

Identifikasi Prediktor Jumlah Kasus Baru Tuberkulosis di Jawa Barat: Perbandingan Regresi Poisson, Binomial Negatif, dan Poisson terbobot Geografis

Athayya Putri Khalishah¹, Najma Maulidya Advani², Fathur Rahman Syahputra³,
Indira Ihnu Brilliant⁴, Ezra Putranda Setiawan^{5*}

¹²³⁴⁵Program Studi S1 Statistika, Universitas Negeri Yogyakarta, 55281, Indonesia

* Corresponding author, email: ezra.ps@uny.ac.id

Abstract

Tuberculosis (TB) is still a serious problem for the world, including Indonesia as the third largest contributor of TB cases in the world. This study aims to analyze the factors that affect the number of new TB cases in West Java Province as the province with the most TB cases in Indonesia in 2022. The response variable used is the number of new TB cases in West Java Province in 2022, while the predictor variables used are population density, number of AIDS cases, poverty, and sanitation. Since the dependent variable comes from counting procedure, we conducted the analysis through three models, namely Poisson regression, negative binomial regression, and Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR). We find that in the negative binomial method there was only one insignificant predictor variable, namely population density. Based on influential predictor variables, GWPR models in districts / cities in West Java can be separated into four groups. The best model to analyze the factors affecting new TB cases is the negative binomial regression model with an AIC of 487.76.

Keywords: TBC, GWPR, Incidence, Negative Binomial Regression, West Java.

Abstrak

Tuberkulosis (TBC) masih merupakan masalah yang serius untuk dunia tak terkecuali Indonesia sebagai negara penyumbang kasus TBC terbanyak ketiga di dunia. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus baru TBC di Provinsi Jawa Barat sebagai provinsi dengan kasus TBC terbanyak di Indonesia pada tahun 2022. Variabel respons yang digunakan adalah jumlah kasus baru TBC di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2022, sedangkan variabel prediktor yang digunakan adalah kepadatan penduduk, jumlah kasus AIDS, kemiskinan, dan sanitasi. Mengingat variabel respon bertipe cacahan (*counting*), analisis dilakukan dengan tiga model yakni regresi Poisson, regresi Binomial Negatif, dan Regresi Poisson terbobot Geografis (GWPR). Hasil analisis menunjukkan bahwa pada model binomial negatif hanya terdapat satu variabel prediktor yang tidak signifikan yaitu kepadatan penduduk. Berdasarkan peubah prediktor yang berpengaruh signifikan, model GWPR di kabupaten/kota di Jawa Barat dikelompokkan menjadi empat kelompok. Adapun model terbaik untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kasus baru TBC adalah model regresi binomial negatif dengan AIC sebesar 487,76.

Kata Kunci: TBC, GWPR, insidensi, regresi binomial negatif, Jawa Barat

1. Pendahuluan

Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Infeksi dapat terjadi pada seseorang yang rentan dan menghirup percikan droplet yang mengandung bakteri *Mycobacterium tuberculosis* melalui mulut atau hidung, saluran pernafasan atas, bronchus hingga mencapai alveoli [1]. Pada tahun 2020, 1,5 juta orang meninggal akibat TBC. Pada tahun 2022, penyakit TBC menjadi penyebab kematian terbesar kedua setelah COVID-19 pada kelompok penyakit menular serta penyakit penyebab kematian ke-13 di dunia [2].

Menurut data dari *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2021, Indonesia menjadi negara dengan jumlah kejadian TBC terbanyak ketiga setelah India dan China. Selain itu, pada tahun 2013 – 2019 bersama India, Indonesia menjadi kontributor utama dalam peningkatan global kasus baru TBC [2]. Di Indonesia, Jawa Barat menjadi provinsi dengan jumlah kasus TBC tertinggi [3]. Pada tahun 2021, Jawa Barat bersama dua provinsi terbanyak kedua dan ketiga yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur memberikan 44% dari jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia [3].

Penurunan penyakit TBC menjadi salah satu dari lima program perhatian dalam program nasional untuk mencapai Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) bidang Kesehatan [4]. Penyebaran penyakit TBC dapat dihentikan dengan tindakan preventif maupun pengobatan. Salah satu cara preventif yang dapat dilakukan adalah mendapatkan informasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kasus baru TBC [5-7] maupun terhadap keberhasilan perawatan dan kesembuhan pasien TBC [8,9]. Informasi tersebut dapat membantu pemerintah dalam membuat berbagai kebijakan guna menanggulangi bertambahnya kasus TBC di Indonesia [10]. Selain itu, data pertambahan kasus TBC baru lebih bermakna dibandingkan jumlah kasus secara keseluruhan, mengingat pasien TBC umumnya memerlukan waktu berbulan-bulan hingga dinyatakan sembuh.

