

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tuberkulosis (TB)

Tuberkulosis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium Tuberculosis* tipe *Humanus*. Kuman *Tuberculosis* diperkenalkan pertama kali oleh Robert Koch di Berlin, Jerman pada 24 Maret 1882. Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai jumlah kasus tuberkulosis terbesar diantara 8 negara yaitu India (27%), China (9%), Indonesia (8%), Philippina (6%), Pakistan (5%), Nigeria (4%), Bangladesh (4%) dan Afrika Selatan (3%) (Global Tuberculosis Report, 2018).

Tuberkulosis dibedakan menjadi dua klasifikasi, yaitu Tuberkulosis paru dan Tuberkulosis ekstra paru. Tuberkulosis paru penyakit yang menyerang jaringan paru, sedangkan tuberkulosis ekstra paru merupakan penyakit tuberkulosis yang menyerang organ tubuh lain selain paru, diantaranya organ selaput otak, selaput jantung (*pericardium*), kelenjar getah bening, tulang, limfa, persendian, kulit, usus, ginjal, saluran kencing, dan lain-lain. Tuberkulosis menjadi 10 penyebab kematian tertinggi di dunia, di mana 50% dari pasien penderita tuberkulosis akan meninggal setelah 5 tahun. (Departemen Kesehatan RI, 2009).

Menurut Departemen KESEHATAN RI (2009), tuberkulosis menjadi penyakit penyebab kematian pada peringkat 2 setelah jantung koroner, dimana 50% dari penderita tuberkulosis akan meninggal setelah 5 tahun. Lima negara dengan insiden kasus tertinggi yaitu India, China, Indonesia, Philipina, dan Pakistan. Sebagian besar estimasi insiden TB terjadi di Kawasan Asia Tenggara (45%) dimana Indonesia merupakan salah satu didalamnya.

Kuman ini terdapat dalam butir-butir percikan dahak yang disebut *droplet nuclei* dan melayang diudara untuk waktu yang lama sampai terhisap oleh orang atau mati dengan sendirinya kena sinar matahari (Misnadiarly, 2006). Penularan TB diketahui bersumber pada pemeriksaan pada dahaknya pasien dibawah mikroskop yang ditemukan adanya kuman *Tuberculosis* yang disebut dengan basil tahan adam (BTA). Pada hasil pemeriksaan dahak, makin tinggi derajat positif maka makin menular penderitaan tersebut.

Basil TB dapat hidup normal dalam jaringan untuk bertahun-tahun. Infeksi terjadi ketika seseorang membawa basil TB dalam tubuhnya, tetapi saat itu jumlah bakteri terbatas dan hidup secara normal. Keadaan infeksi ini dikontrol oleh sistem imun sehingga penyakit TB tidak terjadi. Keadaan TB terjadi bila salah satu organ atau lebih memperlihatkan tanda dan gejala yang merupakan penanda adanya multiplikasi basil TB dan penurunan sistem imun. Penyebaran TB terjadi melalui transmisi dari manusia ke manusia saat batuk (Erick, 2012).

2.2 Faktor Yang Diduga Mempengaruhi Penyakit TB

Faktor – faktor yang diduga mempengaruhi kasus tuberkulosis antara lain kepadatan penduduk, persentase rumah layak huni, persentase tempat pengelolaan pangan, persentase gerakan hidup sehat, dan penduduk miskin.

2.2.1 Kepadatan Penduduk.

Kepadatan penduduk adalah perbandingan jumlah penduduk dengan luas wilayahnya. Kepadatan penduduk menunjukkan jumlah rata-rata penduduk pada setiap km². Kepadatan penduduk dipengaruhi oleh fisiografis, keamanan, kebudayaan, biologis, dan psikologis. Macam-macam kepadatan penduduk antara lain :

- a. Kepadatan penduduk aritmatik, adalah perbandingan jumlah penduduk dengan luas seluruh wilayah dalam setiap km².

- b. Kepadatan penduduk fisiologis, adalah perbandingan antara jumlah penduduk dengan luas tanah yang dapat diolah.
- c. Kepadatan penduduk agraris, adalah perbandingan antara penduduk yang mempunyai aktivitas di sector pertanian dengan luas tanah (daerah) yang dapat diolah untuk pertanian.
- d. Kepadatan penduduk ekonomi, adalah perbandingan antara jumlah penduduk dengan luas wilayah tetapi menurut kapasitas produksinya.

