

Model Distribusi Poisson dan Gamma Untuk Analisis Penyakit TBC di Daerah Provinsi Jawa Barat

Fibo Ramy Firdaus^{a*}, Suryadi Mulya Ismauz^b, Alexcandro Hibertus Sianipar^c

^{a,b,c} Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Email: fibo.rf@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Received : 20 Desember 2024

Revised : 17 Januari 2025

Accepted : 22 Januari 2025

Keywords:

Poisson Distribution, Gamma, Tuberculosis Disease

Kata Kunci:

Distribusi Poisson, Gamma, Penyakit TBC

DOI: 10.62335

ABSTRACT

This research examines factors influencing the number of Tuberculosis (TB) cases in West Java using Poisson and Gamma distribution models. The analysis reveals that population size significantly impacts the increase in TB cases, with each unit increase in population estimated to raise the number of TB cases by 38.23%. While the Health Index shows a positive association with the number of TB cases, there is high uncertainty in its influence, reflecting the complexity of the relationship between public health status and disease prevalence. Conversely, the number of hospitals contributes to an increase in TB cases, although the effect is small. The model exhibits a precision parameter of approximately 5.98, indicating moderate variation in the observed data. These findings highlight the crucial roles of population size and healthcare facilities in TB control. The study recommends integrating other factors potentially not included in the model and considering broader socioeconomic factors for more effective interventions. A deeper and more meticulous data-driven approach is needed to optimize TB prevention and management efforts at the district/city level, particularly in densely populated areas like West Java.

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) di Jawa Barat dengan menggunakan model distribusi Poisson dan Gamma. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan jumlah kasus TBC, dengan setiap penambahan satu unit jumlah penduduk diperkirakan akan meningkatkan jumlah kasus penyakit TBC sebesar 38.23%. Meskipun Indeks Kesehatan menunjukkan hubungan positif dengan jumlah kasus TBC, terdapat ketidakpastian yang tinggi dalam pengaruhnya, yang mencerminkan kompleksitas hubungan antara status kesehatan masyarakat dan prevalensi penyakit. Di sisi lain, jumlah rumah sakit berkontribusi terhadap peningkatan jumlah kasus TBC, meskipun pengaruhnya kecil. Model ini memiliki nilai precision parameter sekitar 5.98, yang menunjukkan adanya variasi dalam data

yang diamati. Temuan ini menyoroti peran penting dari jumlah penduduk dan fasilitas kesehatan dalam pengendalian penyakit TBC. Penelitian ini merekomendasikan integrasi faktor-faktor lain yang mungkin tidak tercakup dalam model ini, serta mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi yang lebih luas, untuk intervensi yang lebih efektif. Pendekatan berbasis data yang lebih mendalam dan cermat diperlukan untuk mengoptimalkan upaya pencegahan dan penanganan TBC di tingkat kabupaten/kota, terutama di daerah dengan populasi padat seperti Jawa Barat.

LATAR BELAKANG

Tuberkulosis atau TBC adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* di paru, kondisi ini, kadang disebut juga dengan TB paru (kemenkes, 2022). TBC merupakan penyakit menular yang harusnya menjadi perhatian utama di Indonesia, khususnya di Jawa Barat, yang memiliki populasi besar dan heterogenitas sosial-ekonomi tinggi. Menurut (Detik, 2023) sepanjang tahun 2023 ada 160 ribu kasus TBC di Jawa Barat yang ditemukan, yang merupakan jumlah yang sangat besar.

Penyakit ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kepadatan penduduk, (Dotulong, Sapulete, and Kandou 2015) Kepadatan penduduk dapat menjadi salah satu faktor dalam penyebaran kuman Tuberkulosis karena resiko penularan penyakit melalui udara akan semakin cepat dan mudah, akses terhadap fasilitas kesehatan (Fredista, 2020) Faktor sarana/fasilitas kesehatan mempengaruhi perubahan perilaku pasien TBC dan tingkat kesadaran masyarakat. Untuk memahami pola penyebaran TBC, diperlukan pendekatan statistik yang dapat menggambarkan distribusi jumlah kasus berdasarkan faktor-faktor tersebut.

Distribusi poisson dan distribusi gamma digunakan untuk memodelkan jumlah kasus TBC di Jawa barat, menganalisis hubungan antara jumlah kasus TBC dengan faktor jumlah penduduk, indeks kesehatan, dan jumlah rumah sakit umum, dan memberikan rekomendasi kebijakan berdasarkan hasil analisis distribusi untuk mengoptimalkan intervensi kesehatan.

