

Pemodelan Regresi Binomial Negatif untuk Mengevaluasi Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kasus Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat

Amalia Jihan Syafiqoh

Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, amaliajiha12@gmail.com

Ryan Mahardika

Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, ryanmahardika63@gmail.com

Shinta Amaria

Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, amariashinta@gmail.com

Eny Winaryati

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, enywinaryati@unimus.ac.id

M. Al Haris

Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Semarang, alharis@unimus.ac.id

ABSTRAK, Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh sejenis bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang bisa menginfeksi paru-paru atau bagian tubuh lainnya. Jumlah kasus TB merupakan *count data* yang dapat dimodelkan dengan regresi Poisson. Model regresi Poisson saat diaplikasikan pada kasus nyata sering ditemukan pelanggaran asumsi overdispersi. Alternatif model yang dapat dilakukan untuk mengatasi pelanggaran asumsi overdispersi adalah Model Regresi Binomial Negatif. Penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus TB di Provinsi Jawa Barat berdasarkan data dari Instansi kesehatan tahun 2021. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa pemodelan regresi Poisson terjadi masalah overdispersi dan model regresi Binomial Negatif adalah model terbaik berdasarkan nilai AIC dan BIC terkecil yaitu sebesar 487.64 pada AIC dan 495.42 pada BIC. Faktor yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB di Provinsi Jawa Barat adalah jumlah tenaga keperawatan.

Kata Kunci: *Overdispersi, Regresi Binomial Negatif, Regresi Poisson, Tuberkulosis*

1. PENDAHULUAN

Data WHO tahun 2021 menunjukkan bahwa Indonesia memiliki kasus tuberkulosis (TB) terbanyak ketiga di dunia setelah India dan China. TB merupakan salah satu masalah utama kesehatan masyarakat global [1]. Penyakit TB yang sangat mudah menular menyebabkan angka kejadian dan kematian yang tinggi. Jika penderita TB aktif memercikkan lendir atau dahak saat batuk atau bersin, bakteri TB dapat masuk ke udara dan menularkan penyakit TB. Jika daya tahan tubuh lemah, bakteri TB dapat menyebar melalui udara. [2].

Pada tahun 2021 terdapat 397.377 kasus TB di Republik Indonesia. Menurut data dari Kementerian Kesehatan (Kemenkes). Angka ini mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya yang mencakup 351.936 kasus. Di negara ini, pria menyumbang 57,5% dari total kasus, sementara wanita menyumbang 42,5% dari prevalensi TB pada tahun 2021 yang lebih rendah [3].

Berbagai upaya pemerintah dalam melawan TB terhambat oleh berbagai kesulitan yang signifikan dalam pencegahan dan pengendalian penyakit ini. Beberapa faktor berkontribusi pada tingginya jumlah kasus TB di Indonesia, termasuk akses terbatas dan ketersediaan pelayanan kesehatan yang kompeten, tingkat kesadaran masyarakat yang rendah tentang TB, serta adanya stigma dan diskriminasi yang terkait dengan penderita TB. Banyak faktor yang dapat menjadi penyebab meningkatnya prevalensi kasus TB. Penelitian sebelumnya telah menguraikan sejumlah faktor yang dapat mempengaruhi hal ini, seperti interaksi dengan pasien TB, akurasi diagnosis, diabetes mellitus (DM), kondisi perumahan, status pernikahan, status gizi, pendidikan, dan pengetahuan [4], umur penderita, tingkat pendapatan keluarga, kondisi lingkungan rumah, perilaku dan riwayat kontak penderita [5] serta faktor lingkungan rumah [6].

Provinsi Jawa Barat menempati urutan pertama sebagai provinsi di Indonesia dengan kasus TB tertinggi [3]. Sehingga, pemodelan

kasus TB yang terjadi di Provinsi Jawa Barat perlu dilakukan agar dapat memberikan informasi yang berguna dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit TB. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pemodelan tersebut adalah dengan regresi Poisson.

