

PEMODELAN TINGKAT KERAWANAN DEMAM BERDARAH DENGUE DI KABUPATEN LAMONGAN DENGAN PENDEKATAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED ORDINAL LOGISTIC REGRESSION*

Marisa Rifada¹, Purhadi²

¹) Mahasiswa Magister Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

²) Dosen Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : ¹) marisa_rifada@yahoo.com dan ²) purhadi@statistika.its.ac.id

Abstrak

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. DBD termasuk salah satu penyakit menular yang terkait dengan faktor lokasi geografis. Model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang bersifat kategorik dan berskala ordinal dengan variabel prediktor yang bergantung pada lokasi geografis dimana data tersebut diamati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di Kabupaten Lamongan Tahun 2009 menggunakan model regresi logistik ordinal dan GWOLR dengan pembobot fungsi kernel Gaussian. Berdasarkan hasil analisis regresi logistik ordinal, kepadatan penduduk (X_1), ketinggian dari permukaan laut (X_2), jarak ke puskesmas/pustu terdekat (X_3), keberadaan kader atau juru pemantau jentik (X_4), Angka Bebas Jentik (X_5) dan jarak ke ibukota kabupaten (X_6) secara serentak maupun parsial signifikan berpengaruh pada tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di kabupaten Lamongan tahun 2009. Berdasarkan hasil ketepatan klasifikasi tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD antara hasil observasi dan prediksi diketahui bahwa model GWOLR dengan pembobot fungsi kernel Gaussian memiliki tingkat ketepatan klasifikasi yang lebih baik dibandingkan model regresi logistik ordinal.

Kata Kunci: Tingkat Kerawanan, DBD, Regresi Logistik Ordinal, GWOLR

1. Pendahuluan

Dalam epidemiologi, data umumnya terkait dengan lokasi geografis dimana data tersebut diamati. Salah satu penyakit menular yang terkait dengan faktor lokasi geografis adalah penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Berdasarkan hasil analisa kasus DBD periode Januari s/d Juni tahun 2010 oleh Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, terdapat peningkatan jumlah penderita DBD di Jawa Timur sebanyak 85%, yaitu dari 11,319 kasus meningkat menjadi 20,970 kasus. Kabupaten Lamongan memiliki

jumlah kasus DBD yang meningkat 2 kali lipat atau lebih (KLB) dan angka kematian DBD yang meningkat pula pada periode Januari s/d Juni tahun 2010.

Penelitian tentang tingkat kerawanan penyakit DBD pernah dilakukan oleh Aslim (1997) yang menganalisa kerawanan DBD di tingkat desa di Kabupaten Indramayu tahun 1992-1996 dan menyimpulkan bahwa tingkat kerawanan DBD berhubungan erat dengan mobilitas dan kepadatan penduduk. Yuniarti (2008) meneliti tingkat kerawanan DBD di daerah khusus ibukota Jakarta tahun 2007 dan menyimpulkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara kepadatan penduduk, jumlah puskesmas dengan kejadian kasus DBD.

Dinas Kesehatan melakukan kegiatan pemberantasan nyamuk menular DBD di daerah rawan penyakit sesuai dengan tingkat kerawanan suatu desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD yang terdiri dari desa atau kelurahan rawan I (endemis), desa atau kelurahan rawan II (sporadis) dan desa atau kelurahan rawan III (potensial). Ditinjau dari skala data, tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD merupakan data kategorik dengan skala ordinal.

Metode statistika yang telah dikembangkan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor yang bergantung pada lokasi geografis dimana data tersebut diamati adalah *model Geographically Weighted Regression* (GWR) oleh Brunson, Fotheringham & Charlton (1996). Apabila variabel respon berdistribusi Poisson dikembangkan model *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) oleh Nakaya, Fotheringham, Brunson & Charlton (2005). Apabila variabel respon bersifat kategori, dikembangkan model *Geographically Weighted Logistic Regression* (GWLR) oleh Atkinson, German, Sear dan Clark (2003). Model GWLR dapat juga dikembangkan untuk variabel respon berskala ordinal, yaitu model *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR). Dalam penelitian ini, model GWOLR akan diterapkan untuk pemodelan tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di Kabupaten Lamongan tahun 2009.