Penelitian untuk menganalisis faktor-faktor demografis yang mempengaruhi jumlah kasus tuberkulosis di Indonesia dilakukan dengan metode *geographically weighted poisson regression* (GWPR) [11]. Variabel respon yang digunakan adalah data jumlah kasus tuberkolosis di 34 provinsi di Indonesia pada tahun 2018, sedangkan variabel prediktor yang digunakan adalah jumlah penduduk miskin, presentase rumah tidak layak huni, presentase tempat pengelola makanan yang tidak memenuhi syarat kesehatan, dan presentase kabupaten/kota yang tidak memiliki kebijakan pola hidup bersih dan sehat (PHBS).

Selain di level nasional, penelitian terkait prediktor kasus baru TBC juga dilakukan di level provinsi bahkan level kabupaten/kota. Pemodelan kasus tuberkolosis di Nusa Tenggara Barat (NTB) tahun 2021 dilakukan dengan metode regresi binomial negatif guna menangani *overdispersi* dalam regresi Poisson [12]. Hasil analisis menunjukkan bahwa kepadatan penduduk, jumlah puskesmas, jumlah tenaga keperawatan, dan

presentase rumah tangga yang memiliki sanitasi layak merupakan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TBC. Di Purbalingga, model regresi binomial negatif hanya menemukan satu prediktor signifikan terhadap jumlah TBC yakni jumlah puskesmas [13]. Di Jawa Timur, penelitian dengan regresi Binomial Negatif menunjukkan bahwa jumlah penduduk dan persentase unit pelayanan Kesehatan penyedia DOTS merupakan prediktor signifikan jumlah kasus baru TBC [14]. Adapun di Jawa Barat, model regresi binomial negatif terbobot geografis menghasilkan informasi bahwa salah satu prediktor jumlah kasus TBC yang signifikan adalah persentase rumah tangga yang menerapkan PHBS [15]. Di level kota/kabupaten, analisis regresi binomial negatif terbobot geografis di Surabaya menunjukkan bahwa kepadatan penduduk, persentase penderita HIV, serta persentase rumah tangga yang memiliki perilaku hidup bersih sehat (PHBS) [16]. Hal ini menunjukkan adanya keberagaman prediktor kasus TBC di berbagai daerah di Indonesia.

Walaupun pada tahun 2015 telah dilakukan riset mengenai prediktor TBC di Jawa Barat [15], provinsi ini masih saja memiliki jumlah kasus TBC yang relatif tinggi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan terkait faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kasus baru TBC di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2022. Pada penelitian ini, beberapa metode akan dipergunakan dan dibandingkan satu sama lain. Metode yang digunakan adalah GWPR dan regresi binomial negatif. Data variabel respon yang digunakan adalah jumlah kasus baru TBC di kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat. Variabel prediktor yang digunakan adalah kepadatan penduduk, jumlah kasus AIDS, kemiskinan, dan sanitasi.

2. Material dan Metode

2.1. Bahan dan Data

Data penelitian ini terdiri dari variabel prediktor, variabel respon, dan koordinat lokasi pengamatan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari buku publikasi Provinsi Jawa Barat dalam Angka 2023 [17] dan situs Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. Data yang digunakan mencakup data mengenai penderita tuberculosis di provinsi Jawa Barat dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi Angka Penemuan TBC (Y), meliputi Kepadatan 1000 Penduduk per Km^2 (X_1), Jumlah Kasus Baru AIDS (X_2), Persentase Penduduk Miskin (X_3), dan Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Akses Terhadap Sanitasi Layak (X_4) kota dan kabupaten di provinsi Jawa Barat tahun 2022. Data koordinat lokasi pengamatan, yaitu pasangan letak astronomis (lintang/*latitude* dan bujur/*longitude*) dari 27 kabupaten dan kota di Jawa Barat.

2.2. Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode yakni analisis regresi binomial negatif dan analisis regresi spasial Poisson terboboti geografis (*geographically weighted Poisson regression*, GWPR).

2.2.1 Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan model regresi nonlinear yang sering digunakan untuk mengatasi data *count* dengan variabel prediktor (Y) mengikuti distribusi Poisson [18]. Bentuk persamaan model regresi Poisson adalah sebagai berikut:

$$\mu_i = \exp(\boldsymbol{\beta}^T \mathbf{x}_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

dengan $\boldsymbol{\beta}^T = [\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p]$ dan $\mathbf{x}_i = [1, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}]^T$. Salah satu metode penaksiran parameter regresi Poisson adalah *maximum likelihood estimation* (MLE) [19]. Untuk menguji kelayakan model regresi Poisson, dapat dilakukan uji *maximum likelihood ratio test* (MLRT) [20] sebagai berikut:

Hipotesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_5 = 0$$

$$H_1: \text{paling sedikit ada satu } \beta_k \neq 0; \quad k = 1, 2, \dots, 5$$

Statistik Uji:

$$D(\hat{\boldsymbol{\beta}}) = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega})) \quad (5)$$

dengan kriteria pengujianya adalah tolak H_0 apabila $D(\hat{\boldsymbol{\beta}}) > \chi^2_{(\alpha; n-k-1)}$

Pada persamaan (5), $D(\hat{\boldsymbol{\beta}})$ merupakan devians model regresi Poisson. Nilai $D(\hat{\boldsymbol{\beta}})$ yang semakin kecil menyebabkan semakin kecil pula tingkat kesalahan yang dihasilkan model, sehingga model menjadi semakin tepat. Selanjutnya, untuk pengujian terhadap parameter model regresi Poisson secara individu dilakukan sebagai berikut [18].

Hipotesis:

$$H_0: \beta_k = 0 \quad (\text{pengaruh variable k tidak signifikan})$$

$$H_1: \beta_k \neq 0; \quad k = 1, 2, \dots, 5 \quad (\text{pengaruh variable k signifikan})$$

Statistik Uji Wald:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{\sqrt{\text{Var}(\hat{\beta}_k)}} \sim N(0,1) \quad (6)$$

dengan kriteria pengujianya adalah tolak H_0 apabila $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$

Dalam regresi Poisson, perlu dilakukan uji asumsi equidispersi untuk mengetahui ada tidaknya overdispersi pada model [18].

Hipotesis:

H_0 : tidak terjadi overdispersi pada regresi Poisson

H_1 : terjadi overdispersi pada regresi Poisson

Statistik Uji:

$$\hat{\phi} = \frac{X^2}{n - p - 1} \quad (7)$$

dengan kriteria pengujiannya adalah tolak H_0 apabila $\hat{\phi} > 1$

2.2.2 Regresi Binomial Negatif

Model regresi binomial negatif merupakan model yang berasal dari distribusi poisson-gamma *mixture* yang merupakan penerapan dari *general linear model* (GLM) yang menggambarkan hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen. Regresi binomial negatif biasanya digunakan untuk memodelkan data dengan variabel respon berupa data *count*, khususnya bila terjadi overdispersi. Model regresi binomial negatif dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\ln(\hat{\mu}_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (8)$$

dengan μ_i adalah nilai ekspektasi dari y_i yang berdistribusi binomial negatif, β_0 adalah nilai konstanta, X_{i1} adalah nilai variabel independen ke- i , dan β_k adalah nilai koefisien variabel independen ke- k .

Uji kesesuaian model regresi binomial negatif digunakan uji devians, yang didefinisikan sebagai berikut:

Hipotesis:

H_0 : model regresi binomial negatif tidak dapat digunakan sebagai model

H_1 : model regresi binomial negatif dapat digunakan sebagai model

Statistik Uji:

$$D = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ y_i \ln \left(\frac{y_i}{\mu_i} \right) - \left(\frac{1}{k} + y_i \right) \ln \left(\frac{1 + ky_i}{1 + k\mu_i} \right) \right\} \quad (9)$$

dengan kriteria pengujiannya adalah tolak H_0 apabila $D > X_{\alpha,p}^2$

Pengujian parameter dilakukan untuk melihat pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Dilakukan uji signifikansi individu model regresi binomial negatif sebagai berikut:

Hipotesis:

$$H_0: \beta_i = 0 \text{ (koefisien regresi tidak signifikan)}$$

$$H_0: \beta_i \neq 0 \text{ (koefisien regresi signifikan)}$$

Statistik Uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (10)$$

dengan kriteria pengujianya adalah tolak H_0 apabila $|Z_{hit}| \geq Z_{\alpha/2}$

2.2.3 Regresi Poisson Terbobot Geografis

Model Regresi Poisson terbobot geografis atau *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) adalah salah satu metode statistika yang dikembangkan dari regresi poisson dengan penaksir parameter model bersifat local untuk setiap titik atau lokasi. Model GWPR dikembangkan dari metode *geographically weighted regression* (GWR) yaitu suatu teknik yang membawa kerangka dari model regresi sederhana menjadi model regresi yang terboboti [21]. Dalam model GWPR, variabel independen (Y) diprediksi dengan variabel prediktor (X) yang koefisien regresinya dipengaruhi oleh letak geografis baik lintang maupun bujur dan disimbolkan dengan (u_i, v_i) bergantung pada lokasi dimana data tersebut diamati. Model GWPR pada lokasi i ke- i dengan koordinat (u_i, v_i) adalah

$$\mu(u_i, v_i) = \exp(\beta^T(u_i, v_i)\mathbf{x}_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Pengujian parameter yang pertama adalah menguji kesamaan antara model GWPR dan model regresi poisson global dengan hipotesis:

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

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

dengan n adalah jumlah wilayah dan p adalah jumlah variabel predictor.

