

Pemodelan Ketahanan Pangan di Jawa Timur Menggunakan Metode *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR)

Vida Faiza Rochmah dan Vita Ratnasari

Departemen Statistika, Fakultas Matematika Komputasi dan Sains Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: vitaratna70@gmail.com²

Abstrak—Ketahanan pangan adalah suatu kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai perseorangan, yang tercermin dari ketersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan. Provinsi Jawa Timur sebagai provinsi dengan jumlah kabupaten/kota paling banyak di Indonesia merupakan provinsi dengan prestasi sebagai lumbung padi nasional tahun 2018. Namun berdasarkan Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Nasional Tahun 2018 terdapat 15 kabupaten/kota di Jawa Timur yang masih masuk dalam kelompok dengan status prioritas ketahanan pangan sedang hingga rendah. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan ketahanan pangan kabupaten/kota di Jawa Timur menggunakan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhinya dan faktor geografis. Sumber data digunakan dari badan Ketahanan Pangan Nasional dengan menggunakan 8 variabel prediktor dan satu variabel respon yang merupakan katagori ketahanan pangan di Jawa Timur. Hasil analisis didapatkan model GWOLR terbaik terdiri X_4 , X_5 , X_6 , X_7 dan X_8 dengan ketepatan kalsifikasi pemetaan wilayah sebesar 94,7%.

Kata Kunci—GWOLR, Jawa Timur, Kabupaten/Kota, Tahan Pangan.

I. PENDAHULUAN

KETAHANAN pangan adalah suatu kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai perseorangan, yang tercermin dari ketersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan. Ketahanan pangan terdiri atas tiga aspek yaitu ketersediaan pangan, keterjangkauan pangan, dan pemanfaatan pangan. Ketersediaan informasi ketahanan pangan yang akurat, komprehensif, dan tertata dengan baik sangat penting untuk mendukung upaya pencegahan dan penanganan kerawanan pangan dan gizi, karena dapat memberikan arah dan rekomendasi kepada pembuat keputusan dalam penyusunan program, kebijakan, serta pelaksanaan intervensi di tingkat pusat daerah [1].

Provinsi Jawa Timur sebagai provinsi dengan jumlah kabupaten/kota paling banyak di Indonesia merupakan provinsi dengan prestasi sebagai lumbung padi nasional tahun 2018. Produksi padi menurut provinsi pada Januari hingga September 2018 menunjukkan bahwa Provinsi Jawa Timur

menduduki posisi pertama dengan produksi padi sebesar 9,3 juta [2]. Memiliki status sebagai tulang punggung ketahanan pangan nasional membuat Jawa Timur memiliki beban sebagai penyedia ketersediaan pangan baik untuk wilayah di Jawa Timur maupun di luar Jawa Timur. Namun berdasarkan Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Nasional Tahun 2018 terdapat 15 kabupaten/kota di Jawa Timur yang masih masuk dalam kelompok dengan status prioritas ketahanan pangan sedang hingga rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan pangan perlu ditingkatkan terutama dalam pemerataan ketahanan pangan di Jawa Timur.

Jawa Timur dengan jumlah kabupaten/kota yang cukup banyak dapat memberikan pengaruh dan dampak terhadap kondisi ketahanan pangan Provinsi Jawa Timur. Keberagaman wilayah kabupaten/kota memberikan efek varian di dalam hasil ketahanan pangan. Perbedaan antar wilayah tersebut merupakan permasalahan spasial yang disebabkan faktor geografis yang berpengaruh terhadap ketahanan pangan. Oleh karena itu suatu metode pemodelan statistik yang memperhatikan letak geografis atau faktor lokasi pengamatan [3]. Salah satu metodenya adalah dengan menggunakan *Geographically Weighted Regression* (GWR). *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) merupakan bentuk kombinasi dari model GWR (*Geographically Weighted Regression*) dan model regresi logistik ordinal. Model GWOLR digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang berskala ordinal dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Misalkan variabel respon terdiri dari G buah kategori, maka model GWOLR untuk lokasi ke- i . Pengaruh geografis wilayah akan diperhitungkan dalam mempertimbangkan hasil klasifikasinya [4]. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan pemodelan ketahanan pangan kabupaten/kota di Jawa Timur menggunakan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression* (GWOLR) dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhinya dan faktor geografis. Selain dilakukan pemodelan, melalui GWOLR ini dapat dilakukan pemetaan terhadap kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan model GWOLR pada tingkat prioritas ketahanan pangan. Variabel yang digunakan status prioritas ketahanan pangan sebagai respon berskala ordinal serta 8 prediktor yang diduga dapat berpengaruh terhadap ketahanan pangan. Penentuan variabel prediktor atas dasar indikator *Food Security and Vulnerability Atlas* (FSVA).

Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai pemodelan ketahanan pangan provinsi di Indonesia berdasarkan konsumsi energi menggunakan metode probit