Alasan memilih distribusi poisson dan gamma adalah karena distribusi poisson cocok untuk memodelkan data jumlah kejadian yang bersifat diskrit dan jarang terjadi dalam interval tertentu, seperti jumlah kasus TBC per wilayah, dan distribusi gamma berguna untuk memodelkan ketidakpastian atau variabilitas dalam faktor risiko kontinu, seperti indeks kesehatan atau jumlah rumah sakit, yang dapat memengaruhi distribusi poisson secara hierarkis.

KAJIAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS

Penelitian ini menggunakan metode distribusi poisson dan distribusi gamma, sebelum dilakukan uji distribusi dilakukan uji VIF untuk menunjukkan apakah data tersebut dapat diolah atau tidak, dimana nilai VIF harus dibawah 10 agar tidak menimbulkan multikolinieritas antar variabel, adapun variabel yang diteliti adalah jumlah penyakit TBC di Provinsi Jawa Barat sebagai variabel

dependen, sedangkan jumlah penduduk, indeks kesehatan dan jumlah rumah sakit umum sebagai variabel independen atau variabel bebas. Setelah itu akan dilakukan uji distribusi poisson dan gamma dan dianalisis hasilnya.

METODE PENELITIAN

Distribusi Gamma

Distribusi Gamma adalah salah satu distribusi variabel acak kontinu dengan parameter skala $\alpha > 0$ dan parameter bentuk $\beta > 0$, di mana α dan β merupakan bilangan real positif (Warella et al., 2021). Distribusi gamma dinamai sesuai dengan fungsi gamma (GF) yang dikenal luas, yang dieksplorasi dalam banyak bidang matematika (Khan et al., 2021). Di samping itu, distribusi Gamma merupakan salah satu konsep dalam teori distribusi probabilitas yang sering digunakan dalam penarikan kesimpulan atau pengujian hipotesis statistika. Distribusi Gamma berasal dari fungsi gamma yang telah tersebar luas dan banyak dipelajari dalam berbagai bidang matematika yang membantu dalam menyelesaikan masalah-masalah teknik dan sains yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan distribusi normal. Distribusi Gamma ini memiliki penerapan yang sangat luas dalam analisis data uji hidup. Data uji hidup atau uji reliabilitas mengacu pada kemungkinan bahwa suatu komponen akan berfungsi dengan baik selama periode waktu tertentu dalam percobaan yang telah ditentukan sebelumnya.

Fungsi Gamma dinotasikan dengan

1. Untuk $\alpha > 0$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

2. Untuk $\alpha = 0$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx = 1$$

3. Untuk $\alpha > 1$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx = 1$$

Misalkan x pada fungsi gamma di persamaan 1 merupakan variabel yang bergantung pada variabel x dan β , yaitu $y = \frac{x}{\beta}$, dengan $\beta > 0$, maka persamaan menjadi :

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \left(\frac{1}{\beta}\right) dx$$

Distribusi Poisson

Distribusi Poisson adalah percobaan yang menghasilkan nilai numerik pada suatu variabel acak x , jumlah keluaran yang terjadi selama suatu selang waktu yang diketahui atau di dalam suatu daerah (ruang) yang ditentukan disebut sebagai percobaan Poisson, sehingga sebuah percobaan Poisson dapat memunculkan pengamatan untuk peubah acak x .

Distribusi Poisson menggambarkan probabilitas pada peristiwa acak (random) yang akan terjadi pada jeda (interval) waktu atau ruang dengan kondisi probabilitas sangat kecil, meskipun jumlah percobaan yang dilakukan besar tetapi hasilnya tidak berarti.

Pendekatan peluang Poisson untuk peluang Binomial dilakukan untuk mendekati probabilitas dari kelas sukses (x) dari n percobaan Binomial dalam situasi di mana sampel sangat besar ($n > 20$) dan probabilitas kelas sukses sangat kecil ($p < 0,05$). Rumus pendekatan peluang Poisson untuk Binomial adalah :

$$f(x) = P(X = x) = \frac{\lambda e^{-\lambda}}{x!}$$

Dengan

- $e = 2,71828$
- $\lambda = \text{rata - rata keberhasilan} = n p$
- $x = \text{banyaknya unsur berhasil dalam sampel}$
- $n = \text{jumlah atau ukuran populasi}$
- $p = \text{probabilitas kelas sukses}$

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Distribusi Poisson

Sebelum menguji distribusi poisson, akan diuji Nilai Variance Factor (VIF). VIF digunakan untuk mengukur multikolinearitas antar variabel independen dalam model regresi.