Statistik uji:

$$F = \frac{\frac{D(\hat{\beta})}{v_1}}{\frac{D(\hat{\beta}^*)}{v_2}} \quad (17)$$

Adapun kriteria pengujian yang digunakan adalah tolak H_0 jika nilai $F_{hit} > F_{(\alpha, p, np)}$, yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi Poisson

san model GWPR.

Pengujian parameter model GWPR dilakukan secara simultan dan secara parsial. Hipotesis pengujian simultan adalah sebagai berikut

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

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

Statistik uji:

$$D(\hat{\beta}) = 2(\ln L(\hat{\Omega})) - \ln L(\hat{\omega}) \quad (18)$$

Tolak H_0 jika nilai $D(\hat{\beta}) > X_{\alpha, k}^2$, yang artinya minimal terdapat satu parameter GWPR berpengaruh signifikan terhadap model.

Selanjutnya pengujian parameter secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon pada tiap-tiap lokasi dengan hipotesis:

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

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

Statistik uji:

$$z = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))} \quad (19)$$

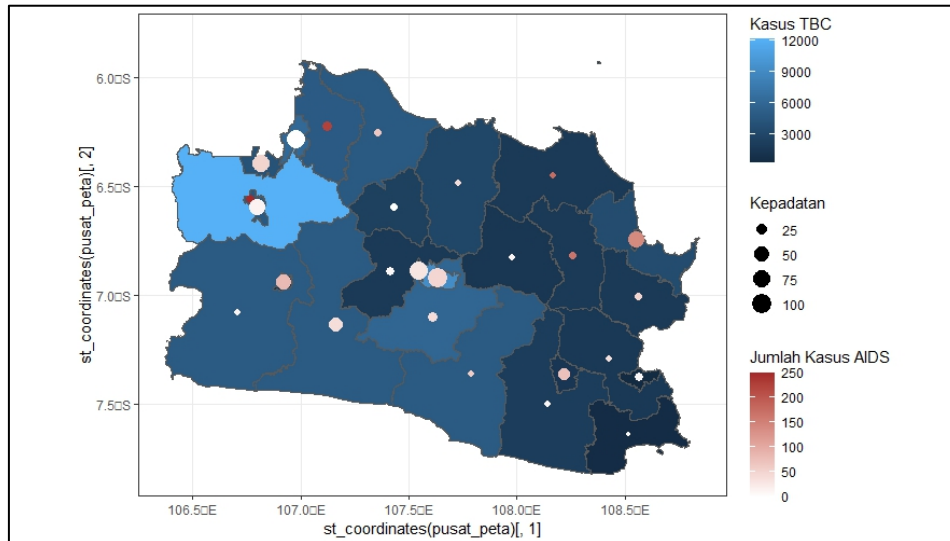
Tolak H_0 jika nilai $|z_{hitung}| > z_{\frac{\alpha}{2}}$.

3. Hasil dan Diskusi

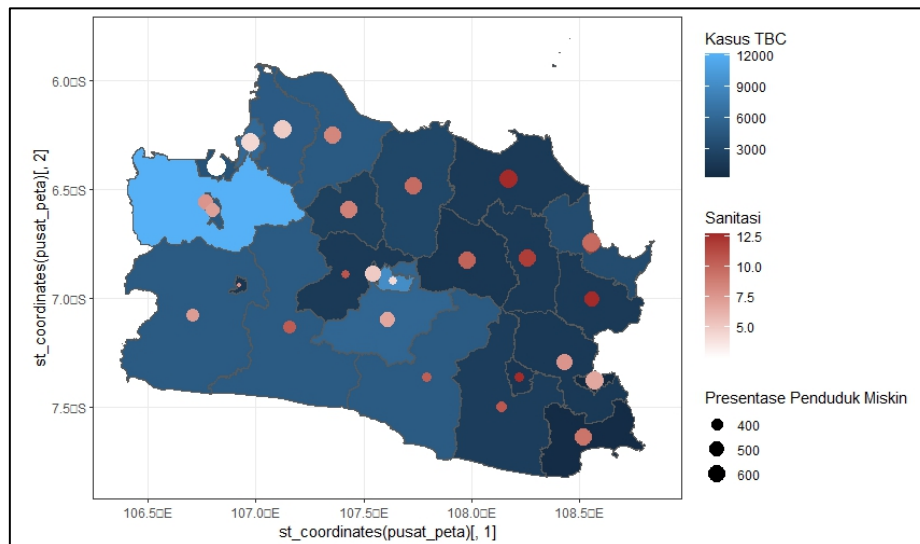
3.1. Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari buku *Jawa Barat dalam Angka* tahun 2022 (BPS, 2023). Kasus baru TBC dinyatakan dalam jiwa. Rata-rata kasus baru TBC di provinsi Jawa Barat adalah 3.503 jiwa. Pada Gambar 1, terlihat bahwa jumlah kasus baru TBC tertinggi dijumpai di Kabupaten Bogor, sedangkan kasus terendah dijumpai di Kota Banjar.