data panel. Hasil yang didapatkan yaitu terdapat 22 provinsi di Indonesia memiliki kecukupan energi yang kurang sehingga mengakibatkan provinsi tersebut terindikasi rawan pangan dimana mayoritas wilayah tersebut adalah daerah Pulau Jawa, Sumatra dan Indonesia Bagian Timur [5]. Penelitian lain juga dilakukan tentang pemodelan status ketahanan pangan provinsi Jawa Timur dengan regresi probit biner. Hasilnya bahwa variabel persentase rumah tangga tanpa akses air bersih dan angka harapan hidup berpengaruh menaikkan kontribusi kabupaten masuk dalam kelompok tahan pangan [6]. Penelitian ketiga dilakukan dengan metode regresi probit ordinal memberikan hasil bahwa variabel yang signifikan adalah produktivitas tanaman padi, persentase rumah tangga tanpa akses listrik, persentase keluarga yang tinggal di Desa dengan akses terbatas ke fasilitas kesehatan (>5 km), persentase rumah tangga dengan akses sumber air bersih sangat terbatas, dan angka harapan hidup [7]. Pemodelan tingkat kerawanan DBD di Kabupaten Lamongan dengan pendekatan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)* juga menjadi salah satu penelitian yang memanfaatkan metode GWOLR [8]. Sumber lainnya yaitu pada pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Jawa Timur menggunakan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)* [9]. Penelitian dengan menggunakan GWOLR lain pernah dilakukan pada kasus Rata-Rata Umur Kawin Pertama (UKP) Wanita di Propinsi Jawa Timur Tahun 2012 [10] dan Persentase Rata-Rata Usia Kawin Pertama Wanita di Jawa Timur [11]. Hasil dari 4 penelitian dengan GWOLR menghasilkan bahwa model GWOLR yang didapatkan memiliki tingkat ketepatan klasifikasi lebih baik dari model regresi logistik ordinal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Estimasi Parameter Model GWR

Estimasi parameter pada model GWR menggunakan metode Weighted Least Square (WLS) dengan memberikan pembobot yang berbeda untuk setiap lokasi pengamatan. Pembobot pada model GWR memiliki peran yang sangat penting, karena nilai pembobot mewakili letak data observasi satu dengan yang lainnya. Pemberian bobot pada data sesuai dengan kedekatan dengan lokasi pengamatan ke-*i*. Misalkan pembobot untuk setiap lokasi (u_i, v_i) adalah $w_j(u_i, v_i)$ dengan $j = 1, 2, \dots, k$ maka parameter pada lokasi pengamatan (u_i, v_i) diestimasi dengan menambahkan unsur pembobot $w_j(u_i, v_i)$ dan kemudian meminimumkan jumlah kuadrat residual dari persamaan berikut.

$$y_j = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^k \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i \quad (1)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$

Hasil meminimumkan jumlah kuadrat residual yaitu.

$$\sum_{j=1}^k w_j(u_i, v_i) \varepsilon_i^2 = \sum_{j=1}^k w_j(u_i, v_i) \left[y_j - \beta_0(u_i, v_i) - \sum_{j=1}^k \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} \right]^2 \quad (2)$$

Untuk mendapatkan penaksir parameter $\hat{\beta}(u_i, v_i)$ yang efisien dengan menurunkan persamaan (2) terhadap $\beta^T(u_i, v_i)$ dan menyamadengankan nol [12]. Sehingga diperoleh estimator parameter model GWR adalah sebagai berikut.

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = \left[\mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{X} \right]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}(u_i, v_i) \mathbf{y} \quad (3)$$

dimana,

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}(u_i, v_i) = \text{diag}(w_1(u_i, v_i), w_2(u_i, v_i), \dots, w_n(u_i, v_i))$$

B. Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)

Model GWOLR merupakan metode yang menggabungkan antara metode regresi logistik ordinal dan model GWR (*Geographically Weighted Regression*). Model GWOLR digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang berskala ordinal dengan variabel prediktor yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati [4]. Misalkan variabel respon terdiri dari *G* buah kategori, maka model GWOLR untuk lokasi ke-*i* dapat ditulis sebagai berikut:

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

dimana dan $g = 1, 2, \dots, G-1$ dan $i=1, 2, \dots, n$ sementara (u_i, v_i) adalah titik koordinat (*longitude, latitude*) lokasi ke-*i*. Peluang kumulatif katagori respon ke-*g* dapat dinyatakan sebagai.

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

Pengujian hipotesis pada model GWOLR adalah uji kesamaan model GWOLR dengan model regresi logistik ordinal, uji parameter secara keseluruhan dan uji parameter secara individu.

a. Uji Kesamaan Model GWOLR dengan Model Regresi Logistik Ordinal

Pengujian ini bertujuan untuk menguji signifikansi dari faktor geografis. Hipotesis yang digunakan:

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k \quad ; i=1, 2, \dots, n \quad ; k = 1, 2, \dots, p$$

(tidak ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

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

(ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{D(\hat{\theta})/df_1}{D(\hat{\theta}^*)/df_2} \quad (6)$$

dimana $D(\hat{\theta})$ adalah nilai devians dari model regresi logistik ordinal dihitung berdasarkan nilai maksimum *likelihood* di bawah H_0 dengan derajat bebas df_1 dan $D(\hat{\theta}^*)$ adalah nilai devians dari model GWOLR dihitung berdasarkan nilai maksimum *likelihood* di bawah populasi dengan derajat bebas df_2 . H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{(\alpha; df_1; df_2)}$.

b. Uji Serentak

Pengujian ini secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter terhadap variabel respon secara bersama-sama pada model GWOLR [13]. Hipotesis yang digunakan:

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Statistik uji:

$$G^2 = -2 \left(\sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G y_{ig} \ln \left[\frac{\sum_{j=1}^n y_{jg} w_j(u_i, v_i)}{\sum_{j=1}^n w_j(u_i, v_i)} \right] - \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G y_{ig} \ln [\pi_g^*(x_i)] \right) \quad (7)$$

$df = \text{trace}(S)$. H_0 ditolak apabila nilai $G^2 >$ dari $\chi^2(\alpha; df)$

c. Uji Parsial

Uji parameter secara individu digunakan untuk mengetahui signifikansi parameter secara individu pada model GWOLR. Hipotesis yang digunakan:

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0 \quad ; i=1,2,\dots,n \quad ; k = 1,2,\dots,p$$

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

Statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{SE(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))} \quad (8)$$

dimana $\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$ merupakan penaksir parameter $\beta_k(u_i, v_i)$ dan nilai standar error $\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$ diperoleh dari $SE(\hat{\beta}_k(u_i, v_i)) = \sqrt{\text{var}(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))}$.

dimana,

$$\text{var}(\beta_k(u_i, v_i)) = \begin{bmatrix} \text{var}(\beta_1(u_i, v_i)) & & & \\ & \text{var}(\beta_2(u_i, v_i)) & & \\ & & \ddots & \\ & & & \text{var}(\beta_n(u_i, v_i)) \end{bmatrix}$$

H_0 ditolak jika $Z_{hit} > Z_{\alpha/2}$ atau $Z_{hit} < -Z_{\alpha/2}$.

C. Pemilihan Pembobot

Fungsi dari pembobot adalah untuk memberikan hasil estimasi parameter yang berbeda pada pengamatan yang berbeda [14]. Terdapat 4 jenis fungsi Kernel pembobot yaitu fungsi jarak *Gaussian*, *Exponential*, *Bisquare*, dan *Tricube* [15]. Fungsi pembobot yang digunakan pada penelitian ini adalah fungsi *Gaussian* dan *Exponential*. Rumus fungsi dijelaskan sebagai berikut.

Exponential :

$$W_j(u_i, v_i) = \exp \left(- \left(\frac{d_{ij}^2}{h^2} \right) \right) \quad (9)$$

Gaussian:

$$W_j(u_i, v_i) = \exp \left(- \frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h} \right)^2 \right) \quad (10)$$

dengan d_{ij}^2 adalah jarak eucliden antara lokasi (u_i, v_i) dan lokasi (u_i, v_j) , $d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2}$ serta h menyatakan parameter non negatif yang diketahui dan biasanya disebut sebagai parameter penghalus (*bandwidth*).

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mendapatkan *bandwidth* optimum adalah metode *Cross Validation* (CV) [16]. Nilai CV dapat dirumuskan sebagai berikut [8].

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^G \left(y_{\neq i, g} - \hat{\pi}_{\neq i, g}(h) \right)^2 \quad (11)$$

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

D. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dapat dilakukan dengan beberapa metode. Salah satu metode yaitu *Aike Information Criterion* (AIC) yang didefinisikan pada persamaan

$$AIC = D(G) + 2K(G) \quad (12)$$

dengan

$$D(G) = \sum_{i=1}^n \left(y_i \ln \hat{y}_i(\hat{\beta}(u_i, v_i), G) / y_i + (y_i - \hat{y}_i(\hat{\beta}(u_i, v_i), G)) \right)$$

$D(G)$ merupakan nilai devians model dengan *bandwith* (G) dan K merupakan jumlah parameter dalam model dengan *bandwith* (G). Model terbaik adalah model dengan nilai AIC terkecil [17].

E. Multikolinieritas

Multikolinieritas adalah adanya hubungan antar variabel prediktor yang akan memengaruhi hasil pemodelan [18]. Pendeteksian adanya kasus multikolinieritas dapat menggunakan *Variance Inflation Factors* (VIF).

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2} \quad (13)$$

dengan R_k^2 adalah koefisien determinasi antara X_k dengan variabel prediktor lainnya. Nilai VIF_k yang lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor.

F. Ketahanan Pangan

Tabel 1.

Aspek Ketahanan Pangan	
Aspek	Indikator
Ketersediaan	Rasio konsumsi normatif per kapita terhadap ketersediaan bersih
Keterjangkauan	Persentase penduduk yang hidup di bawah garis kemiskinan
Keterjangkauan	Persentase rumah tangga dengan proporsi pengeluaran untuk pangan lebih dari 65% terhadap total pengeluaran
Pemanfaatan	Persentase rumah tangga tanpa akses listrik
	Persentase rumah tangga tanpa akses air bersih
	Angka harapan hidup pada saat lahir
Pemanfaatan	Rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk
	Persentase balita dengan tinggi badan di bawah standar/ <i>stunting</i>

Ketahanan pangan adalah suatu kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai perseorangan, yang tercermin dari ketersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun

mutunya, aman, beragam, bergizi, merata dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan [1].

Kabupaten/kota diklasifikasikan dalam 6 kelompok ketahanan pangan berdasarkan pada tingkat keparahan dan penyebab dari situasi ketahanan pangan dan gizi. Kabupaten/kota di Prioritas 1,2, dan 3 merupakan wilayah rentan pangan. Sedangkan kabupaten/kota di Prioritas 4,5 dan 6 merupakan wilayah tahan pangan. Namun kondisi persebaran prioritas ketahanan pangan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018 hanya tergolong dalam prioritas 4, prioritas 5 dan prioritas 6 [19].

Tabel 2.
Cut Off Point Ketahanan Pangan

Prioritas	Kategori	Nilai Ketahanan Pangan	
		Kabupaten	Kota
1	Rentan Pangan Tinggi	≤ 41.52	≤ 28.44
2	Rentan Pangan Sedang	> 41.52 – 51.42	> 28.84 – 41.44
3	Rentan Pangan Rendah	> 51.42 – 59.58	> 41.44 – 51.29
4	Tahan Pangan Rendah	> 59.58 – 67.75	> 51.29 – 61.13
5	Tahan Pangan Sedang	> 67.75 – 75.68	> 61.13 – 70.64
6	Tahan Pangan Tinggi	> 75.68	> 70.64

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Sumber data yang digunakan yaitu data sekunder mengenai ketahanan pangan di Jawa Timur pada tahun 2018. Sumber data berasal dari Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian Republik Indonesia [19]. Metode pengambilan data dilakukan melalui laporan data Peta Ketahanan Pangan dan Indeks Ketahanan Pangan oleh Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Unit penelitian yang digunakan sebanyak 38 kabupaten/kota di Jawa Timur.