2. Regresi Logistik Ordinal

Model yang dapat digunakan untuk regresi logistik ordinal adalah model logit kumulatif (*cumulative logit models*). Misalkan variabel respon Y berskala ordinal memiliki G buah kategori dan \mathbf{x}_i menyatakan vektor variabel prediktor pada

pengamatan ke- i , $\mathbf{x}_i = [x_{i1} \ x_{i2} \ \dots \ x_{ip}]^T$ dengan $i = 1, 2, \dots, n$, maka model logit kumulatif dinyatakan :

$$\text{logit} \left[P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \alpha_g + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} \quad , \quad g = 1, 2, \dots, G-1 \quad (1)$$

dengan $P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)$ adalah peluang kumulatif kategori ke- g terhadap \mathbf{x}_i , $\{\alpha_g\}$ adalah parameter intersep dan memenuhi $\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_{G-1}$ dan $\boldsymbol{\beta} = [\beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_p]^T$ adalah vektor koefisien regresi yang bersesuaian dengan \mathbf{x}_i .

Logit kumulatif didefinisikan sebagai (Agresti, 2002) :

$$\text{logit} \left[P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \ln \left[\frac{P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)}{1 - P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)} \right] \quad , \quad g = 1, 2, \dots, G-1 \quad (2)$$

berdasarkan persamaan (1) dan (2) maka model regresi logistik ordinal dapat dinyatakan

$$\text{logit} \left[P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) \right] = \ln \left[\frac{P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)}{1 - P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)} \right] = \alpha_g + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} \quad , \quad g = 1, 2, \dots, G-1 \quad (3)$$

Penaksiran parameter model regresi logistik ordinal dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), kemudian diselesaikan dengan metode iterasi numerik yaitu Newton-Raphson. Pengujian parameter model regresi logistik ordinal dapat dilakukan secara serentak maupun parsial. Hipotesis dalam uji serentak adalah :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji yang digunakan: $G^2 = -2 \left(\ln L(\hat{\omega}) - \ln L(\hat{\Omega}) \right)$

dengan $L(\hat{\Omega})$ merupakan nilai maksimum *likelihood* di bawah populasi dan $L(\hat{\omega})$ merupakan nilai maksimum *likelihood* di bawah H_0 . Kriteria penolakan H_0 yaitu tolak H_0 apabila nilai G^2 lebih besar dari $\chi^2_{(\alpha, p)}$ atau *p-value* kurang dari α . Sedangkan hipotesis dalam uji parsial adalah :

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji yang digunakan: $W_k = \frac{\hat{\beta}_k}{SE(\hat{\beta}_k)}$

Kriteria penolakan H_0 yaitu tolak H_0 apabila nilai $|W_k|$ lebih besar dari $Z_{\alpha/2}$ atau p -value kurang dari α .

3. Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)

Model GWOLR merupakan bentuk kombinasi dari model GWR dan model regresi logistik ordinal. Model GWOLR digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon ordinal dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Misalkan variabel respon berskala ordinal terdiri dari G buah kategori, maka model GWOLR dapat ditulis:

$$\ln \left[\frac{P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)}{1 - P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i)} \right] = \alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \quad g = 1, 2, \dots, G-1 \quad (4)$$

dengan $\{\alpha_g(u_i, v_i)\}$ merupakan parameter intersep dan memenuhi kondisi $\alpha_1(u_i, v_i) \leq \alpha_2(u_i, v_i) \leq \dots \leq \alpha_{G-1}(u_i, v_i)$, $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) = [\beta_1(u_i, v_i) \quad \beta_2(u_i, v_i) \quad \dots \quad \beta_p(u_i, v_i)]^T$ merupakan vektor koefisien regresi untuk lokasi ke- i , sementara (u_i, v_i) adalah titik koordinat (*longitude, latitude*) lokasi ke- i .