Apabila kepadatan penduduk suatu wilayah tinggi, maka kemungkinan terjadinya penularan TB akan semakin besar, sehingga kepadatan penduduk menjadi faktor penyebab terjadinya tuberkulosis.

2.2.2 Persentase Rumah Layak Huni.

Mengacu pada Undang-undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Pemukiman, perumahan adalah kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana lingkungan. Rumah bukan hanya sebuah bangunan (struktural), melainkan juga tempat kediaman yang memenuhi syarat – syarat kehidupan yang layak dan sehat, dipandang dari berbagai segi kehidupan masyarakat. Rumah sehat merupakan salah satu sarana untuk mencapai derajat kesehatan yang optimal. Rumah layak huni mendukung terciptanya rumah yang sehat. Definisi rumah layak huni menurut Badan Pusat Statistik adalah rumah yang memenuhi persyaratan keselamatan, bangunan dan kecukupan minimum luas 29 bangunan serta kesehatan penghuninya. Penilaian rumah layak huni diperoleh melalui indikator komposit dari tujuh indikator terkait yaitu:

- a. Akses air layak
- b. Akses sanitasi layak

- c. Sufficient living area (luas lantai per kapita $> 7,2 \text{ m}^2$)
- d. Jenis lantai
- e. Jenis dinding
- f. Jenis atap
- g. Penerangan listrik.

Rumah layak huni adalah rumah yang maksimum hanya memiliki dua indikator pembentuk yang kurang baik dari tujuh indikator rumah layak huni. Rumah tidak layak huni merupakan rumah yang tidak memenuhi persyaratan keselamatan, bangunan, dan kecukupan minimum luas bangunan serta tidak memenuhi syarat bagi kesehatan penghuninya.

2.2.3 Tempat Pengelolaan Pangan (TPP)

TPP memiliki potensi yang cukup besar untuk menimbulkan gangguan kesehatan atau penyakit bahkan keracunan akibat dari makanan yang dihasilkannya. Tempat pengelolaan pangan (TPP) adalah usaha pengelolaan makanan yang meliputi jasa boga atau katering, rumah makan dan restoran, depot air minum, kantin, dan makanan jajanan yang memiliki potensi yang cukup besar untuk menimbulkan gangguan kesehatan terutama penyakit yang diakibatkan oleh pangan yang dihasilkan aman dan sehat untuk dikonsumsi, untuk itu perlu memperhatikan hygiene sanitasi dalam pengolahan pangan di TPP mulai dari pemilihan bahan baku, penyimpanan bahan pangan, pengolahan pangan, penyimpanan pangan matang, sampai dengan penyajian, selain itu juga harus memperhatikan 4 (empat) aspek hygiene sanitasi dalam bangunan, peralatan, penjamah pangan dan pangan yang dihasilkan.

2.2.4 Gerakan Hidup Sehat (GERMAS)

GERMAS merupakan sekumpulan perilaku yang dilakukan atas dasar kesadaran individu untuk mencegah permasalahan kesehatan. Permasalahan kesehatan berupa menurunnya kekebalan tubuh dan rentan terserang berbagai penyakit disebabkan oleh tidak dilakukan GERMAS. Kesadaran masyarakat untuk selalu menjaga kesehatan diri dan lingkungan sekitarnya masih rendah. Berdasarkan Riskesdas Tahun 2013 Persentase rumah tangga di Indonesia yang mempraktikkan hidup sehat baru mencapai 55%. Dalam rangka mendorong peningkatan penerapan perilaku hidup sehat oleh masyarakat, diperlukan dukungan regulasi melalui kebijakan yang mendukung GERMAS di daerah. Kebijakan GERMAS menjadi komponen penting suatu daerah sebagai indikator suatu keberhasilan daerah untuk menurunkan kejadian penyakit yang disebabkan oleh perilaku yang tidak sehat.

2.2.5 Penduduk Miskin.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), penduduk miskin adalah penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran perkapita perbulan dibawah garis kemiskinan, di mana kemiskinan dipandang sebagai ketidakmampuan dari sisi ekonomi untuk memenuhi kebutuhan dasar makanan dan bukan makanan yang diukur dari sisi pengeluaran. Ketidakmampuan dari sisi ekonomi berhubungan dengan kesehatan lingkungan hidup. Buruknya kesehatan lingkungan hidup akan berdampak negatif bagi kehidupan. Salah satu dampak negatifnya adalah mudah terserang berbagai penyakit.