B. Variabel Penelitian

Tabel 3.
Variabel Penelitian

Simbol	Keterangan	Skala/kategori
Y	Prioritas ketahanan pangan	1 = tahan pangan rendah 2 = tahan pangan sedang 3 = tahan pangan tinggi
X ₁	Persentase penduduk yang hidup di bawah garis kemiskinan	Rasio
X ₂	Persentase rumah tangga dengan proporsi pengeluaran untuk pangan lebih dari 65% terhadap total pengeluaran	Rasio
X ₃	Persentase rumah tangga tanpa akses listrik	Rasio
X ₄	Persentase rumah tangga tanpa akses air bersih	Rasio
X ₅	Angka harapan hidup pada saat lahir	Rasio
X ₆	Rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk	Rasio
X ₇	Persentase balita dengan tinggi badan di bawah standar/ <i>stunting</i>	Rasio
X ₈	Rasio konsumsi normatif per kapita terhadap ketersediaan bersih	Rasio
U _i	Garis bujur	Rasio
V _j	Garis lintang	Rasio

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan satu variabel respon, 9 variabel prediktor serta dua variabel tambahan sebagai letak geografis masing-masing kabupaten/kota. Secara ringkas definisi variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian dapat dijelaskan pada Tabel 3.

C. Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Melakukan deskripsi variabel secara keseluruhan untuk mengetahui kondisi data sebelum dilakukan pemodelan
- Memeriksa multikolinieritas antar variabel prediktor dengan nilai VIF
- Memodelkan dengan *Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)* dengan langkah berikut :
 - Menentukan u_i dan v_i berdasarkan garis Bujur Timur dan garis Lintang selatan untuk setiap kantor pemerintahan (kantor Bupati/Walikota) masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur
 - Menghitung jarak *euclidian* antara lokasi ke- i yang terletak pada kooordinat (u_i, v_i) terhadap lokasi ke- j yang terletak pada kooordinat (u_j, v_j)
 - Menentukan *bandwith* optimum menggunakan metode *cross validation (CV)*
 - Menghitung matriks pembobot $w_j(u_i, v_i)$ dengan memasukkan jarak *euclidian* dan nilai *bandwith* optimum dimana $j=1,2,...,38$ sehingga setiap lokai ke- i akan mempunyai pembobot sejumlah 38 buah
 - Mendapatkan penaksiran parameter model GWOLR
 - Melakukan pengujian parameter model GWOLR secara keseluruhan dan individu
 - Melakukan pemilihan model GWOLR terbaik
 - Melakukan pengujian parameter model GWOLR terbaik secara keseluruhan dan individu
- Melakukan pengelompokkan wilayah berdasarkan model GWOLR terbaik

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Variabel

1. Karakteristik Prioritas Ketahanan Pangan

Persebaran wilayah kabupaten/kota berdasarkan prioritas ketahanan pangan pada tahun 2018 dijelaskan sebagai berikut.



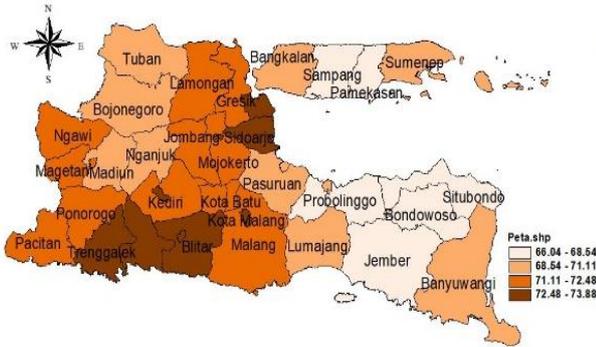
Gambar 1. Karakteristik Prioritas Ketahanan Pangan Tahun 2018.

Kabupaten/kota di Jawa Timur lebih banyak masuk Kabupaten/kota di Jawa Timur lebih banyak masuk dalam kelompok tahan pangan tinggi, yakni hampir seluruh wilayah barat mulai dari Ngawi, Tuban, dan Pacitan hingga ke wilayah tengah (Malang, dan Pasuruan) dan Bayuwangi di

sisi timur. Sedangkan sebagian wilayah di sisi barat merupakan kelompok tahan pangan sedang seperti Probolinggo, Lumajang, Jember, Bondowoso, dan Situbondo. Wilayah di Pulau Madura sebagian masuk dalam kelompok tahan pangan sedang (Sampang, dan Sumenep). Sedangkan wilayah lain yaitu Bangkalan dan Pamekasan merupakan kelompok tahan pangan rendah.

2. Karakteristik Angka Harapan Hidup

Persebaran wilayah kabupaten/kota berdasarkan angka harapan hidup dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2. Karakteristik Angka Harapan Hidup Saat Lahir Tahun 2018.

Kota Surabaya, Kota Blitar, Kabupaten Blitar, Tulungagung, dan Trenggalek merupakan wilayah yang memiliki angka harapan hidup tertinggi yaitu sekitar 72,48-73,88. Sedangkan wilayah dengan angka harapan hidup terendah adalah Kabupaten Sampang, Pamekasan, Probolinggo, Situbondo, Bondowoso, dan Jember. Sedangkan wilayah lainnya merupakan wilayah dengan angka harapan hidup cukup diantara 68,54-72,48. Secara keseluruhan 84% wilayah di Jawa Timur memiliki angka harapan hidup minimal sebesar 66,04.