Metode regresi Poisson merupakan salah satu metode yang cocok digunakan untuk memodelkan data yang bersifat *count* atau jumlah, seperti contohnya jumlah kasus TB [7]. Metode ini akan membantu dalam mengevaluasi faktor apa saja yang mempengaruhi jumlah kasus TB di Provinsi Jawa Barat. Model regresi Poisson terdapat asumsi yang harus terpenuhi yaitu berupa *equidispersi*. *Equidispersi* merupakan asumsi kesamaan nilai variansi dengan nilai rata-rata pada model Poisson. Penelitian sebelumnya mengenai pemodelan regresi Poisson menghasilkan kesimpulan bahwa banyak terjadi kasus *underdispersi* maupun *overdispersi* pada regresi Poisson. Apabila kasus *underdispersi* dan *overdispersi* diabaikan maka pengujian menjadi kurang akurat karena nilai *standard error* menjadi lebih kecil dari nilai sesungguhnya dan menyebabkan hasil pengujian parameter regresinya tidak valid [8].

Overdispersi dapat muncul dikarenakan beberapa hal, diantaranya adanya jumlah nol yang berlebihan pada variabel dependennya, variasi yang tidak dapat diamati pada data, atau pengaruh variabel lain yang mengakibatkan peluang kejadian bergantung pada kejadian sebelumnya [9]. Salah satu indikasi ada atau tidaknya *overdispersi* dapat diketahui melalui pembagian antara nilai *deviance* terhadap derajat bebasnya. Apabila nilainya lebih dari 1, hal ini menunjukkan adanya *overdispersi* [10]. Metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi kasus *overdispersi* adalah regresi Binomial Negatif [11-15].

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, penelitian ini mengarah pada penggunaan metode regresi Binomial Negatif dalam upaya memodelkan jumlah kasus TB di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2021.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tuberkulosis

Mycobacterium tuberculosis yang sering mengakibatkan Tuberkulosis (TB), merupakan

penyakit menular yang bisa mengganggu paru-paru ataupun organ yang lain [16]. Tidak hanya itu, TB merupakan penyakit menular yang kerap kali menyerang paru-paru serta diakibatkan oleh tipe bakteri tertentu. Individu yang terinfeksi batuk, bersin, ataupun meludah yang menimbulkan penyebaran penyakit lewat udara. TB bisa dicegah dengan menggunakan vaksin serta disembuhkan selama jangka waktu tertentu untuk menyembuhkannya. Vaksin hanya dapat mencegah TB di luar paru-paru tetapi tidak di paru-paru, sedangkan penyakit TB biasanya diobati dengan antibiotik.

Indikasi penyakit TB meliputi batuk berkepanjangan (kerap kali dengan darah), nyeri dada, lemas, mudah letih, kehilangan nafsu makan, demam, serta keringat malam. Tiap orang bisa alami indikasi yang berbeda tergantung pada bagian tubuh di mana bakteri tersebut aktif. Walaupun TB sering menyerang paru-paru, tetapi bisa juga berakibat kurang baik pada ginjal, otak, tulang belakang, serta kulit [17-19].

Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis data diskrit (*count data*) [20]. Apabila variabel acak diskrit (y) dengan parameter μ berdistribusi Poisson, maka fungsi densitas peluangnya dapat didefinisikan pada persamaan (2.1).

$$f(y, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}; y = 0, 1, 2, \dots, \text{ dan } \mu > 0 \quad (2.1)$$

Nilai rata-rata sama dengan nilai variansi dari peubah acak y yang terdistribusi Poisson sebesar μ . Variabel respon y mempunyai distribusi yang termasuk dalam keluarga eksponensial dan keluarga *Generalized Linear Models* (GLM) [21]. GLM merupakan pengembangan dari model regresi tradisional yang didasarkan pada asumsi distribusi normal untuk variabel respon [22]. Perluasan model regresi klasik ini dipelopori oleh para statistikawan untuk mengatasi kondisi dimana variabel responnya tidak berdistribusi normal, sehingga dikembangkan metode model linier yang dikenal dengan istilah *Generalized Linear Model* (GLM) [23].