Peluang kumulatif kategori respon ke- g dapat dinyatakan sebagai

$$P(Y_i \leq g | \mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}, \quad g = 1, 2, \dots, G-1 \quad (5)$$

Misalkan $\pi_g^*(\mathbf{x}_i) = P(Y_i = g | \mathbf{x}_i)$ menyatakan peluang variabel respon pada lokasi ke- i mempunyai kategori ke- g terhadap \mathbf{x}_i , maka

$$\pi_g^*(\mathbf{x}_i) = \frac{\exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} - \frac{\exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \quad (6)$$

Parameter model GWOLR dapat diestimasi dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) terboboti. Misalkan diambil n sampel random Y_1, Y_2, \dots, Y_n dengan peluang hasil pada kategori ke- g adalah $\pi_g^*(\mathbf{x}_i)$, maka

$$Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{i,G-1}) \square \text{Multinomial}(1; \pi_1^*(\mathbf{x}_i), \pi_2^*(\mathbf{x}_i), \dots, \pi_{G-1}^*(\mathbf{x}_i))$$

membentuk fungsi *likelihood* sebagai berikut

$$\ell = \prod_{i=1}^n \prod_{g=1}^G \pi_g^*(\mathbf{x}_i)^{y_{ig}} = \prod_{i=1}^n \prod_{g=1}^G \left[\frac{\exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} - \frac{\exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right]^{y_{ig}}$$

Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWOLR. Faktor ini memiliki nilai yang berbeda untuk setiap lokasi yang menunjukkan sifat lokal pada model GWOLR. Oleh karena itu pembobot diberikan pada bentuk ln-likelihoodnya untuk model lokal GWOLR. Misalkan pembobot untuk setiap lokasi (u_i, v_i) adalah $w_j(u_i, v_i)$, $j = 1, 2, \dots, n$ maka diperoleh fungsi *ln-likelihood* terboboti berikut

$$L^* = \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^G \left\{ y_{jg} \ln \left[\frac{\exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_g(u_i, v_i) + \mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} - \frac{\exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \exp(\alpha_{g-1}(u_i, v_i) + \mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right] \right\} w_j(u_i, v_i)$$

Jika dimisalkan variabel respon mempunyai 3 buah kategori ($G = 3$), estimasi parameter dilakukan dengan melakukan turunan parsial pertama terhadap parameter yang akan diestimasi dan kemudian disamakan dengan nol, maka

$$\frac{\partial L^*}{\partial \alpha_1(u_i, v_i)} = \sum_{j=1}^n \left\{ y_{j1} \left[\frac{e_1}{1+e_1} \right]^{-1} \left[\frac{e_1}{(1+e_1)^2} \right] - y_{j2} \left[\frac{e_2}{1+e_2} - \frac{e_1}{1+e_1} \right]^{-1} \left[\frac{e_1}{(1+e_1)^2} \right] \right\} w_j(u_i, v_i) = 0$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial \alpha_2(u_i, v_i)} = \sum_{j=1}^n \left\{ y_{j2} \left[\frac{e_2}{1+e_2} - \frac{e_1}{1+e_1} \right]^{-1} \left[\frac{e_2}{(1+e_2)^2} \right] - y_{j3} \left[1 - \frac{e_2}{1+e_2} \right]^{-1} \left[\frac{e_2}{(1+e_2)^2} \right] \right\} w_j(u_i, v_i) = 0$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} = \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^3 y_{jg} \left[\frac{e_g}{1+e_g} - \frac{e_{g-1}}{1+e_{g-1}} \right]^{-1} \left\{ \frac{e_g}{[1+e_g]^2} - \frac{e_{g-1}}{[1+e_{g-1}]^2} \right\} \mathbf{x}_j w_j(u_i, v_i) = 0$$

dengan $e_1 = \exp(\alpha_1(u_i, v_i) + \mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$ dan $e_2 = \exp(\alpha_2(u_i, v_i) + \mathbf{x}_j^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$.

Hasil turunan parsial pertama yang diperoleh berbentuk implisit sehingga diperlukan suatu metode numerik yaitu metode iterasi Newton-Raphson. Prosedur iterasi ini diulang untuk setiap lokasi ke- i , sehingga akan didapatkan penaksir parameter lokal model GWOLR untuk setiap lokasi.