3. Karakteristik Rasio Jumlah Penduduk Per Tenaga Kesehatan Terhadap Tingkat Kepadatan Penduduk

Persebaran wilayah kabupaten/kota berdasarkan rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3. Karakteristik Rasio Jumlah Penduduk PerTenaga Kesehatan Terhadap Tingkat Kepadatan Penduduk Tahun 2018.

Masih terdapat wilayah dengan tingkat rasio jumlah jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk. Wilayah tersebut adalah Tuban, Pacitan, Probolinggo, Banyuwangi, Sampang, dan Sumenep. Jumlah tenaga kesehatan di enam wilayah tersebut masih sangat tinggi dan tidak mampu menjangkau kepadatan penduduk wilayahnya. Kemudian berdampak pada rasio beban tenaga kesehatan wilayah yang semakin luas. Pada wilayah lain, rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat

kepadatan penduduk masuk dalam katagori sedang hingga rendah.

B. Multikolinieritas

Pengecekan multikolinieritas perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Jika terdapat hubungan linier sempurna diantara variabel bebas akan memberikan estimasi hasil yang tidak tepat. Maka dari itu pengecekan perlu dilakukan terlebih dahulu untuk memilih variabel bebas yang akan digunakan. Terdapat 8 variabel bebas yang akan dicek kondisi multikolinieritasnya.

Tabel 4.

Nilai VIF Variabel Bebas	
Variabel	VIF
X ₁	2,819
X ₂	2,493
X ₃	1,488
X ₄	1,774
X ₅	2,772
X ₆	3,050
X ₇	2,022
X ₈	1,334

Hasil nilai *variance inflation factors* masing-masing variabel menyatakan bahwa tidak terdapat variabel bebas yang memiliki nilai lebih dari 10. Maka semua variabel dapat digunakan dalam analisis selanjutnya.

C. Pengujian Kesamaan Model Regresi Logistik Ordinal dan GWOLR

Langkah awal yang dilakukan yaitu menguji kesamaan model regresi logistik ordinal dengan model GWOLR. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari faktor geografis. Hipotesisnya sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k ; i=1,2,\dots,n ; k = 1,2,\dots,8$$

(tidak ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

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

(ada perbedaan yang signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal)

Taraf signifikan: $\alpha = 10\%$

Statistik uji.

Tabel 5.

Uji Kesamaan Model Regresi Logistik Ordinal dan GWOLR						
Model	Devians	Df	Devians/df	F	Ftabel	Pvalue
OR	17,43	66	0,264	0,332	1,852	0,999
GWOLR	11,9	14,96	0,795			

Hasil uji kesamaan model regresi logistik ordinal dan GWOLR menghasilkan keputusan gagal tolak H_0 . Kesimpulannya adalah tidak ada perbedaan signifikan antara model GWOLR dan model regresi logistik ordinal. Namun pada analisis ini tetap dilakukan analisis dengan menggunakan GWOLR untuk mengetahui pengelompokkan berdasarkan hasil GWOLR.

D. Pemodelan GWOLR

Uji Pemodelan GWOLR dilakukan dengan mempertimbangkan letak geografis berdasarkan garis lintang dan garis bujur pusat pemerintahan masing-masing kabupaten/kota di Jawa Timur. Langkah selanjutnya yaitu dengan menghitung jarak *euclidian* antar lokasi ke-i terhadap lokasi ke-j. Kemudian yaitu menentukan *bandwith* optimum dengan menggunakan *Cross Validation* (CV) untuk

mendapatkan pembobot. Pembobot di lokasi (u_1, v_1) adalah $w(u_1, v_1)$, maka untuk mendapatkan pembobotnya dapat dilakukan dengan mensubsitusikan jarak *eucliden* dan *bandwith* optimum ke dalam fungsi pembobot. Pembobot yang didapatkan akan digunakan untuk menaksir parameter di lokasi (u_1, v_1) . Dengan cara yang sama dapat dilakukan perhitungan pembobot untuk mencari $w(u_2, v_2)$ sampai pada lokasi terakhir yaitu $w(u_{38}, v_{38})$. Berikut merupakan hasil perhitungan CV dengan berbagai fungsi pembobot.

Tabel 7.
Hasil *Bandwith* dan CV

Statistik	Pembobot	
	Gaussian	Exponential*
<i>Bandwith</i>	1,452	0,983
CV	17,575	17,50

Berdasarkan Tabel 6 nilai *bandwith* optimum diperoleh dengan menggunakan pembobot *exponential* dengan nilai CV terendah. Selanjutnya akan dilakukan pemodelan GWOLR dengan fungsi pembobot *exponential* untuk mendapatkan pembobot masing-masing wilayah. Dengan menggunakan iterasi Newton Raphson akan dihasilkan estimasi parameter GWOLR.