Fungsi logaritma natural (\ln) merupakan fungsi penghubung yang universal digunakan dalam model regresi Poisson guna menetapkan jika nilai prediksi dari variabel dependen merupakan non-negatif. Persamaan (2.2) dan (2.3) merupakan bentuk persamaan model regresi Poisson dengan fungsi penghubung tersebut.

$$g(\mu_i) = \ln(\mu_i) = (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i) \quad (2.2)$$

$$\hat{\mu}_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki}) \quad (2.3)$$

Keterangan:

μ_i = Nilai ekspektasi yang berdistribusi poisson;

$\ln(\mu_i)$ = fungsi hubung;

β_i = Nilai koefisien regresi, $i = 0, 1, 2, \dots, k$;

x_{ki} = Nilai variabel independen, $i = 0, 1, 2, \dots, k$;

ε_i = Nilai sisaan model regresi.

Multikolinieritas

Multikolinieritas merupakan kondisi dalam model regresi linier berganda dimana terjadi hubungan linier antara variabel penjelas. *Variance Inflation Factor* (VIF) bisa digunakan sebagai indikator terdapatnya multikolinieritas dalam suatu model. Apabila nilai VIF lebih besar dari 10 maka dapat diidentifikasi adanya masalah multikolinieritas. Rumus VIF dapat dituliskan pada persamaan (2.4) [20].

$$VIF = \frac{1}{1-R^2} \quad (2.4)$$

Overdispersi

Overdispersi merupakan situasi keadaan di mana varians dari variabel respon lebih besar daripada nilai reratanya [24]. Overdispersi bisa terjadi pada saat variabel dependen memiliki banyak nilai nol. Asumsi overdispersi dalam regresi Poisson harus terpenuhi supaya model yang dihasilkan tidak bias. Untuk menentukan terjadinya overdispersi atau tidak dapat dilakukan dengan membagi nilai *deviance* dengan derajat bebasnya. Keberadaan overdispersi dapat terindikasi apabila hasil perhitungan lebih besar dari 1. Metode regresi Binomial Negatif adalah salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah overdispersi tersebut.

Regresi Binomial Negatif

Regresi Binomial Negatif adalah pendekatan regresi yang ditujukan untuk mempelajari hubungan antara peubah respon dan satu atau beberapa peubah bebas ketika terjadi overdispersi, yaitu ketika varians melebihi nilai rata-ratanya. Regresi Binomial Negatif, sebagai bagian dari keluarga *Generalized Linear Model* (GLM), mempunyai fungsi hubungan yang menggunakan logaritma natural. Dengan demikian, regresi ini menghasilkan hubungan yang bersifat log-linear. Model regresi Binomial Negatif diformulasikan pada persamaan (2.5) dan (2.6).

$$\ln(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.5)$$

$$\hat{\mu}_i = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i) \quad (2.6)$$

Evaluasi Kebaikan Model

Evaluasi hasil model yang terbentuk dilakukan dengan pemilihan model terbaik. *Akaike Information Criteria* (AIC) dan *Bayesian Information Criteria* (BIC) digunakan untuk memilih model terbaik dengan nilai AIC dan BIC yang lebih rendah menunjukkan model yang lebih baik. AIC digunakan untuk mencari model yang dapat menjelaskan data dengan jumlah parameter yang sesuai. Sementara itu, BIC digunakan untuk mengatasi masalah *overfitting* pada AIC yang terjadi ketika model memiliki terlalu banyak parameter dan menghasilkan estimasi yang terlalu optimis. AIC dan BIC digunakan untuk melihat kecocokan model dalam data. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menemukan model terbaik antara model regresi Poisson dengan regresi binomial negatif. Nilai AIC dan BIC didefinisikan pada persamaan (2.5) dan (2.6).

$$AIC = -2 \ln \ln L(\hat{\theta}) + 2k \quad (2.7)$$

$$BIC = -2 \ln \ln L(\hat{\theta}) + k \ln(n) \quad (2.8)$$

3. METODOLOGI

Variabel respon pada penelitian ini merupakan banyaknya kejadian TB di Provinsi

Jawa Barat. Informasi yang digunakan adalah banyaknya kejadian TB di setiap wilayah kabupaten/kota pada tahun 2021 sebanyak 27 kasus secara keseluruhan. Informasi tersebut diperoleh dari instansi Kesehatan Provinsi Jawa Barat. Variabel penjelas yang diperhatikan meliputi kepadatan penduduk(X_1), jumlah tenaga perawat(X_2), jumlah penduduk miskin(X_3), dan proporsi rumah tangga dengan akses ke sanitasi dasar(X_{14}).