Pada gambar 1 terlihat bahwa kecerahan warna peta cenderung diikuti dengan lingkaran yang besar. Namun, di beberapa kabupaten/kota seperti Kota Cimahi dan Kota Bogor, kepadatan penduduknya cenderung lebih tinggi dibanding kabupaten/kota lainnya tetapi kasus TBC yang ada pada kabupaten/kota ini justru lebih rendah.



Gambar 1. Visualisasi Peta Jawa Barat Berdasarkan Jumlah Kasus TBC, Kepadatan Penduduk, dan Jumlah Kasus AIDS



Gambar 2. Visualisasi Peta Jawa Barat Berdasarkan Jumlah Kasus TBC, Presentase Penduduk Miskin dan Sanitasi

Pada gambar 2, terlihat bahwa semakin pekat warna peta, maka warna lingkaran juga akan semakin pekat. Hal tersebut mengindikasikan bahwa di seluruh kabupaten/kota di Jawa Barat, kabupaten/kota yang memiliki kasus TBC rendah cenderung memiliki sanitasi yang baik.

Dalam pemeriksaan asumsi multikolinearitas dengan kriteria nilai VIF, diperoleh hasil pada Tabel 2. Terlihat bahwa tidak ditemukan adanya multikolinearitas antara kelima predictor, yang ditandai dengan nilai VIF kurang dari 10.

Tabel 2. Hasil Uji Multikolinearitas

| Variabel | Kepadatan | AIDS | Kemiskinan | Sanitasi |
|----------|-----------|-------|------------|----------|
| VIF | 1,610 | 1,119 | 1,857 | 1,208 |

3.2. Model Regresi Poisson

Analisis regresi Poisson dilakukan untuk memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap jumlah kasus baru Tuberkulosis (TBC) di Provinsi Jawa Barat. Dalam model regresi Poisson ini, beberapa variabel prediktor digunakan untuk mengestimasi parameter. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Regresi Poisson

| Variabel | Estimate | Standard Error | <i>p-value</i> |
|------------------------|----------|----------------|----------------|
| <i>Fixed effects</i> | | | |
| Intercept | 10,23 | 0,02767 | 0,000 |
| Kepadatan | -0,0013 | 0,0009 | 0,843 |
| Kasus Baru AIDS | 0,0043 | 0,0004 | 0,000 |
| Kemiskinan | -0,0142 | 0,0002 | 0,000 |
| Sanitas | -0,0166 | 0,0002 | 0,000 |

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara beberapa variabel dengan jumlah kasus baru TBC di Jawa Barat. Estimasi *intercept* sebesar 10,23 menandakan adanya kasus baru TBC yang secara inheren ada di wilayah Jawa Barat. Namun, variabel kepadatan penduduk tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kasus baru TBC di wilayah tersebut.

Dalam hal faktor-faktor yang berhubungan dengan penyakit TBC, ditemukan bahwa tingkat kejadian AIDS memiliki pengaruh positif yang signifikan, dengan estimasi parameter sebesar adalah 0,0043, menunjukkan bahwa peningkatan tingkat kejadian AIDS akan berkontribusi pada peningkatan jumlah kasus baru TBC di wilayah Jawa Barat. Selain itu, variabel kemiskinan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kasus baru TBC. Estimasi parameter kemiskinan adalah -0,0142, menunjukkan bahwa penurunan tingkat kemiskinan akan berkontribusi pada penurunan jumlah kasus baru TBC di wilayah tersebut. Selanjutnya, variabel sanitasi juga terbukti memiliki pengaruh negatif yang signifikan terhadap jumlah kasus baru TBC. Estimasi parameter sanitasi adalah -0,0166, menandakan bahwa peningkatan fasilitas sanitasi akan berkontribusi pada penurunan jumlah kasus baru TBC di wilayah Jawa Barat. Sehingga, model regresi poisson yang terbentuk adalah

Selanjutnya, dilakukan uji asumsi equidispersi untuk mengetahui ada atau tidaknya overdispersi pada model regresi poisson. Dalam penelitian ini, nilai $\hat{\phi}$ yang dihitung dari model regresi Poisson adalah 47,7. Dengan nilai $\hat{\phi} > 1$, maka H_0 ditolak

dan dapat disimpulkan bahwa terjadi overdispersi pada regresi Poisson, sehingga dapat dilanjutkan dengan Model Regresi Binomial Negatif.

