parameter Model GWR

Parameter	Estimasi	Standar Error	Z hitung
β_0	238.9389	0.509694	468.7894
β_1	1.205609	0.306199	3.937339
β_2	-2.06811	0.209215	-9.88509

Hasil model GWR adalah apabila kadar CO₂ naik sebesar 1 ppm maka akan menaikkan konsentrasi ozon sebesar 1,21 ppm dengan syarat variabel yang lain tetap. Sementara itu, setiap kenaikan uap air sebesar 1 mm³ maka akan menurunkan konsentrasi ozon sebesar 2,07 ppm dengan syarat variabel yang lain tetap.

Perbandingan antara model regresi global dan model GWR dilakukan untuk mengetahui model mana yang lebih baik diterapkan. Kriteria kebaikan model yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai AIC dari kedua model tersebut. Model yang terbaik adalah model dengan nilai AIC yang terkecil.

Tabel 3. Perbandingan AIC Model Global dan GWR

Model	AIC	R ²
Model Global	5938.96	31.43
Model GWR	2659.31	97.74

Berdasarkan hasil pada Tabel 3 maka model yang sesuai adalah model GWR. Hal ini karena model GWR memiliki nilai AIC yang terkecil dibandingkan dengan model regresi global. Selain itu R² pada model GWR yaitu 97,74% lebih besar daripada Model regresi global

4. Simpulan

Model GWR yang diduga dengan *Weighted Least Square* menghasilkan parameter yang berbeda di setiap lokasi sehingga setiap lokasi mempunyai model yang berbeda. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi ozon adalah kadar CO₂ dan uap air.

Daftar Acuan

- [1] D.Y. Risdianto, Karakteristik Sebaran Ozon Dengan Pendekatan Model Linear dan Non Linear, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX, UKSW Salatiga (2014), Vol.5, No.1
- [2] Mairisdawenti, D. Pujiastuti, dan A.F. Ilahi. Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari, Temperatur dan Kelembapan Udara Terhadap Fluktuasi Konsentrasi Ozon Permukaan di Bukit Kototabang Tahun 2005-2010, Jurnal Fisika Unand (2014), p.177 - 183
- [3] Nakaya, T., Fotheringham, A.S., Brunson, C. and Charlton, M. Geographically Weighted Poisson Regression for Disease Association Mapping, *Statistics in Medicine*. 24 (2004), p. 2695-2717
- [4] Fotheringham, A.S., Brundson, C. and Charlton, M. *Geographically Weighted Regression: The Analysis Of Spatial Varying Relationships*. England, John Wiley & Sons Ltd (2002)
- [5] Leung, Y., Mei, C.L., and Zhang, W.X. Statistic Tests for Spatial Non-Stationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model, *Environment and Planning A*. 32 (2000), p. 9-32
- [6] Yrigoyen, C.C., and Rodriguez, I.G., Modelling Spatial Variations in Household Disposable Income With Geographically Weighted Regression, *Estadistica Espanola*. 50 (2008), p. 321-360