Tabel 8.
Statistik Parameter Model GWOLR

Parameter	Min	Max	Range	Mean	StDev
$\alpha_1(u_i, v_i)$	32,379	284,695	252,317	82,285	61,059
$\alpha_2(u_i, v_i)$	42,943	314,111	271,169	96,875	65,672
$\beta_1(u_i, v_i)$	0,159	0,622	0,462	0,330	0,104
$\beta_2(u_i, v_i)$	0,023	0,498	0,475	0,26	0,094
$\beta_3(u_i, v_i)$	-0,136	78,444	78,58	16,525	19,938
$\beta_4(u_i, v_i)$	0,067	0,952	0,885	0,261	0,236
$\beta_5(u_i, v_i)$	-5,155	-0,901	4,253	-1,696	1,055
$\beta_6(u_i, v_i)$	-64,274	-9,518	54,756	-19,524	14,582
$\beta_7(u_i, v_i)$	0,1032	0,686	0,583	0,222	0,127
$\beta_8(u_i, v_i)$	3,269	11,475	8,206	5,212	2,049

E. Pengujian Parameter GWOLR Serentak

Pengujian parameter secara serentak dilakukan untuk menguji signifikansi terhadap parameter GWOLR secara bersama-sama untuk mengetahui apakah terdapat efek global pada model GWOLR.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \dots = \beta_8(u_i, v_i) = 0, k = 1, \dots, 8$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Hasil statistik uji G^2 didapatkan sebesar 50,910 dengan menggunakan $\alpha = 10\%$ dengan $\chi^2_{(0.1;7)} = 12,017$ memberikan keputusan tolak H_0 . Maka dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap ketahanan pangan di Jawa Timur tahun 2018.

F. Pengujian Parameter GWOLR Secara Parsial

Pengujian parameter secara parsial digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ketahanan pangan suatu wilayah di Jawa Timur. Diambil satu contoh untuk mengetahui apakah parameter β_k berpengaruh signifikan di wilayah Kabupaten Mojokerto, maka menggunakan hipotesis berikut.

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

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

Tabel 6.

Pengujian Parameter GWOLR Parsial di Kabupaten Mojokerto				
Parameter	Estimator	SE	Zhitung	Ztabel
$\alpha_1(u_i, v_i)$	43,97	52,65	0,84	
$\alpha_2(u_i, v_i)$	54,97	54,14	1,01	
$\beta_1(u_i, v_i)$	0,29	0,32	0,90	
$\beta_2(u_i, v_i)$	0,25	0,18	1,38	
$\beta_3(u_i, v_i)$	3,50	16,76	0,21	
$\beta_4(u_i, v_i)$	0,14	0,13	1,07	1,64
$\beta_5(u_i, v_i)$	-1,03	0,77	-1,33	
$\beta_6(u_i, v_i)$	-11,98	6,98	-1,71*	
$\beta_7(u_i, v_i)$	0,13	0,16	0,82	
$\beta_8(u_i, v_i)$	4,2	2,53	1,65*	

Taraf signifikan $\alpha = 10\%$

Keputusan dengan menggunakan $\alpha = 10\%$ memberikan hasil bahwa terdapat 2 variabel prediktor yang signifikan di wilayah Kabupaten Mojokerto. Variabel tersebut adalah rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk (X_6), dan rasio konsumsi normatif per kapita terhadap ketersediaan bersih (X_8).

G. Pemilihan Model GWOLR Terbaik

Pemilihan model terbaik dimulai dari model lengkap 8 variabel bebas hingga hanya terdiri atas 1 variabel bebas. Banyak kombinasi model GWOLR yang dibentuk terdiri atas 50 model. Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC terkecil. Berikut rangkuman hasil kombinasi perbandingan model GWOLR.

Tabel 9.
Rangkuman Perbandingan Model GWOLR

No	Variabel X	AIC
1	1,2,3,4,5,6,7,8	36,15
2	1,2,4,5,6,7,8	33,82
3	1,2,3,4,6,8	39,91
4	4,5,6,7,8	29,88*
5	4,5,6,8	34,60
6	4,5,6	38,50
7	1,2	50,57
8	7	43,08

Berdasarkan Tabel 9 diketahui bahwa model GWOLR terbaik yaitu terdiri atas X_4, X_5, X_6, X_7 , dan X_8 . Kombinasi model terpilih karena memiliki nilai AIC paling kecil diantara kombinasi model yang lainnya. Selanjutnya dengan hasil model GWOLR terbaik akan diuji signifikansi parameter secara serentak.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \dots = \beta_7(u_i, v_i) = 0, k = 1, \dots, 5$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0$$

Hasil statistik uji G^2 didapatkan sebesar 52,96 dengan menggunakan $\alpha = 10\%$ dengan $\chi^2_{(0.1;4)} = 7,779$ memberikan keputusan tolak H_0 . Maka dapat disimpulkan bahwa pada model terbaik yang terpilih minimal terdapat satu variabel bebas yang berpengaruh signifikan terhadap ketahanan pangan di Jawa Timur.

Selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial untuk melihat efek dari masing-masing variabel bebas di masing-masing wilayah kabupaten/kota terhadap ketahanan pangan di Jawa Timur. Pengujian menggunakan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k(u_i, v_i) = 0; k = 4, 5, 6, 7, 8$$

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

Taraf signifikan $\alpha = 10\%$

Variabel prediktor yang signifikan yaitu variabel angka harapan hidup pada saat lahir (X_5), dan rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk (X_6). Kabupaten/kota yang hanya signifikan pada X_6 yaitu Kabupaten Kediri, Sidoarjo, Jombang, Lamongan, Gresik, Kota Kediri, dan Kota Blitar. Sedangkan kabupaten/kota yang signifikan terhadap X_5 dan X_6 Kabupaten Malang, Mojokerto, Kota Malang, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, dan Kota Batu.