Tabel 1. Hasil Uji VIF

Jumlah Penduduk	Indeks Kesehatan	Jumlah Rumah Sakit Umum
1.912051	1.789879	2.879423

Dari hasil uji VIF diatas :

- Jumlah_penduduk (VIF = 1.912051): Nilai VIF ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan, karena nilai VIF lebih kecil dari 5.

- Indeks_kesehatan (VIF = 1.789879): Nilai VIF ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan, karena nilai VIF lebih kecil dari 5.
- Jumlah_rumah_sakit (VIF = 2.879423): Nilai VIF ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan, karena nilai VIF lebih kecil dari 5.

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil VIF yang diberikan, tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan antara variabel-variabel independen yang anda gunakan dalam model. Dengan kata lain, ketiga variabel ini dapat tetap digunakan dalam model tanpa mengkhawatirkan adanya pengaruh yang kuat satu sama lain.

Karena tidak ada masalah maka akan dilanjutkan dengan menggunakan model poisson, berikut adalah hasilnya :

Tabel 2. Hasil Uji Poisson

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)
(Intercept)	-5.547341	10.992986	-0.505	0.6138
Population	0.354382	0.183459	1.932	0.0534
Healthindex	5.447903	13.563805	0.402	0.6879
Hospitals	0.002733	0.025655	0.107	0.9152

Hasil analisis regresi poisson menunjukkan bahwa variabel populasi memiliki potensi pengaruh penting terhadap variabel respon, meskipun hanya mendekati signifikansi statistik ($p = 0.0534$). setiap peningkatan satu unit pada populasi diperkirakan meningkatkan rata-rata variabel respon sebesar 42,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa dinamika populasi dapat menjadi faktor kunci yang perlu diperhatikan dalam konteks penelitian ini.

Sebaliknya, variabel lainnya, seperti indeks kesehatan dan jumlah rumah sakit, tidak menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik, meskipun indeks kesehatan memiliki koefisien positif yang besar. Hasil ini mungkin mencerminkan kompleksitas hubungan antara faktor-faktor ini dengan variabel respon, atau adanya pengaruh variabel lain yang belum dimasukkan ke dalam model.

Model menunjukkan penurunan deviasi yang substansial, dari 9.63 (null deviance) menjadi 2.40 (residual deviance), mengindikasikan bahwa model dengan prediktor memiliki kecocokan yang lebih baik dibandingkan model kosong. Namun, hasil AIC yang tidak terdefinisi (inf) mungkin menunjukkan kebutuhan untuk mengevaluasi ulang kompleksitas model atau memperbaiki asumsi distribusi.

Distribusi Gamma

Sebelum menguji distribusi poisson, akan diuji Nilai Variance Factor (VIF). VIF digunakan untuk mengukur multikolinearitas antar variabel independen dalam model regresi.

Tabel 3. Hasil Uji VIF

Jumlah Penduduk	Indeks Kesehatan	Jumlah Rumah Sakit Umum
1.912051	1.789879	2.879423

Dari hasil uji VIF diatas :

- Jumlah_penduduk (VIF = 1.912051): Nilai VIF ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan, karena nilai VIF lebih kecil dari 5.
- Indeks_kesehatan (VIF = 1.789879): Nilai VIF ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan, karena nilai VIF lebih kecil dari 5.
- Jumlah_rumah_sakit (VIF = 2.879423): Nilai VIF ini menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan, karena nilai VIF lebih kecil dari 5.

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil VIF yang diberikan, tidak ada masalah multikolinearitas yang signifikan antara variabel-variabel independen yang anda gunakan dalam model. Dengan kata lain, ketiga variabel ini dapat tetap digunakan dalam model tanpa mengkhawatirkan adanya pengaruh yang kuat satu sama lain.

Karena tidak ada masalah maka akan dilanjutkan dengan menggunakan model gamma, berikut adalah hasilnya :

Tabel 4. Hasil Uji Poisson

	Mean	Sd	0.025 quant	0.5 quant	0.975 quant	Mode	Kld
(Intercept)	-4.887	4.1827	-13.1354	-4.8921	3.3857	-4.8918	0
Populasi	0.3823	0.0911	0.2027	0.3822	0.5628	0.3822	0
Health Index	4.4265	5.2055	-5.8704	4.4320	14.6909	4.4316	0
Hospitals	0.0103	0.0134	-0.0161	0.0103	0.0367	0.0103	0

Jumlah_Penduduk menunjukkan hubungan positif yang cukup kuat, di mana peningkatan jumlah penduduk berhubungan langsung dengan peningkatan jumlah kasus penyakit. Setiap tambahan satu unit penduduk diperkirakan akan meningkatkan jumlah kasus penyakit sebesar 0.3823.