Prosedur Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pemodelan kasus TB di kabupaten/kota Provinsi Jawa Barat dengan model regresi binomial negatif adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah mengumpulkan data yang sesuai untuk analisis regresi Poisson. Data harus berisi variabel dependen diskrit (*count*) yang dianggap mengikuti distribusi Poisson, serta satu atau lebih variabel independen yang digunakan sebagai prediktor;
2. Memeriksa distribusi data dengan plot histogram;
3. Mendeteksi kasus multikolinearitas menggunakan nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) sebagai kriteria;
4. Memodelkan data kasus TB di Provinsi Jawa Barat dengan regresi Poisson;
5. Mendeteksi adanya overdispersi pada model regresi Poisson;
6. Memodelkan data kasus TB di Provinsi Jawa Barat dengan model Binomial Negatif;
7. Mengevaluasi model berdasarkan kriteria AIC dan BIC;
8. Melakukan interpretasi terbaik dari model.

4. PEMBAHASAN

Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menjelaskan gambaran umum mengenai kasus TB di Provinsi Jawa Barat. Gambaran tentang kasus kejadian TB di Provinsi Jawa Barat disajikan pada Tabel 4.1.

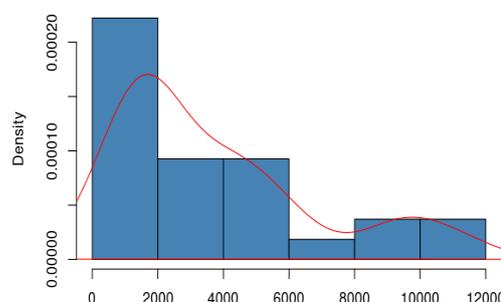
Tabel 4.1 menunjukkan hasil statistik deskriptif yang memberikan deskripsi data penelitian. Kasus kejadian TB di Provinsi Jawa Barat rata-rata sebesar 3751 kejadian disetiap

kabupaten/kota dengan simpangan baku sebesar 3099,7.

Tabel 4.1. Statistik Deskriptif

Variabel	Mean	Simpangan baku	Maks	Min
Y	3751	3099,7	11332	256
X_1	3896	4584,3	14630	423
X_2	2207	1799,1	8481	442
X_3	155396	105924	491200	13400
X_4	72,59	16,2	97,54	39,64

Perbedaan jumlah kejadian TB yang sangat beragam di setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat mengindikasikan data kasus kejadian TB menyimpang dari distribusi normal. Distribusi data kasus kejadian TB di Provinsi Jawa Barat difisualisasikan pada Gambar 4.1.



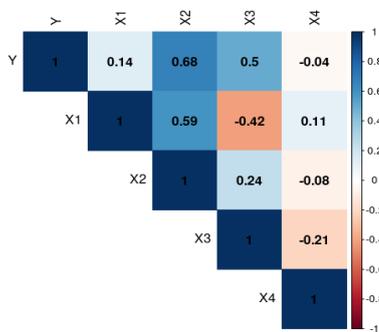
Gambar 4.1. Distribusi data

Distribusi normal menunjukkan adanya distribusi (penyebaran) suatu variabel yang dapat ditandai oleh kurva histogram yang memuncak pada bagian tengah kemudian melandai di kedua sisinya dengan persamaan nilai yang sifatnya setara atau sering disebut bentuk lonceng atau *bell curve*. Gambar 1 merupakan plot histogram kasus TB di Provinsi Jawa Barat yang menunjukkan bentuk asimetris yang menjelaskan bahwa distribusi data tersebut tidak normal, maka dapat digunakan pendekatan distribusi Poisson. Hal tersebut disebabkan jumlah kasus TB merupakan data cacah dan merupakan kejadian dengan peluang kejadian yang kecil.