Fungsi dari pembobot $w_j(u_i, v_i)$ adalah untuk memberikan hasil estimasi parameter yang berbeda pada pengamatan yang berbeda. Salah satu jenis fungsi pembobot yang dapat digunakan adalah fungsi Kernel *Gaussian* :

$$w_j(u_i, v_i) = \phi\left(\frac{d_{ij}}{\sigma h}\right) \quad (7)$$

dengan d_{ij} menyatakan jarak *Eucliden* antara lokasi (u_i, v_i) dan lokasi (u_j, v_j) , $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$, h menyatakan parameter penghalus (*bandwidth*), σ merupakan simpangan baku dari vektor jarak d_{ij} dan ϕ adalah densitas normal standar.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan *bandwidth* optimum adalah metode *Cross Validation* (CV) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G (y_{\neq i, g} - \hat{\pi}_{\neq i, g}(h))^2 \quad (8)$$

dengan $y_{\neq i, g}$ adalah variabel indikator dimana $y_{\neq i, g} = 1$ jika $y_{\neq i}$ mempunyai kategori g dan 0 untuk yang lain, $\hat{\pi}_{\neq i, g}(h)$ adalah nilai estimasi peluang $y_{\neq i}$ memiliki kategori g dimana pengamatan di lokasi (u_i, v_i) dihilangkan dari proses penaksiran. Nilai h optimum diperoleh dari nilai h yang menghasilkan nilai CV minimum.

4. Tingkat Kerawanan Desa atau Kelurahan terhadap Penyakit DBD

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Kegiatan pemberantasan nyamuk menular DBD di daerah rawan penyakit dilakukan sesuai dengan tingkat kerawanan suatu wilayah terhadap penyakit DBD. Tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD dibagi (Departemen Kesehatan RI, 2007) :

1. Desa atau kelurahan rawan I (Endemis)
adalah desa atau kelurahan yang dalam 3 tahun terakhir, setiap tahun ada penderita DBD.
2. Desa atau kelurahan rawan II (Sporadis)
adalah desa atau kelurahan yang dalam 3 tahun terakhir ada penderita DBD tetapi tidak setiap tahun.
3. Desa atau kelurahan rawan III (Potensial)
adalah desa atau kelurahan yang dalam 3 tahun terakhir tidak pernah ada penderita DBD, tetapi penduduknya padat, mempunyai hubungan transportasi yang ramai dengan wilayah lain.

5. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kabupaten Lamongan dan Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Lamongan. Unit observasi yang digunakan adalah desa/kelurahan di Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur yang terdiri dari 300 desa/kelurahan. Sedangkan *software* yang digunakan yaitu *software* MINITAB dan MATLAB.

Variabel respon (Y) dalam penelitian ini adalah tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD yang terdiri dari tiga kategori, yaitu rawan I (Endemis), rawan II (Sporadis) dan rawan III (Potensial). Sedangkan variabel prediktor (X_j) yang digunakan yaitu Kepadatan penduduk (X_1), Ketinggian dari permukaan laut (X_2), Jarak ke puskesmas/pustu terdekat (X_3), Keberadaan kader atau juru pemantau jentik (X_4), Angka Bebas Jentik (X_5) dan Jarak ke ibukota kabupaten (X_6).

Untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di Kabupaten Lamongan tahun 2009 dilakukan analisis dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memodelkan dengan menggunakan regresi logistik ordinal
2. Memodelkan dengan menggunakan model GWOLR dengan langkah-langkah :
 - a. Menentukan u_i dan v_i berdasarkan garis Lintang Selatan (u_i) dan garis Bujur Timur (v_i) kantor kelurahan (kantor kepala desa) untuk setiap desa/kelurahan
 - b. Menghitung jarak *Eucliden* antara lokasi ke- i yang terletak pada koordinat (u_i, v_i) terhadap lokasi ke- j yang terletak pada koordinat (u_j, v_j)
 - c. Menentukan *bandwidth* optimum dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV)
 - d. Menghitung pembobot $w_j(u_i, v_i)$ dengan menggunakan fungsi Kernel Gaussian dengan memasukkan jarak *Eucliden* dan nilai *bandwidth* optimum ke dalam fungsi Kernel Gaussian. Perhitungan pembobot tersebut dilakukan untuk $i = 1, 2, \dots, n$.
 - e. Mendapatkan penaksir parameter dan pengujian parameter model GWOLR untuk lokasi (u_i, v_i)