Namun, variabel Indeks_Kesehatan menunjukkan ketidakpastian yang lebih besar dalam pengaruhnya terhadap jumlah kasus penyakit. Meskipun estimasi koefisiennya menunjukkan hubungan positif (4.4265), rentang kuantil yang luas (dari -5.8704 hingga 14.6909) menunjukkan bahwa efek dari Indeks Kesehatan terhadap jumlah kasus penyakit dapat bervariasi secara signifikan, yang mencerminkan kompleksitas dalam hubungan antara kesehatan masyarakat dan prevalensi penyakit.

Selain itu, variabel Jumlah_Rumah_Sakit juga berkontribusi pada peningkatan jumlah kasus penyakit, meskipun pengaruhnya relatif kecil (0.0103 per rumah sakit tambahan). Efek ini cukup stabil, dengan rentang kuantil yang sempit menunjukkan adanya hubungan yang lebih pasti antara jumlah rumah sakit dan jumlah kasus penyakit.

Di sisi lain, analisis hyperparameter menunjukkan bahwa model ini memiliki precision parameter sekitar 5.98, yang mencerminkan variasi yang sedang dalam data yang diobservasi, meskipun tetap ada ketidakpastian pada beberapa estimasi.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa faktor demografis seperti jumlah penduduk dan ketersediaan fasilitas kesehatan (rumah sakit) memiliki peran penting dalam prevalensi penyakit di tingkat kabupaten/kota. Namun, ketidakpastian pada variabel Indeks_Kesehatan menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih mendalam untuk memahami faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi kesehatan masyarakat. Model INLA dengan distribusi Gamma memberikan wawasan yang berguna untuk merencanakan intervensi kesehatan berbasis data, meskipun ada beberapa ketidakpastian yang perlu diatasi dalam penelitian selanjutnya.

Penelitian ini mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) di Jawa Barat dengan menggunakan dua model distribusi, yaitu Poisson dan Gamma. Hasil analisis menunjukkan bahwa Jumlah Penduduk berperan signifikan dalam peningkatan jumlah kasus TBC. Setiap peningkatan satu unit jumlah penduduk diperkirakan akan meningkatkan jumlah kasus penyakit TBC sebesar 38.23%. Ini mengindikasikan bahwa kepadatan penduduk menjadi faktor kunci dalam penyebaran penyakit ini.

Namun, variabel Indeks Kesehatan menunjukkan ketidakpastian yang lebih besar dalam pengaruhnya terhadap jumlah kasus TBC. Meskipun estimasi koefisien untuk Indeks Kesehatan bernilai positif (4.4265), rentang kuantil yang luas (-5.8704 hingga 14.6909) menunjukkan adanya variabilitas yang tinggi dalam efeknya, yang mencerminkan kompleksitas hubungan antara status kesehatan masyarakat dan prevalensi penyakit. Ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami lebih dalam faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan tersebut.

Di sisi lain, Jumlah Rumah Sakit berkontribusi terhadap peningkatan jumlah kasus TBC, meskipun pengaruhnya kecil (0.0103 per rumah sakit tambahan), dengan hubungan yang lebih stabil seperti

yang terlihat pada rentang kuantil yang sempit. Ketersediaan fasilitas kesehatan dapat mempengaruhi pola penanganan dan deteksi kasus TBC, namun faktor lainnya seperti pola hidup, tingkat kesadaran, dan aksesibilitas ke layanan kesehatan mungkin juga berperan dalam tingkat prevalensi penyakit.

Analisis hyperparameter menunjukkan bahwa model ini memiliki nilai precision parameter sekitar 5.98, yang mencerminkan adanya variasi dalam data yang diamati. Meskipun demikian, ketidakpastian yang terlihat dalam estimasi beberapa parameter menunjukkan bahwa model ini masih dapat diperbaiki lebih lanjut untuk menangkap dinamika yang lebih kompleks dari faktor-faktor penyebab TBC.