3.3. Model Regresi Binomial Negatif

Hasil estimasi parameter model regresi binomial negatif ditunjukkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Analisis Regresi Binomial Negatif

| Variabel | Estimate | Standard Error | <i>p-value</i> |
|----------------------|----------|----------------|----------------|
| <i>Fixed effects</i> | | | |
| Intercept | 10,1906 | 0,9556 | 0,00 |
| Kepadatan | 0,0065 | 0,0330 | 0,8434 |
| AIDS | 0,0044 | 0,0017 | 0,0108 |
| Kemiskinan | -0,0143 | 0,0055 | 0,0098 |
| Sanitas | -0,0166 | 0,0084 | 0,0486 |

Hasil estimasi parameter model regresi binomial negatif pada penelitian ini adalah sebagai berikut. Intercept sebesar 10,1906 menandakan adanya jumlah kasus baru TBC yang inheren ada di wilayah Jawa Barat. Namun, variabel kepadatan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kasus baru TBC di wilayah tersebut. Dalam hal faktor-faktor yang berhubungan dengan penyakit TBC, ditemukan bahwa tingkat kejadian AIDS memiliki pengaruh positif yang signifikan. Estimasi parameter AIDS adalah 0,0044, menunjukkan bahwa peningkatan tingkat kejadian AIDS akan berkontribusi pada peningkatan jumlah kasus baru TBC di wilayah Jawa Barat. Selain itu, variabel Kemiskinan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kasus baru TBC. Estimasi parameter Kemiskinan adalah -0,0143, menunjukkan bahwa penurunan tingkat kemiskinan akan berkontribusi pada penurunan jumlah kasus baru TBC di wilayah tersebut. Variabel Sanitasi juga terbukti memiliki pengaruh negatif yang signifikan terhadap jumlah kasus baru TBC. Estimasi parameter Sanitasi adalah -0,0166, menandakan bahwa peningkatan fasilitas sanitasi akan berkontribusi pada penurunan jumlah kasus baru TBC di wilayah Jawa Barat.

Pada model regresi ini diperoleh nilai *deviance residual* model sebesar 28,521. *Deviance residual* digunakan untuk mengukur kesesuaian model regresi binomial negatif. Nilai *deviance residual* yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik dalam menjelaskan data. Dalam kasus ini, nilai tersebut menunjukkan bahwa model regresi binomial negatif dapat digunakan.

3.4. Model Regresi Poisson terbobot Geografis

Estimasi parameter pada regresi Poisson terbobot geografis (*Geographically weighted Poisson regression, GWPR*) menghasilkan nilai parameter yang khas untuk

masing-masing lokasi kabupaten/kota, sebagaimana terlihat pada Tabel 5. Akibatnya, terdapat perbedaan variabel yang signifikan di masing-masing kabupaten/kota, sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Sampel Model GWPR di Kabupaten Provinsi Jawa Barat

| Kabupaten/Kota | Model |
|--------------------|---|
| Kabupaten Bogor | $\hat{\mu}_i = \exp(6,7634 + 0,0040X_3 + 0,0102X_4)$ |
| Kabupaten Sukabumi | $\hat{\mu}_i = \exp(8.2858)$ |
| Kabupaten Cianjur | $\hat{\mu}_i = \exp(9.0811)$ |
| Kabupaten Bandung | $\hat{\mu}_i = \exp(11.3645 - 0.0043X_1 + 0.0033X_2 - 0.0204X_3 - 0.0213X_4)$ |

Tabel 6. Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Variabel yang Signifikan

| Variabel Signifikan | Kabupaten/Kota |
|------------------------|---|
| Kepadatan | Bandung, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, Cirebon, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Subang, Purwakarta, Bandung Barat, Pangandaran, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar |
| Kasus Baru AIDS | Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, Cirebon, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Subang, Purwakarta, Bandung Barat, Pangandaran, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar |
| Kemiskinan | Bogor, Bandung, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, Cirebon, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Subang, Purwakarta, Bekasi, Bandung Barat, Pangandaran, Kota Bogor, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar |
| Sanitasi | Bogor, Bandung, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, Kuningan, Cirebon, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Subang, Purwakarta, Karawang, Bekasi, Bandung Barat, Pangandaran, Kota Bogor, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar |

Tabel 6 menunjukkan adanya variabel-variabel yang signifikan dalam hubungannya dengan kasus baru tuberkulosis (TBC) di Kota dan Kabupaten Provinsi Jawa Barat. Pertama, kepadatan penduduk memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kasus baru TBC di berbagai wilayah di Jawa Barat. Tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dapat mempermudah penyebaran bakteri TBC dalam populasi yang padat. Wilayah-wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, seperti Kota dan Kabupaten Bandung, Garut,

Tasikmalaya, dan lainnya, memiliki risiko yang lebih tinggi terhadap kasus baru TBC.