Tabel 10.
Variabel Signifikan Pada Uji Parsial

Kabupaten/Kota	Variabel Signifikan	
	X_5	X_6
Kediri, Sidoarjo, Jombang, Lamongan, Gresik, Kota Kediri, Kota Blitar		v
Malang, Mojokerto, Kota Malang, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Batu	v	v

Model logit terbentuk pada masing-masing kabupaten/kota berbeda-beda berdasarkan hasil estimasi setiap wilayah. Misal diambil contoh 3 wilayah untuk menginterpretasi model sebagai berikut.

a. Kabupaten Jombang

Model logit ketahanan pangan di Kabupaten Jombang sebagai berikut.

$$g_1(x) = 90,76 + 0,21X_4 - 1,46X_5 - 11,71X_6 + 0,16X_7 + 1,89X_8$$

$$g_2(x) = 96,05 + 0,21X_4 - 1,46X_5 - 11,71X_6 + 0,16X_7 + 1,89X_8$$

Berdasarkan model logit, setiap penurunan rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk (X_6) sebesar 0,06, maka Kabupaten Jombang dua kali berisiko menjadi wilayah dengan tingkat ketahanan pangan rendah daripada tingkat ketahanan pangan sedang atau tinggi. Kabupaten Jombang memiliki peluang terbesar pada kategori ketiga yaitu $\hat{\pi}_3(x) = 0,701$ sehingga Kabupaten Jombang tergolong kategori tingkat ketahanan pangan tinggi.

b. Kabupaten Malang

Model logit ketahanan pangan di Kabupaten Malang sebagai berikut.

$$g_1(x) = 77,49 + 0,17X_4 - 1,26X_5 - 9,01X_6 + 0,15X_7 + 1,63X_8$$

$$g_2(x) = 83,02 + 0,17X_4 - 1,26X_5 - 9,01X_6 + 0,15X_7 + 1,63X_8$$

Berdasarkan model logit, setiap penurunan angka harapan hidup pada saat lahir (X_5) sebesar 0,9 tahun, maka Kabupaten Malang tiga kali berisiko menjadi wilayah dengan tingkat ketahanan pangan rendah daripada tingkat ketahanan pangan sedang atau tinggi. Selain itu setiap penurunan rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk (X_6) sebesar 0,06, maka Kabupaten Malang dua kali berisiko menjadi wilayah dengan tingkat ketahanan pangan rendah daripada tingkat ketahanan pangan sedang atau tinggi. Kabupaten Malang memiliki peluang terbesar pada kategori ketiga yaitu $\hat{\pi}_3(x) = 0,979$ sehingga Kabupaten Malang tergolong kategori tingkat ketahanan pangan tinggi.

c. Kota Pasuruan

Model logit ketahanan pangan di Kota Pasuruan sebagai berikut.

$$g_1(x) = 59,83 + 0,09X_4 - X_5 - 5,47X_6 + 0,18X_7 + 1,66X_8$$

$$g_2(x) = 65,10 + 0,09X_4 - X_5 - 5,47X_6 + 0,18X_7 + 1,66X_8$$

Berdasarkan model logit, setiap penurunan angka harapan hidup pada saat lahir (X_5) sebesar 0,9 tahun, maka Kota Pasuruan tiga kali berisiko menjadi wilayah dengan tingkat ketahanan pangan rendah daripada tingkat ketahanan pangan sedang atau tinggi. Selain itu setiap penurunan rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk (X_6) sebesar 0,06, maka Kota Pasuruan berisiko menjadi wilayah dengan tingkat ketahanan pangan rendah daripada tingkat ketahanan pangan sedang atau tinggi. Kota Pasuruan memiliki peluang terbesar pada kategori kedua yaitu $\hat{\pi}_2(x) = 0,819$ sehingga Kota Pasuruan tergolong kategori tingkat ketahanan pangan sedang.

H. Pemetaan Kabupaten/Kota di Jawa Timur Berdasarkan Model GWOLR Terbaik

Pemetaan kabupaten/kota berdasarkan prediksi katagori ketahanan pangan di Jawa Timur yang disajikan sebagai berikut.

Tabel 11.
Pemetaan Kabupaten/Kota Berdasarkan Prediksi

Kabupaten/Kota	Jumlah	Katagori Ketahanan Pangan
Bangkalan, Pamekasan	2	Rendah
Lumajang, Jember, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Sidoarjo, Mojokerto, Sampang, Sumenep, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Batu	15	Sedang
Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Kediri, Malang, Banyuwangi, Jombang, Nganjuk, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Gresik, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Madiun, dan Kota Surabaya.	21	Tinggi



Gambar 4. Pemetaan Ketahanan Pangan Berdasarkan Model GWOLR Terbaik.

Hasil pemetaan ketahanan pangan di Jawa Timur dengan menggunakan model GWOLR terbaik menghasilkan 36 kabupaten/kota memiliki tingkat ketahanan pangan sama dengan observasi. Sedangkan dua kabupaten/kota memiliki hasil berbeda dengan data observasi.

Tabel 12.
Perbedaan Hasil Observasi dan Prediksi

Kabupaten/Kota	Y_i (Observasi)	\hat{Y}_i (Model GWOLR Terbaik)
Kabupaten Pasuruan	3	2
Kabupaten Mojokerto	3	2

Berdasarkan pemetaan ketahanan pangan Jawa Timur pada Gambar 10 dapat dihitung ketepatan klasifikasi pemetaan dengan menghitung nilai ketepatan klasifikasinya.

$$APPER = 1 - \frac{0+0+0+0+0+2}{38} = 1 - 0,053 = 0,947$$

Ketepatan klasifikasi ketahanan pangan di Jawa Timur pada tahun 2018 berdasarkan model GWOLR terbaik adalah sebesar 94,7%. Persentase tersebut baik dalam tingkat ketepatan klasifikasi.