Uji Multikolinearitas

Syarat dalam pemodelan regresi Poisson yang harus dipenuhi adalah variabel bebas yang dimodelkan tidak menunjukkan adanya korelasi yang kuat satu sama lain. Oleh karena itu, dapat dilakukan pengujian multikolinearitas. Kriteria yang dapat digunakan dalam mendeteksi

keberadaan multikolinieritas ada dua yaitu nilai koefisien korelasi dan *Variance Inflation Factor* (VIF) dari variabel independen. Hasil korelasi antar variabel bebas ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Korelasi variabel independen

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian multikolinieritas menggunakan kriteria nilai koefisien korelasi antara variabel prediktornya. Koefisien korelasi semua variabel bernilai lebih kecil dari 0,8 yang menunjukkan tidak terjadi multikolinieritas. Pemeriksaan multikolinieritas lebih lanjut dilakukan melalui nilai VIF yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil VIF variabel independen

Variabel Independen	VIF
X_1	6,512846
X_2	5,753185
X_3	2,491921
X_4	1,160156

Tabel 4.2 di atas menunjukkan hasil pengujian gejala multikolinieritas dengan kriteria nilai VIF. Seluruh variabel independen memiliki nilai VIF lebih kecil dari 10 yang berarti bahwa tidak terjadi multikolinieritas. Hal ini semakin menguatkan bahwa tidak adanya gejala multikolinieritas pada data, sehingga dapat dilanjutkan dengan memodelkan data.

Model Regresi Poisson

Apabila tidak ditemukan gejala multikolinieritas, maka langkah selanjutnya adalah membentuk model regresi Poisson mengenai kasus TB di Provinsi Jawa Barat. Berikut adalah hasil estimasi parameter model regresi Poisson jumlah kasus TB di Jawa Barat yang ditunjukkan oleh Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Estimasi parameter model regresi Poisson

Parameter	Estimate	S.E.	Z Value	P-value	Interpretasi
(Intercept)	7,966	$1,853 \times 10^{-2}$	366,44	$< 2 \times 10^{-16}$	Signifikan
X_1	$-7,725 \times 10^{-5}$	$1,620 \times 10^{-6}$	-47,68	$< 2 \times 10^{-16}$	Signifikan
X_2	$3,576 \times 10^{-4}$	$3,336 \times 10^{-6}$	-107,21	$< 2 \times 10^{-16}$	Signifikan
X_3	$1,119 \times 10^{-6}$	$3,991 \times 10^{-8}$	28,04	$< 2 \times 10^{-16}$	Signifikan
X_4	$8,341 \times 10^{-3}$	$2,132 \times 10^{-4}$	39,12	$< 2 \times 10^{-16}$	Signifikan

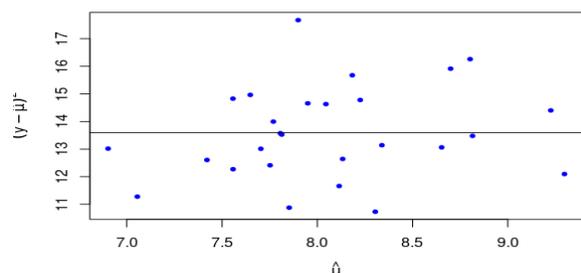
Berdasarkan Tabel 4.3 di atas, maka diperoleh persamaan model regresi Poisson sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_i = \exp(7,966 - 0,00007725X_1 - 0,0003576X_2 + 0,000001119X_3 + 0,008341X_4)$$

Selain model regresi Poisson, didapatkan hasil seluruh variabel independen memiliki *p-value* sebesar $< 2 \times 10^{-16}$ atau memiliki nilai lebih kecil dari taraf signifikansi ($\alpha = 0.05$). Hal tersebut berarti bahwa seluruh variabel independen berpengaruh signifikan terhadap variabel dependennya.

Pemeriksaan Overdispersi

Pelanggaran asumsi kesamaan nilai rata-rata dan varians dalam model regresi Poisson (equidispersi) dalam model regresi Poisson dapat berupa underdispersi maupun overdispersi.