2.3 Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah sebuah situasi yang menunjukkan adanya korelasi atau hubungan kuat antara dua variabel bebas atau lebih dalam sebuah model regresi berganda. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi di antara variabel bebas atau tidak terjadi multikoliner. Hocking (1996) mengungkapkan

bahwa ada tiga kriteria yang dapat digunakan untuk mendeteksi multikolinearitas. Salah satu dengan melihat nilai VIF (*Variance Inflation Factors*). Jika nilai VIF kurang dari atau sama dengan 10 ($VIF \leq 10$) menunjukkan tidak terjadi multikolinearitas antara variabel bebas. VIF dirumuskan:

$$VIF = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (2.1)$$

Dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi.

2.4 Model Regresi Poisson

Regresi poisson merupakan model regresi nonlinier dimana variabel respon (variabel Y) mengikuti distribusi poisson (Agresti dalam Qomariyah, 2013). Distribusi poisson merupakan distribusi yang paling sederhana untuk data perhitungan. Fungsi peluang dari distribusi poisson dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(y, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}; y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.2)$$

Dengan parameter $\mu > 0$. Model regresi poisson dapat dinyatakan dalam model.

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} \quad (2.3)$$

$$\mu_i = \exp(X^T \beta) \quad (2.4)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung peluang variabel acak Y, dimana mean dan variansi distribusi poisson adalah sama, yaitu $E[Y] = \mu_y = \text{var}[Y]$. Kondisi ini disebut juga dengan equidispersion. Karena nilai ekspektasi sama dengan variansi maka sebaran faktor akan berpengaruh terhadap lainnya, sehingga asumsi homogenitas tidak harus dipenuhi pada data poisson (Khosghoftar & Szabo, 2004). Untuk mengetahui apakah data yang

diamati berdistribusi poisson atau tidak, dapat dilakukan dengan uji Komolgorov-smirnov, dimana hipotesis pengujiannya sebagai berikut :

$$H_0 : F(y) = F^*(y) \text{ (Variabel random } y \text{ mengikuti distribusi poisson)}$$

$$H_1 : F(y) \neq F^*(y) \text{ (Variabel random } y \text{ tidak mengikuti distribusi poisson)}$$

Kriteria pengujian dalam uji *Kolmogorov-smirnov* adalah tolak H_0 jika nilai signifikansi $< \alpha$. Regresi poisson pilihan yang tepat, ketika variabel respon Y merupakan bilangan bulat yang nilainya kecil.

2.4.1 Penaksiran Parameter Model Regresi Poisson

Penaksir parameter (β) pada model regresi poisson dilakukan dengan menggunakan metode MLE (*Maximum Likelihood Estimation*). Yang harus dilakukan pertama adalah mencari persamaan *likelihood* dari fungsi peluang distribusi poisson, substitusi μ_i terhadap y_i , dengan mencari persamaan *likelihood* dalam bentuk ln.

$$\begin{aligned} \ln L(\beta) &= \ln \frac{\exp(-\sum_{i=1}^n \exp(x_i^T \beta)) (\exp(\sum_{i=1}^n y_i x_i^T \beta))}{\prod_{i=1}^n y_i!} \\ &= -\sum_{i=1}^n \exp(x_i^T \beta) + \sum_{i=1}^n y_i x_i^T \beta - \sum_{i=1}^n \ln(y_i!) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Kemudian diturunkan terhadap β^T yang merupakan bentuk vector, karena dalam hal ini memiliki beberapa parameter.

$$\frac{\partial \ln L(\beta)}{\partial \beta^T} = -\sum_{i=1}^n x_i \exp(x_i^T \beta) + \sum_{i=1}^n y_i x_i \quad (2.6)$$

Karena persamaan masih bersifat implisit, maka persamaan di atas disamakan dengan nol lalu diselesaikan dengan iterasi numerik (*Iteratively Reweighted Least Square*) yaitu iterasi Newton-Raphson.

2.4.2 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson

Pengujian signifikansi parameter model regresi poisson dilakukan untuk mengetahui apakah parameter model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon. Pengujian signifikansi parameter model regresi poisson ini terdiri dari uji serentak dan uji parsial.

2.4.2.1 Uji Serentak

Uji signifikansi secara serentak menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT), dimana hipotesis pengujiannya sebagai berikut :

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

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p$$

Dengan Statistik Uji:

$$\begin{aligned} D(\hat{\beta}) &= -2 \ln \Delta \\ &= -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) \\ &= 2 (\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega})) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Tolak H_0 jika nilai devians model regresi poisson atau $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(\alpha, df)}$ artinya ada salah satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap model regresi poisson. Δ merupakan rasio antara fungsi *likelihood* untuk himpunan parameter dibawah H_0 ($L(\hat{\omega})$) dengan fungsi *likelihood* himpunan parameter selain parameter di bawah H_0 ($L(\hat{\Omega})$).