6. Analisis dan Pembahasan

Sebelum dilakukan analisis regresi logistik ordinal multivariabel, maka perlu dilakukan pemilihan variabel prediktor yang berpengaruh nyata secara individu terhadap variabel respon, yaitu dengan cara meregresikan tiap-tiap variabel prediktor terhadap variabel responnya sehingga dapat diketahui variabel prediktor mana saja yang secara univariabel berpengaruh nyata terhadap variabel respon. Untuk menentukan variabel prediktor yang berpengaruh, digunakan statistik uji Wald. Berdasarkan hasil perhitungan statistik uji menunjukkan bahwa apabila digunakan tingkat signifikansi α sebesar 10% maka semua variabel prediktor secara univariabel berpengaruh signifikan terhadap tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di kabupaten Lamongan. Selanjutnya variabel prediktor yang signifikan pada pengujian secara univariabel digunakan untuk membentuk model regresi logistik ordinal multivariabel.

Pengujian secara serentak dilakukan untuk memeriksa peran koefisien β secara keseluruhan atau bersama-sama. Hipotesis dalam uji serentak adalah :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_6 = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, 6$$

Berdasarkan hasil regresi logistik ordinal multivariabel, nilai Statistik uji G^2 yang dihasilkan adalah sebesar 123,527 dan apabila dibandingkan dengan nilai $\chi^2_{(0,1;6)} = 10,6446$ maka nilai statistik G^2 lebih besar daripada $\chi^2_{(0,1;6)}$, sehingga keputusan tolak H_0 yang berarti minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian secara parsial. Hipotesis dalam uji parsial adalah :

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, 6$$

Tabel 1. Hasil Regresi Logistik Ordinal Multivariabel

Prediktor	Koefisien	SE Koefisien	Wald	P-value	Odds Ratio
Konst(1)	1,76341	0,96185	1,83	0,067	*
Konst(2)	5,53338	1,02557	5,40	0,000	*
X ₁	0,50754	0,13205	3,84	0,000	1,66

X_2	-0,30556	0,15938	-1,92	0,055	0,74
X_3	-0,33285	0,12887	-2,58	0,010	0,72
$X_4(1)$	0,80963	0,45296	1,79	0,074	2,25
X_5	-0,32451	0,13443	-2,41	0,016	0,72
X_6	-0,98670	0,17521	-5,63	0,000	0,37

Berdasarkan Tabel 1, semua variabel prediktor memiliki nilai $|W|$ lebih besar dari $Z_{(0,05)} = 1,64485$ atau p -value yang kurang dari α . Hal ini berarti semua variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap model atau dapat dikatakan bahwa variabel X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 dan X_6 signifikan atau layak untuk masuk ke dalam model. Sehingga model logit yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$\text{logit} \left[\hat{P}(Y \leq 1 | \mathbf{x}) \right] = 1,7634 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) \\ - 0,3245X_5 - 0,9867X_6$$

$$\text{logit} \left[\hat{P}(Y \leq 2 | \mathbf{x}) \right] = 5,5334 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) \\ - 0,3245X_5 - 0,9867X_6$$

Tanda positif pada koefisien variabel kepadatan penduduk (X_1) dan nilai odds rasio yang lebih dari satu menunjukkan bahwa semakin tinggi kepadatan penduduk suatu desa atau kelurahan maka cenderung memiliki tingkat kerawanan terhadap DBD yang semakin tinggi. Variabel ketinggian dari permukaan laut (X_2) memiliki nilai odds rasio kurang dari satu yang mengindikasikan bahwa semakin rendah ketinggian letak suatu desa atau kelurahan dari permukaan laut maka cenderung berhubungan dengan tingkat kerawanan DBD yang statusnya lebih rawan. Selain itu, semakin dekat jarak suatu desa atau kelurahan ke puskesmas/pustu terdekat (X_3) juga cenderung berhubungan dengan tingkat kerawanan DBD yang statusnya lebih rawan.