Selanjutnya, kasus baru AIDS juga terkait secara signifikan dengan kasus baru TBC di beberapa Kabupaten/Kota. Infeksi HIV/AIDS dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi TBC. Oleh karena itu, wilayah-wilayah dengan kasus baru AIDS yang tinggi, seperti Kabupaten Garut, Tasikmalaya, Ciamis, dan lainnya, mungkin mengalami interaksi dan penyebaran yang lebih intens antara kedua penyakit ini.

Variabel kemiskinan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kasus baru TBC di berbagai wilayah di Provinsi Jawa Barat. Tingkat kemiskinan yang tinggi dapat menghambat akses terhadap layanan kesehatan yang memadai, termasuk pencegahan, diagnosis, dan pengobatan TBC. Wilayah-wilayah dengan tingkat kemiskinan yang tinggi, seperti Bogor, Bandung, Garut, dan lainnya, cenderung memiliki kasus baru TBC yang lebih tinggi.

Terakhir, variabel sanitasi menunjukkan hubungan yang signifikan dengan kasus baru TBC di berbagai wilayah di Jawa Barat. Ketersediaan fasilitas sanitasi yang buruk dapat meningkatkan risiko penularan TBC, karena bakteri TBC dapat bertahan dalam lingkungan yang tidak higienis. Wilayah-wilayah dengan sanitasi yang kurang memadai, seperti Kabupaten Bogor, Bandung, Tasikmalaya, dan lainnya, memiliki risiko penyebaran TBC yang lebih tinggi.

Dalam merencanakan strategi pencegahan dan penanggulangan TBC di Jawa Barat, hasil uji GWPR ini memberikan wawasan yang berguna. Namun, perlu diingat bahwa faktor-faktor lain, seperti faktor genetik, gaya hidup, dan faktor lingkungan lainnya, juga dapat berperan dalam penyebaran TBC. Oleh karena itu, pemahaman yang holistik dan pendekatan yang komprehensif perlu diterapkan dalam mengatasi masalah TBC di Provinsi Jawa Barat.

3.5. Perbandingan Model dan Pembahasan

Adanya overdispersi menyebabkan model regresi Poisson tidak dapat digunakan lebih lanjut, dan digantikan oleh model regresi Binomial Negatif. Untuk menentukan model terbaik di antara kedua model tersebut, dapat digunakan kriteria pengujian AIC yakni bahwa model dengan AIC lebih kecil adalah lebih baik [22]. Tabel 7 menunjukkan nilai AIC pada masing-masing model.

Tabel 7. Perbandingan AIC dari Model Binomial Negatif dan GWPR

| Model | AIC |
|---|------------|
| Regresi Poisson terbobot geografis | 11252,32 |
| Regresi Binomial Negatif | 487,76 |

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh bahwa model regresi binomial negatif lebih baik digunakan untuk menganalisis faktor yang berpengaruh terhadap angka kasus baru TBC

di provinsi Jawa Barat karena memiliki nilai AIC terkecil. Sehingga permodelan yang tepat digunakan adalah permodelan berdasarkan kabupaten yaitu regresi binomial negatif dengan 3 variabel prediktor yaitu AIDS, kemiskinan, dan sanitasi. Berikut adalah model terbaik yang terbentuk

$$\text{Kasus. Baru. TBC} = \exp (10,288 + 0,004 X_2 - 0.149X_3 - 0.017X_4)$$

Hasil penelitian ini selaras dengan [11] yang menunjukkan bahwa kemiskinan berpengaruh positif terhadap jumlah kasus baru TBC di Jawa Barat. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa belum tuntasnya kasus kemiskinan turut mendukung munculnya jumlah kasus baru TBC.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode terbaik untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kasus baru TBC adalah metode regresi binomial negatif dengan AIC sebesar 487,76. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kasus baru TBC adalah jumlah kasus AIDS, kemiskinan, dan sanitasi. Riset berikutnya disarankan untuk mengeksplorasi menggunakan metode regresi spasial yang lebih cocok untuk data dengan overdispersi, misalnya *geographically weighted negative binomial regression* (GWNBR).