2.4.2.2 Uji Parsial

Pengujian signifikansi parameter untuk uji parsial menggunakan hipotesis sebagai berikut :

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0$$

$$\text{Dengan statistik uji : } Z = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \quad (2.8)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hitung}| > Z_{(\frac{\alpha}{2})}$ artinya parameter ke- j signifikan terhadap model regresi poisson.

2.5 Overdispersi

Regresi poisson memiliki asumsi equidispersi, yaitu kondisi dimana nilai rata-rata dan ragam pada peubah Y bernilai sama. Penyimpangan asumsi yang sering terjadi pada regresi poisson yaitu overdispersi. Kondisi overdispersi yaitu nilai ragam lebih besar dari pada peubah Y . Salah satu akibatnya adalah simpangan baku dari penduga parameter menjadi berbias ke bawah dan signifikansi dari peubah penjelas menjadi berbias ke atas, sehingga menghasilkan kesimpulan yang tidak valid (Ismail dan Jemain, 2007). Taksiran dispersi diukur dengan *devians* atau *pearson's Chi Square* yang dibagi derajat bebas. Data overdispersi jika taksiran dispersi lebih besar dari 1 dan underdispersi jika taksiran dispersi kurang dari 1, atau dengan *overdispersion test* dengan melihat $p\text{-value} < \text{nilai } \alpha$ (Khoshgoftaar, 2004).

2.6 Heterogenitas Spatial

Adanya salah satu aspek spatial yaitu heterogenitas spasial adalah sebagai syarat bisa dilakukan pemodelan data dengan menggunakan pendekatan titik dengan GWPR. Untuk mendeteksi ada atau tidaknya heterogenitas spasial dalam model dilakukan uji *Breusch-pagan* dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \quad \text{Untuk } i \neq j, \text{ dengan } i, j = 1, 2, \dots, n.$$

$$\text{Statistik Uji :} \quad BP = \frac{1}{2} h^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T h$$

(2.9)

Dengan $h = \frac{\sigma_i^2}{\sigma^2} - 1$, Z adalah vektor variabel respon y yang berukuran $(n \times 1)$ dan telah dinormal standarkan. σ_i^2 adalah kuadrat galat untuk pengamatan ke- i dan σ^2

adalah ragam dari e_i . Jika tolak H_0 ($BP < \alpha$) maka aspek spatial terpenuhi dan dapat dilakukan analisis lebih lanjut.

2.7 Dependensi Spasial

Dependensi spasial adalah korelasi spasial antara variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan ruang atau dapat diartikan suatu ukuran kemiripan dari objek di dalam suatu ruang (jarak, waktu, dan wilayah) (Karim, 2012). Jika terdapat pola sistematis di dalam penyebaran sebuah variabel, maka terdapat autokorelasi spasial. Autokorelasi spasial menunjukkan bahwa nilai atribut pada daerah tertentu terikat dengan nilai atribut pada daerah lain yang letaknya berdekatan (bertetangga).

Pengukuran dependensi spasial dapat menggunakan global moran's (Karim, 2012). Koefisien Moran's I merupakan pengembangan dari korelasi pearson pada data *univariate series*. Koefisien Moran's I digunakan untuk uji dependensi spasial atau autokorelasi antar amatan atau lokasi. Perhitungan autokorelasi spasial menggunakan Indeks Moran dengan matriks pembobot W berdasarkan perkalian silang adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.10)$$

Keterangan:

x_i = data variable lokasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$)

x_j = data variable lokasi ke- j ($j = 1, 2, \dots, n$)

$\bar{x}$ = rata-rata data

w = matriks pembobot

Signifikansi Indeks Moran dapat ditaksir di bawah pendekatan normal. Uji signifikansi Indeks Moran dilakukan dengan pendekatan normal dengan ketentuan sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : I = 0$ (Tidak ada autokorelasi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (Ada autokorelasi spasial)

Tingkat Signifikansi:

Taraf kepercayaan yang digunakan adalah 95% atau α sebesar 0.05

Statistik Uji:

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (2.11)$$

Dengan nilai harapan:

$$E(I) = I_0 = -\frac{1}{n-1} \quad (2.12)$$

Ragam untuk pendekatan normal:

$$Var(I) = \frac{n^2 S_1 - n S_2 + 3 S_0^3}{(n^2 - 1) S_0^2} \quad (2.13)$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j}^n (w_{ji} + w_{ij})^2$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n w_{ij} + \sum_{j=1}^n w_{ji})^2$$

$$S_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

Keterangan:

x_i = data variable lokasi ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$)

x_j = data variabel lokasi ke- j ($j = 1, 2, \dots, n$)

$\bar{x}$ = rata-rata data

w = matriks pembobot

$Var(I)$ = Varians Moran'I

$E(I)$ = Nilai harapan Moran'I

Pengambilan keputusan H_0 ditolak atau ada autokorelasi antar lokasi jika

$|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ atau $p\text{-value} < \alpha/2$. Nilai dari indeks I adalah antara -1 dan 1. Apabila $I > I_0$, data memiliki autokorelasi positif. Jika $I < I_0$, data memiliki autokorelasi negatif.

2.8 Model GWPR

GWPR adalah suatu metode pengembangan dari regresi poisson yang membedakan adalah dalam pemodelan GWPR memperhatikan pembobot berupa letak lintang dan bujur dari titik-titik pengamatan yang diamati yang dinotasikan dengan (u_i, v_i) yang merupakan vector koordinat dua dimensi lokasi ke- i . model GWPR merupakan model regresi linier lokal yang menghasilkan penaksir parameter model yang bersifat lokal untuk setiap titik atau lokasi dimana data tersebut dikumpulkan (Nakaya et al, 2004). Model GWPR dapat ditulis sebagai berikut :

$$\mu_i = \exp(\beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij}) \quad (2.14)$$

Keterangan :

μ_i = nilai observasi variabel respon ke- i

x_{ij} = nilai observasi variabel prediktor j pada pengamatan ke- i

u_i = koordinat spasial latitude pengamatan ke- i

v_i = koordinat spasial longitude pengamatan ke- i

$\beta_0, \beta_1, \dots$, = koefisien regresi variabel X ke- j

2.8.1 Penaksiran Parameter Model GWPR

Penaksiran parameter pada model GWPR juga menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dengan memberikan pembobot pada fungsi *ln-likelihood*, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\ln L(\beta(u_i, v_i)) = \sum_{i=1}^n (-\exp(x_i^T \beta(u_i, v_i)) + y_i x_i^T \beta(u_i, v_i) - \ln(y_i) w_{ij}(u_i, v_i)) \quad (2.14)$$

Untuk memperoleh estimasi parameter yaitu dengan mendiferensiasikan persamaan (2.9) terhadap $\beta(u_i, v_i)$ dan hasilnya harus sama dengan nol.

$$\frac{\partial \ln L^*(\beta(u_i, v_i))}{\partial \beta^T(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n [y_i x_i - x_i \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i))] w(u_i, v_i)$$

$$\sum_{i=1}^n [y_i x_i - x_i \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i))] w(u_i, v_i) = 0 \quad (2.15)$$

Karena persamaan (2.10) masih berbentuk implisit, maka digunakan iterasi numerik dengan metode Newton-Raphson. Iterasi Newton-Raphson adalah:

$$\beta_{(m+1)}(u_i, v_i) = \beta_m(u_i, v_i) - H_m^{(-1)}(\beta_m(u_i, v_i)) g_m(\beta_m(u_i, v_i)) \quad (2.16)$$

Dimana

$$g_m(\beta_m(u_i, v_i)) = \frac{\partial \ln L^*(\beta_m(u_i, v_i))}{\partial \beta^2(u_i, v_i)}$$

$$= - \sum_{i=1}^n x_i w_{ij}(u_i, v_i) \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i)) + x_i w_{ij}(u_i, v_i) y_i \quad (2.17)$$

$$H_{(m)}(\beta_m(u_i, v_i)) = \frac{\partial^2 \ln L^*(\beta_m(u_i, v_i))}{\partial \beta(u_i, v_i) \partial \beta^T(u_i, v_i)} = - \sum_{i=1}^n x_i w_{ij}(u_i, v_i) \exp(x_i^T \beta(u_i, v_i)) \quad (2.18)$$

Iterasi akan berhenti jika sudah didapatkan keadaan konvergen dimana $\|\hat{\beta}^{(m+1)}(u_i, v_i) - \hat{\beta}^{(m)}(u_i, v_i)\| \leq \varepsilon$, nilai ε adalah 10^{-5} (Aulele, 2010).