Nilai odds rasio pada variabel keberadaan kader atau juru pemantau jentik (X_4) adalah sebesar 2,25 yang menunjukkan bahwa adanya kader atau juru pemantau jentik di suatu desa atau kelurahan mempunyai peluang desa atau kelurahan tersebut rawan DBD dengan kategori potensial sebesar 2,25 kali dibanding desa yang tidak memiliki kader atau juru pemantau jentik. Nilai odds rasio pada variabel Angka Bebas Jentik (X_5) menunjukkan bahwa semakin rendah ABJ suatu desa atau kelurahan maka cenderung berhubungan dengan tingkat kerawanan DBD yang statusnya lebih rawan. Serta

semakin dekat jarak suatu desa atau kelurahan ke ibukota kabupaten (X_6) juga cenderung berhubungan dengan tingkat kerawanan DBD yang statusnya lebih rawan.

Setelah didapatkan model logit, maka peluang tiap-tiap kategori dapat dihitung :

Peluang rawan I (endemis) :

$$\hat{\pi}_1(x) = \frac{\exp(1,7634 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}{1 + \exp(1,7634 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}$$

Peluang rawan II (sporadis) :

$$\hat{\pi}_2(x) = \frac{\exp(5,5334 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}{1 + \exp(5,5334 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)} \cdot \frac{\exp(1,7634 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}{1 + \exp(1,7634 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}$$

Peluang rawan III (potensial) :

$$\hat{\pi}_3(x) = 1 - \frac{\exp(5,5334 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}{1 + \exp(5,5334 + 0,5075X_1 - 0,3056X_2 - 0,3329X_3 + 0,8096X_4(1) - 0,3245X_5 - 0,9867X_6)}$$

Berdasarkan perhitungan peluang di atas, maka dapat diperoleh hasil prediksi sehingga kebenaran model logit ini dapat dilihat berdasarkan hasil pengklasifikasian antara prediksi dan observasi.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Desa Atau Kelurahan Terhadap DBD Berdasarkan Model Regresi Logistik Ordinal

Observasi	Prediksi			Persentase ketepatan
	kategori 1	kategori 2	kategori 3	
kategori 1	12	48	0	20%
kategori 2	4	181	16	90,05%
kategori 3	0	41	28	40,58%
Total keseluruhan				66,97%

Selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan model GWOLR. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan letak geografis berdasarkan garis Lintang Selatan dan garis Bujur Timur kantor kelurahan (kepala desa) untuk setiap desa/kelurahan di kabupaten Lamongan, kemudian menghitung jarak *Eucliden* antara lokasi ke- i terhadap lokasi ke- j . Langkah selanjutnya adalah menentukan *bandwidth* optimum dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV). Nilai *bandwidth*

optimum yang diperoleh dari hasil iterasi adalah 1,7615. Setelah itu mendapatkan pembobot untuk masing-masing lokasi penelitian, dimana dalam penelitian ini akan digunakan pembobot fungsi kernel Gaussian. Langkah selanjutnya adalah menaksir parameter model GWOLR menggunakan iterasi Newton-Raphson dengan bantuan *software* MATLAB, sehingga didapatkan nilai penaksir parameter di semua lokasi (u_i, v_i) , $i = 1, 2, \dots, n$.

Pengujian parameter model GWOLR dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di setiap lokasi. Misalkan kita akan menguji parameter model di lokasi pertama (u_1, v_1) yaitu desa Kedungmentawar, maka bentuk hipotesisnya adalah :

$$H_0 : \beta_k(u_1, v_1) = 0$$

$$H_1 : \beta_k(u_1, v_1) \neq 0, k = 1, 2, \dots, 6$$

Statistik uji yang digunakan : $Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_1, v_1)}{SE(\hat{\beta}_k(u_1, v_1))}$

Kriteria pengujianya adalah tolak H_0 jika $|Z_{hit}|$ lebih besar dari $Z_{\alpha/2}$.