Daftar Pustaka

- [1] Sulistiawati, D. Stop Tuberkulosis. *Kementerian Kesehatan RI*, 2023. Diakses dari https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1767/stop-tuberkulosis
- [2] World Health Organization. *Global Tuberculosis Report 2022*. New York: World Health Organization, 2022.
- [3] Kementerian Kesehatan. *Profil Kesehatan Indonesia 2021*. 2023. Diakses dari <https://www.kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2021>
- [4] Kementerian Kesehatan. *Indikator Program Kesehatan Masyarakat dalam RPJMN 2020–2024*. 2023. Diakses dari <https://kesmas.kemkes.go.id/assets/uploads/contents/attachments/ef5bb48f4aaae60ebb724caflc534a24.pdf>
- [5] Abdullah, T., Amiruddin, R., & Nurhanah, N. Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Tuberkulosis Paru pada Masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan 2007. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 6(4), 273–284, 2008.

- [6] Susilaningrum, D. Pemodelan Regresi Logistik pada Faktor yang Mempengaruhi PHBS pada Rumah Tangga Penderita TBC di Pesisir Surabaya. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(2), 121–128, 2017. <https://doi.org/10.29313/statistika.v22i1.506>
- [7] Darma, I. G. P. S., Ratna, M., & Budiantara, I. N. Pemodelan Faktor yang Mempengaruhi Angka Kasus Tuberkulosis di Kota Surabaya Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), D216–D222, 2020. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.45404>
- [8] Budiana, I., Woge, Y., & Paschalia, Y. P. M. Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Peran Keluarga dalam Menunjang Kesembuhan Pasien dengan Kasus Tuberkulosis. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 3(1), 362–371, 2021. <https://doi.org/10.31539/joting.v3i1.2264>
- [9] Syahridal, S., Kartini, K., & Haris, H. Faktor yang Berhubungan dengan Drop Out Pengobatan pada Penderita Tuberkulosis (TB) Paru di Puskesmas Bontonompo II Kabupaten Gowa. *Jurnal Promotif Preventif*, 5(1), 59–65, 2022. <https://doi.org/10.47650/jpp.v5i1.472>
- [10] Santoso, S. D. R. P., Agustine, U., Belarminus, P., & Paju, W. Optimalisasi Peran Remaja melalui Program Remaja Peduli Kesehatan sebagai Strategi Preventif Bebas TBC. *Ahmar Metakarya: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 8–16, 2023. <https://doi.org/10.53770/amjpm.v3i1.209>
- [11] Karima, N., Suyitno, S., & Hayati, M. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Tuberkulosis di Indonesia Menggunakan Model Geographically Weighted Poisson Regression. *Jurnal Eksponensial*, 12(1), 7–16, 2021. <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v12i1.754>
- [12] Kusuma, W., Utomo, C. F., Tervia, S., & Setiawan, R. N. S. Pemodelan Kasus Tuberkulosis (TB) di Nusa Tenggara Barat Menggunakan Model Regresi Binomial Negatif. *Jurnal Serunai Matematika*, 14(2), 142–147, 2022. <https://doi.org/10.37755/jsm.v14i2.652>
- [13] Arum, P. R., Nur, I. M., Syafiqoh, A. J., & Utami, H. R. Pemodelan Jumlah Kasus Tuberkulosis di Kabupaten Purbalingga Tahun 2022 Menggunakan Regresi Binomial Negatif. *Journal of Data Insights*, 1(2), 44–50, 2023. <https://doi.org/10.26714/jodi.v1i2.273>

- [14] Yuli, D., & Indriani, D. Pemodelan Binomial Negatif untuk Mengatasi Overdispersi Data Diskrit pada Kasus Baru TB di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*, 4(2), 134–142, 2015.
- [15] Pratama, W., & Wulandari, S. P. Pemetaan dan Pemodelan Jumlah Kasus Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat dengan Pendekatan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1), D37–D42, 2015. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v4i1.8844>
- [16] Indahwati, S., & Salamah, M. Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Jumlah Kasus Tuberkulosis di Surabaya Tahun 2014 Menggunakan Geographically Weighted Negative Binomial Regression. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 2016. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.16542>
- [17] Badan Pusat Statistik Jawa Barat. *Provinsi Jawa Barat dalam Angka 2023*. 2023.
- [18] Agresti, A. *Categorical Data Analysis* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, 2002.
- [19] Graybill, F. A., & Boes, D. C. *Introduction to the Theory of Statistics* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill, 1974.
- [20] Irawati, B. Perbandingan Analisis Generalized Poisson Regression (GPR) dan Regresi Binomial Negatif untuk Mengatasi Overdispersi: Studi Kasus Pemodelan Jumlah Kasus Kanker Serviks di Jawa Timur. *Jurnal Matematika*, 2(2), 13–24, 2012.
- [21] Fotheringham, A. S., Brunson, C., & Charlton, M. *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. Chichester: Wiley, 2002.
- [22] Caraka, R. E., & Yasin, H. *Geographically Weighted Regression: Sebuah Pendekatan Regresi Geografis*. Yogyakarta: Mobius, 2017.