2.8.2 Pengujian Parameter Model GWPR

Pada model GWPR dilakukan pengujian kesamaan antara model GWPR dengan model regresi poisson, uji serentak, dan uji parsial. Hipotesis dapat dilihat sebagai berikut:

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

$$H_1 : (\beta_j(u_i, v_i)) \neq \beta_j ; i=1, 2, \dots, n ; j = 0, 1, 2, \dots, p$$

$$\text{Statistik uji : } F_{hitung} = \frac{\text{Devians Model A} / df A}{\text{Devians Model B} / df B} \quad (2.19)$$

Keterangan :

dfA = derajat bebas untuk model regresi poisson

dfB = derajat bebas model GWPR

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(\alpha; df_A; df_B)}$ artinya ada perbedaan yang signifikan antara model regresi poisson dengan model GWPR. Selanjutnya uji serentak dilakukan sama seperti pada regresi poisson. Kemudian dilanjutkan pengujian parameter secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang signifikan mempengaruhi variabel respon. Hipotesis untuk pengujian untuk parameter secara parsial:

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

$$H_1 : (\beta_j(u_i, v_i)) \neq \beta_j ; i=1, 2, \dots, n ; j = 0, 1, 2, \dots, p$$

Statistik uji :

$$t = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))}$$

(2.20)

Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > t_{(n-k, \frac{\alpha}{2})}$ artinya parameter ke- j pada lokasi ke- i ((u_i, v_i)) berpengaruh signifikan terhadap model.

2.9 Penentuan Bandwidth dan Pembobotan

Bandwidth merupakan radius suatu lingkaran titik lokasi yang berada dalam radius lingkaran dianggap masih berpengaruh membentuk parameter model lokasi i . Bandwidth mengontrol nilai dimana pembobot suatu data berbeda dikarenakan jarak lokasi dimana data tersebut diamati. Ketika bandwidth terlalu besar, pembobot akan menjadi sangat kecil, dan ketika bandwidth kecil, pembobot akan menjadi sangat besar. Pemilihan bandwidth optimum menjadi sangat penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data, yaitu mengatur varians dan bias dari model. Salah satu model yang digunakan untuk menentukan bandwidth optimum dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV). Menurut Fotheringham, *et al* (2002) formula CV adalah sebagai berikut:

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq 1}(h))^2 \quad (2.21)$$

Dimana $\hat{y}_{\neq i}(h)$ merupakan nilai penaksir (*fitted value*) untuk y_i dengan radius h , tetapi pengamatan di titik i dikeluarkan dari proses penaksiran. Bandwidth yang optimum diperoleh dari hasil nilai CV yang paling kecil.

Pada regresi global tanpa pembobotan geografis, masing-masing observasi memiliki nilai pembobotan sebesar 1, $w_{ij} = 1; j = 1, 2, \dots, n$ dengan j menunjukkan titik pada daerah dimana data diobservasi dan i menunjukkan sebuah titik pada ruang untuk penaksiran parameter. Pembobotan bervariasi sesuai lokasi pada titik regresi ke- i , dimana $0 \leq w_{ij} \leq 1$ dan w_{ij} semakin kecil ketika jarak bertambah. Dengan kata lain observasi yang dekat dengan titik regresi akan memberikan bobot yang besar dibandingkan observasi yang jauh dari titik regresi.

Setelah ditentukan nilai bandwidth yang optimum, selanjutnya adalah mencari nilai fungsi *Adaptive Gaussian* dengan rumus sebagai berikut:

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h^2}\right)^2\right), j=1, 2, \dots, n \quad (2.22)$$

Nilai pembobot spasial yang diberikan sangat bergantung pada bandwidth, sehingga pemilihan bandwidth sangat penting. Nilai bandwidth yang sangat besar menyebabkan nilai bobot setiap pengamatan mendekati satu sehingga menghasilkan model global. Sebaliknya, nilai bandwidth yang sangat kecil maka akan menghasilkan nilai bobot mendekati nol, sehingga penaksiran parameter tergantung pada pengamatan yang berdekatan dan menghasilkan model yang bias.

2.10 Akaike Information Criterion (AIC)

Indikator pemilihan model terbaik dari beberapa model yang umum digunakan pada pemodelan spasial adalah nilai *Akaike Information Criterion* (AIC). Perhitungan AIC dapat dilakukan dengan rumus :

$$AIC = D(h) + 2K(h) \quad (2.23)$$

D adalah nilai devians model dengan bandwidth (h) dan K adalah jumlah parameter dalam model dengan *bandwidth* (h). Untuk kriteria pemilihan model terbaik adalah model dengan AIC terkecil.