Secara keseluruhan, temuan ini memberikan wawasan yang penting untuk merencanakan intervensi kesehatan yang lebih tepat, dengan menyoroti peran penting dari jumlah penduduk dan fasilitas kesehatan dalam pengendalian penyakit TBC. Untuk intervensi yang lebih efektif, disarankan untuk mengintegrasikan faktor-faktor lain yang mungkin tidak tercakup dalam model ini, serta mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi yang lebih luas. Pendekatan berbasis data yang lebih mendalam dan cermat diperlukan untuk mengoptimalkan upaya pencegahan dan penanganan TBC di tingkat kabupaten/kota, terutama di daerah dengan populasi padat seperti Jawa Barat.

PENUTUP / KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kasus TBC di Jawa Barat. Setiap penambahan satu unit jumlah penduduk diperkirakan akan meningkatkan jumlah kasus TBC sebesar 38.23%. Meskipun Indeks Kesehatan menunjukkan hubungan positif dengan jumlah kasus TBC, terdapat ketidakpastian yang tinggi dalam pengaruhnya, yang mencerminkan kompleksitas hubungan antara status kesehatan masyarakat dan prevalensi penyakit

Jumlah rumah sakit juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah kasus TBC, meskipun pengaruhnya kecil. Model ini memiliki nilai precision parameter sekitar 5.98, yang menunjukkan adanya variasi dalam data yang diamati. Temuan ini menyoroti peran penting dari jumlah penduduk dan fasilitas kesehatan dalam pengendalian penyakit TBC. Penelitian ini merekomendasikan integrasi faktor-faktor lain yang mungkin tidak tercakup dalam model ini, serta mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi yang lebih luas, untuk intervensi yang lebih efektif.

Pendekatan berbasis data yang lebih mendalam dan cermat diperlukan untuk mengoptimalkan upaya pencegahan dan penanganan TBC di tingkat kabupaten/kota, terutama di daerah dengan populasi padat seperti Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

Andi, M. R., Irmasari. (2024). Pembelajaran distribusi gamma dalam masalah biomedis: tinjauan pada pengaruh dosis beracun pada tikus.

<https://journals.eduped.org/index.php/jrsme/article/view/1069/714>

- BPS. (2020). Jumlah penduduk menurut kabupaten/kota (jiwa), 2018-2020. <https://jabar.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMzIzI=/jumlah-penduduk-menurut-kabupaten-kota.html>
- BPS. (2022). [Metode Baru] Indeks kesehatan menurut kabupaten kota di provinsi jawa barat, 2022. <https://ciamiskab.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODAjMg==/-metode-baru--indeks-kesehatan-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-barat.html>
- BPS. (2022). Jumlah rumah sakit umum, rumah sakit khusus, puskesmas, klinik pratama, dan posyandu menurut kabupaten/kota di provinsi jawa barat, 2022. <https://jabar.bps.go.id/id/statistics-table/3/YmlzemNGUkNVblZLVVhObIREWnZXbkEzWld0eVVUMDkiMw==/jumlah-rumah-sakit-umum--rumah-sakit-khusus--puskesmas--klinik-pratama--dan-posyandu-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-barat--2023.html?year=2022>
- BPS. (2023). Kasus penyakit menurut kabupaten/kota dan jenis penyakit di provinsi jawa barat, 2023. <https://jabar.bps.go.id/en/statistics-table/3/YTA1Q1ptRmhUMEpXWTBsQmQyZzBjVzgwUzB4aVp6MDkiMw==/kasus-penyakit-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-penyakit-di-provinsi-jawa-barat--2023.html?year=2023>
- Detik. (2023). Jawa Barat memerangi penyakit tuberkulosis. <https://www.detik.com/jabar/berita/d-7203992/jawa-barat-memerangi-penyakit-tuberkulosis>
- Fredista, A. V. R. P. (2020). Faktor sarana/fasilitas kesehatan mempengaruhi perubahan perilaku pasien TBC. <file:///C:/Users/fibor/Downloads/Faktor%20sarana%20fasilitas%20kesehatan%20mempengaruhi%20perubahan%20perilaku%20pasien%20TBC.pdf>
- Kemendes. (2022). TBC. https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/1375/tbc
- Raini, M., Suwarno, A., Pasukat, S. (2013). Perbandingan distribusi binomial dan distribusi poisson dengan parameter yang berbeda. <https://media.neliti.com/media/publications/221420-perbandingan-distribusi-binomial-dan-dis.pdf>
- Warella, R. Y., Wattimanela, H. J., & Ilwaru, V. Y. I. (2021). Sifat-sifat dan kejadian khusus distribusi gamma. *Barekeng*, 15(1), 047–058. <https://doi.org/10.30598/barekengvol15iss1pp047-058>