Tabel 13.
Ketepatan Klasifikasi

Observasi	Prediksi			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Rendah	2	0	0	2
Sedang	0	13	0	13
Tinggi	0	2	21	23
Total	2	15	21	38

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan

1. Model GWOLR terbaik terdiri atas 5 variabel yaitu persentase rumah tangga tanpa akses air bersih (X_4), angka harapan hidup pada saat lahir (X_5), rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk (X_6), persentase balita dengan tinggi badan di bawah standar/*stunting* (X_7) dan rasio konsumsi normatif per kapita terhadap ketersediaan bersih (X_8) dengan nilai AIC terendah. Variabel rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk signifikan terhadap tingkat ketahanan pangan pada wilayah Kediri, Sidoarjo, Jombang, Lamongan, Gresik, Kota Kediri, Kota Blitar. Sedangkan wilayah Malang, Mojokerto, Kota Malang, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Batu signifikan terhadap variabel angka harapan hidup pada saat lahir serta rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk.
2. Hasil pemetaan kabupaten/kota berdasarkan prediksi ketahanan pangan menunjukkan terdapat 36 kabupaten/kota yang memiliki katagori tingkat ketahanan pangan sama dengan data observasi. Sedangkan dua kabupaten/kota memiliki hasil yang berbeda dengan data observasi dengan persentase ketepatan klasifikasi sebesar 94,7%.

Saran berdasarkan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan pangan di Jawa Timur tahun 2018 kepada pemerintah agar memperhatikan tingkat kebutuhan pangan masyarakat agar dapat meningkatkan angka harapan hidup suatu wilayah. Selain itu persebaran jumlah tenaga kesehatan di seluruh wilayah juga dapat disama-ratakan, agar dapat terbantu dalam meningkatkan tingkat ketahanan pangan suatu wilayah. Saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat menambah beberapa faktor lain yang belum digunakan agar dapat mendeteksi serta melakukan cara

untuk menjaga hingga meningkatkan ketahanan pangan suatu wilayah di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BKPPI, "Indeks Ketahanan Pangan," Jakarta, 2018.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Produksi Padi Nasional 2018," Jakarta, 2019.
- [3] C. Brudson and et al, "Geographically Weighted Regression: a method for exploring spatial nonstationarity," *Geogr. Anal.*, vol. 28, pp. 281–298, 1996.
- [4] P. Atkinson, "Exploring the Relations Between Riverbank Erosion and Geomorphological Controls Using Geographically Weighted Logistic Regression," *Geogr. Anal.*, vol. 35, no. 1, pp. 58–82, 2003.
- [5] S. Widyandini, "Pemodelan Ketahanan Pangan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Konsumsi Energi Menggunakan Metode Probit Data Panel," ITS, 2016.
- [6] F. Masitoh and V. Ratnasari, "Pemodelan Status Ketahanan Pangan di Provinsi Jawa Timur dengan Pendekatan Metode Regresi Probit Biner," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 2, 2016.
- [7] D. Permatasari and V. Ratnasari, "Pemodelan Ketahanan Pangan di Indonesia dengan pendekatan Metode Regresi Probit Ordinal," *J. Sains dan Seni ITS*, 2016.
- [8] M. Purhadi, Rifada and S. Wulandari, "Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Model," *Int. J. Math. Comput.*, vol. 16, no. 3, 2011.
- [9] Y. Pradita and Safitri., "Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten/ Kota Di Jawa Timur Menggunakan Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression Model," *J. Gaussian*, vol. 4, no. 3, pp. 639–650, 2015.
- [10] Syilfi and V. Ratnasari, "Pemodelan Rata-Rata Umur Kawin Pertama (UKP) Wanita Di Propinsi Jawa Timur Tahun 2012 dengan Pendekatan Model Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)," in *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika "Peran Matematika dan Pendidikan Matematika dalam Menghadapi Isu-isu Global*, 2015, pp. 552–558.
- [11] U. Wardani, "Pemetaan Hasil Pemodelan Persentase Rata-Rata Usia Kawin Pertama Wanita Terhadap faktor-Faktor yang Mempengaruhi di Jawa Timur dengan Pendekatan Model Geographically Weighted Ordinal Logistic Regression (GWOLR)," Surabaya, 2018.
- [12] L. Azizah, "Pengujian Signifikansi Model Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Statistik Uji F dan Uji T," Malang, 2013.
- [13] R. Anggarini and Purhadi., "Faktor-faktor yang Berpengaruh Terhadap Prevalensi Balita Kurang Gizi di Provinsi Jawa Timur dengan Pendekatan Geographically Weighted Logistic Regression," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 159–164, 2012.
- [14] Y. Leung, "Statistical Tests for Spatial Nonstationarity Based on the Geographically Weighted Regression Model," *Environ. Plan. A*, vol. 32, pp. 9–32, 2000.
- [15] C. Chasco, "Modelling Spatial Variation Household Disposable Income With Geographically Weighted Regression," *Munich Pers. RePEc Arch.*, no. 1682, 2007.
- [16] Fotheringham, Brunsdon, and Charlton., *Geographically Weighted Regression: The Abalysis of Spatially Varying Relationship*. Chichester: Wiley and Sons, Ltd, 2002.
- [17] Purhadi and S. Wulandari, "Model Linear Respon Diskrit Pada Tingkat Kematian Bayi, Indeks Pembangunan Manusia, HIV/AIDS, Serta Morbiditas," Surabaya, 2010.
- [18] A. Widarjono, *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya Disertai Panduan Eviews*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN, 2013.
- [19] BKPPI, "Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan," Jakarta, 2018.