Gambar 4.3. Plot antara Nilai Rata-rata dan Varian Model Regresi Poisson

Dugaan pelanggaran asumsi tersebut dapat dianalisis dengan memperhatikan visualisasi plot nilai rata-rata model regresi Poisson ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Berdasarkan Gambar 4.3 sebelumnya, distribusi titik-titik pada plot antara nilai rata-rata dan variansi model regresi Poisson menyebar atau tidak terpusat di sekitar garis linier tersebut. Hal ini menunjukkan adanya masalah overdispersi dalam model regresi Poisson. Pemeriksaan lebih lanjut terhadap pelanggaran asumsi overdispersi dapat dilakukan melalui rasio nilai *deviance* dan *Pearson Chi-Square* dengan derajat bebas masing-masing yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Perbandingan *Deviance* dan *Pearson's Chi-Square* pada model regresi Poisson

Kriteria	Derajat Bebas	Nilai	Nilai/ Derajat Bebas
<i>Deviance</i>	22	25260	1148,18
<i>Pearson's Chi-Square</i>	22	30515,94	1378,09

Tabel 4.4 menunjukkan rasio nilai *Deviance* dan *Pearson Chi-Square* dengan derajat bebas masing-masing sebesar 1148,18 dan 1378,09 yang memiliki hasil lebih dari satu. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya kasus overdispersi dalam model regresi Poisson. Model regresi Poisson yang mengandung overdispersi akan menyebabkan pengujian menjadi tidak akurat karena nilai *standard error* lebih kecil dari nilai sesungguhnya dan menyebabkan hasil parameter regresinya tidak valid.

Model Regresi Binomial Negatif

Kasus overdispersi dalam data penelitian dengan model regresi Poisson menyebabkan nilai *standard errors* menjadi *underestimated*, sehingga estimasi parameter yang tidak signifikan justru dinyatakan signifikan. Metode alternatif untuk mengatasi kasus overdispersi pada model Poisson adalah menggunakan metode regresi binomial negatif. Hasil estimasi model regresi binomial negatif disajikan pada Tabel 4.5. Berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 4.5 di atas, menunjukkan bahwa hanya X_2 yang berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah kasus TB.

Tabel 4.5. Hasil estimasi parameter pada model regresi Binomial Negatif

Parameter	Estimate	S.E.	Z Value	P-value	Interpretasi
(Intercept)	6,841	$3,502 \times 10^{-1}$	10,972	$< 2 \times 10^{-16}$	Signifikan
X_1	$-5,121 \times 10^{-5}$	$4,505 \times 10^{-5}$	-1,137	0,255653	Tidak Signifikan
X_2	$3,585 \times 10^{-4}$	$1,077 \times 10^{-4}$	3,329	0,000871	Signifikan
X_3	$1,537 \times 10^{-6}$	$1,618 \times 10^{-6}$	0,950	0,342316	Tidak Signifikan
X_4	$5,185 \times 10^{-4}$	$7,283 \times 10^{-3}$	0,712	0,476535	Tidak Signifikan

Sedangkan variabel X_1 , X_3 dan X_4 tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel dependennya. Perbedaan hasil dengan model regresi Poisson yang semua variabelnya berpengaruh secara signifikan menjadi bukti bahwa model regresi Binomial Negatif mampu mengatasi overdispersi. Model regresi Binomial Negatif yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\hat{\mu}_i = \exp(7,54 + 0,0003585X_2)$$

Interpretasi Model

Berdasarkan model yang diperoleh dapat diinterpretasikan bahwa untuk jumlah tenaga perawat apabila terjadi peningkatan sebanyak satu orang sedangkan variabel lain dianggap

konstan maka akan terjadi kenaikan sebanyak $e^{0,0003585} \approx 1,00036$ terhadap kasus TBC di Jawa Barat. Pemeriksaan lebih lanjut terkait overdispersi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Nilai *Deviance* dan *Pearson's Chi-square* beserta derajat bebas model regresi Binomial Negatif

Kriteria	Derajat Bebas	Nilai
<i>Deviance</i>	22	28,536
<i>Pearson's Chi-Square</i>	22	37,272

Pemodelan dengan regresi Binomial Negatif menghasilkan nilai rasio *deviance* dan *Pearson Chi-Square* dengan derajat bebas masing-masing sebesar 1,297 dan 1,694. Nilai tersebut sudah mendekati satu dan jauh lebih kecil dibandingkan dengan model regresi Poisson. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan jumlah TB di Provinsi Jawa Barat Tahun 2021 dengan model Regresi Binomial Negatif mampu mengatasi overdispersi pada model regresi Poisson.