Tabel 3. Hasil Model GWOLR di Desa Kedungmentawar

Parameter	Estimasi	Z Hitung
$\alpha_1(u_1, v_1)$	1,0055	0,5658
$\alpha_2(u_1, v_1)$	4,7135	2,5158
$\beta_1(u_1, v_1)$	0,7997	2,1884*
$\beta_2(u_1, v_1)$	-0,2840	-0,9364
$\beta_3(u_1, v_1)$	-0,3804	-1,5844
$\beta_4(u_1, v_1)$	0,2174	0,9923
$\beta_5(u_1, v_1)$	-0,2580	-0,9958
$\beta_6(u_1, v_1)$	-0,9291	-2,4315*

*) parameter yang signifikan pada $\alpha = 10\%$

Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat dua parameter yang signifikan pada $\alpha = 10\%$, yaitu $\beta_1(u_1, v_1)$ dan $\beta_6(u_1, v_1)$ karena memiliki nilai $|Z_{hit}|$ lebih besar dari $Z_{(0,05)} = 1,64485$, sehingga model GWOLR yang dibentuk untuk memodelkan tingkat kerawanan desa Kedungmentawar terhadap penyakit DBD adalah sebagai berikut :

$$\text{logit} [P(Y \leq 1 | \mathbf{x})] = \ln \left(\frac{P(Y \leq 1 | \mathbf{x})}{1 - P(Y \leq 1 | \mathbf{x})} \right) = 1,0055 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6$$

$$\text{logit} [P(Y \leq 2 | \mathbf{x})] = \ln \left(\frac{P(Y \leq 2 | \mathbf{x})}{1 - P(Y \leq 2 | \mathbf{x})} \right) = 4,7135 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6$$

Setelah didapatkan model logit, maka peluang tiap-tiap kategori dapat dihitung sebagai berikut :

$$\hat{\pi}_1^*(x) = \frac{\exp(1,0055 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}{1 + \exp(1,0055 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}$$

$$\hat{\pi}_2^*(x) = \frac{\exp(4,7135 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}{1 + \exp(4,7135 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)} - \frac{\exp(1,0055 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}{1 + \exp(1,0055 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}$$

$$\hat{\pi}_3^*(x) = 1 - \frac{\exp(4,7135 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}{1 + \exp(4,7135 + 0,7997X_1 - 0,9291X_6)}$$

Tabel 4. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Desa Atau Kelurahan Terhadap DBD Berdasarkan Model GWOLR

Observasi	Prediksi			Persentase ketepatan
	kategori 1	kategori 2	kategori 3	
kategori 1	15	44	1	25%
kategori 2	3	185	13	91,58%
kategori 3	0	40	29	42,03%
Total keseluruhan				69,39%

7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan :

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di Kabupaten Lamongan tahun 2009 berdasarkan model regresi logistik ordinal adalah kepadatan penduduk (X_1), ketinggian dari permukaan laut (X_2), jarak ke puskesmas/pustu terdekat (X_3), keberadaan kader atau juru pemantau jentik (X_4), Angka Bebas Jentik (X_5) dan jarak ke ibukota kabupaten (X_6).
2. Model GWOLR dengan pembobot fungsi kernel Gaussian memiliki tingkat ketepatan klasifikasi yang lebih baik dibandingkan model regresi logistik ordinal untuk pemodelan tingkat kerawanan desa atau kelurahan terhadap penyakit DBD di Kabupaten Lamongan tahun 2009.

Daftar Pustaka

- Agresti, A., (2002), *Categorical Data Analysis*, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Aslim, A., (1997), *Analisis Kerawanan Demam Berdarah Dengue di Tingkat Desa di Kabupaten Indramayu Tahun 1992-1996 dan Rencana Penanggulangannya*, Tesis Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.
- Atkinson, P.M., German, S.E., Sear, D.A., & Clark, M.J., (2003), Exploring the Relations Between Riverbank Erosion and Geomorphological Controls Using Geographically Weighted Logistic Regression, *Geographical Analysis*, 35.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A.S., & Charlton, M. (1996), Geographically Weighted Regression: a method for exploring spatial nonstationarity, *Geographical Analysis*, 28, 281-298.
- Departemen Kesehatan RI, (2007), *Modul Pelatihan bagi Pengelola Program Pengendalian Penyakit Demam Berdarah Dengue di Indonesia*, Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, Jakarta
- Nakaya, T., Fotheringham, A.S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2005), Geographically Weighted Poisson Regression for Disease Association Mapping, *Statistics in Medicine*, Volume 24 Issue 17, pages 2695-2717.
- Yuniarti, A., 2008, *Tingkat Kerawanan Demam Berdarah Dengue di Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2007*, Skripsi Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.