Pemilihan Model Terbaik

Setelah terbentuk model regresi baik Poisson maupun Binomial Negatif, maka selanjutnya memilih model regresi terbaik menggunakan kriteria AIC dan BIC terkecil. Nilai AIC dan BIC kedua model yang disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. AIC dan BIC model

Regresi	AIC	BIC
Poisson	25532	25538,57
Binomial Negatif	487,64	495,42

Berdasarkan kriteria AIC dan BIC pada Tabel 4.7, diperoleh model Binomial Negatif sebagai model terbaik karena memiliki nilai kriteria terkecil dengan nilai AIC sebesar 487,64 dan BIC sebesar 495,42.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dijabarkan, model regresi Poisson menunjukkan terjadinya overdispersi. Oleh karena itu, digunakan model regresi yang mampu menangani overdispersi yaitu regresi Binomial Negatif. Hal ini dibuktikan oleh rasio *Deviance* dan *Pearson Chi-Square* dengan derajat bebasnya yang mendekati satu. Model terbaik dipilih berdasarkan kriteria nilai AIC dan BIC terkecil, sehingga didapatkan model regresi Binomial Negatif sebagai model terbaiknya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kasus TB di Provinsi Jawa Barat adalah jumlah tenaga keperawatan (X_4). Sedangkan, variabel lain seperti kepadatan penduduk, jumlah penduduk miskin, dan persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak tidak mempengaruhi kasus TB di Provinsi Jawa Barat.

Hal tersebut dapat diartikan bahwa semakin banyak tenaga keperawatan di Kabupaten/Kota dapat membantu menangani kasus TB dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenkes. (2022). *Tahun ini, kemenkes Rencanakan Skrining TBC Besar-besaran*. <https://www.kemkes.go.id/article/view/22032300001/tahun-ini-kemenkes-rencanakan-skrining-tbc-besar-besaran.html>.
- [2] Dewi Kristini, T., & Hamidah, R. (2020). Potensi Penularan Tuberculosis Paru pada Anggota Keluarga Penderita. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 15(1), 24–28. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26714/jkmi.15.1.2020.24-28>.
- [3] Ahdiat, A. (2022). *Jumlah Kasus TB di 34 Provinsi Indonesia (2021)*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/08/23/ini-provinsi-dengan-kasus-tbc-terbanyak-pada-2021>.
- [4] Janan, M. (2019). Faktor-Faktor Risiko yang Berhubungan Dengan Peningkatan Prevalensi Kejadian TB MDR di Kabupaten Brebes Tahun 2011-2017. *Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia*, 08, 64–70.
- [5] Fitriani, E. (2013). Faktor Risiko yang Berhubungan Dengan Kejadian Tuberculosis Paru. *Unnes Journal of Public Health*, 2. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujph>.
- [6] Budi, I. S., Ardillah, Y., Sari, I. P., & Septiawati, D. (2018). Analisis Faktor Risiko Kejadian penyakit Tuberculosis Bagi Masyarakat Daerah Kumuh Kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2), 87. <https://doi.org/10.14710/jkli.17.2.87-94>.
- [7] Hayat, M. J., & Higgins, M. (2014). Understanding Poisson Regression. *Journal of Nursing Education*, 53(4), 207–215. <https://doi.org/https://doi.org/10.3928/01484834-20140325-04>.
- [8] Damayanti CR, M., & Yanti, T. S. (2022). Regresi Poisson Invers Gaussian (PIG) untuk Pemodelan Jumlah Kasus Pneumonia pada Balita di Provinsi Jawa Tengah Tahun

2019. *Jurnal Riset Statistika*, 1(2), 143–151. <https://doi.org/10.29313/jrs.v1i2.523>.
- [9] Rahayu, A. (2021). Model-Model Regresi untuk Mengatasi Masalah Overdispersi pada Regresi Poisson. *Journal Pegguruang: Conference Series*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.35329/jp.v2i1.1866>.
- [10] Fitriani, N. H., & Fatikhurriqzi, A. (2020). Pemodelan Jumlah Kasus Covid-19 di Indonesia dengan Pendekatan Regresi Poisson dan Regresi Binomial Negatif. *Seminar Nasional Official Statistics*.
- [11] Winata, H. M. (2023). Mengatasi Overdispersi Dengan Regresi Binomial Negatif Pada Angka Kematian Ibu di Kota Bandung. *Jurnal Gaussian*, 11(4), 616–622. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14710/j.gauss.11.4.616-622>.
- [12] Haris, M. Al, & Arum, P. R. (2022). Negative Binomial Regression and Generalized Poisson Regression Models on The Number of Traffic Accidents in Central Java. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 16(2), 471–482. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss2pp471-482>.
- [13] Sauddin, A., Auliah, N. I., & Alwi, W. (2020). Pemodelan Jumlah Kematian Ibu di Provinsi Sulawesi Selatan Menggunakan Regresi Binomial Negatif. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 8(2), 42. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24252/msa.v8i2.17409>.
- [14] Suryadi, F., Jonathan, S., Jonatan, K., & Ohyver, M. (2023). Handling Overdispersion in Poisson Regression Using Negative Binomial Regression for Poverty Case in West Java. *Procedia Computer Science*, 216, 517–523. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.164>.
- [15] Made, N., Keswari, R., Sumarjaya, W., Luh, N., & Suciptawati, P. (2014). Perbandingan Regresi Binomial Negatif dan Regresi Generalisasi Poisson dalam Mengatasi Overdispersi (Studi Kasus: Jumlah Tenaga Kerja Usaha Pencetak Genteng di Br. Dukuh, Desa Pejaten). *E-Jurnal Matematika*, 3(3), 107–115.
- [16] Kementerian Kesehatan. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan tentang Penanggulangan Tuberkulosis*. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/114486/permenkes-no-67-tahun-2016>.
- [17] WHO. (2023). *Tuberculosis*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>.
- [18] NurruSydah, Z., & Dewi, N. P. A. M. (2020). Penerapan Flexible Space Time Scan Statistics untuk Mengidentifikasi Hotspot Tuberkulosis. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 8(2), 111. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24252/msa.v8i2.16065>.
- [19] Ridwan, M. R., & Hadi, A. (2019). Penggunaan dan Pengembangan Model Epidemi Sir pada Penyebaran Penyakit Tuberkulosis di Sulawesi Selatan. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 7(2).
- [20] Pratama, W., & Wulandari, S. P. (2015). Pemetaan dan Pemodelan Jumlah Kasus Penyakit Tuberculosis (TBC) di Provinsi Jawa Barat dengan Pendekatan Geographically Weighted Negative Binomial Regression. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(1), 37–42. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.12962/j.23373520.v4i1.8844>.
- [21] Majore, M. M., Deiby, T. S., & Prang, J. D. (2020). Penerapan Regresi Binomial Negatif Dalam Mengatasi Overdispersi Regresi Poisson Pada Kasus Jumlah Kematian Ibu. *Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, 9(2), 133–139. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/decaartesian>.
- [22] Leiva, V., Marchant, C., Allende Cid, H., Alvares, D., Aykkroyd, R. G., Balakrishnan, N., Barros, M., Bourguignon, M., Castro, L. M., Fierro, R., Figueroa-Zúñiga, J., Galea, M., Genest, C., Genton, M. G., Gutiérrez-Peña, E., Lalla, E., Mendoza, M., Andrés Bello, U., Ana Nieto, C. B., ... Dolores Ugarte, M. (2021). On a Weighted Poisson Distribution and its Associated Regression Model. *Chilean Journal of Statistics*, 12(2), 229–252. <http://www.soche.cl/chjs>.

- [23] Zuhtrat, L., Devianto, D., & Rahmi, I. (2015). Pemodelan Jumlah Kasus DBD Yang Meninggal Di Kota Padang Dengan Menggunakan Regresi Poisson. *Jurnal Matematika Unand*, 4(4), 57–64. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25077/jmu.4.4.57-64.2015>.
- [24] Ramadhani, N., Yanuar, F., & Yozza, H. (2018). Penerapan Regresi Poisson Generalized Poisson Regresi Dalam Memodelkan Kasus Angka Kematian Ibu Di Sumatera Barat Tahun 2015. *Jurnal Matematika Unand*, 7(2), 112–117. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25077/jmu.7.2.112-117.2018>.