

# Pemodelan Jumlah Kasus Tuberkulosis dengan Pendekatan Regresi Non-linear di Sumatera Utara

Laura Annisa Purba\*, Hanafi Irsyad Pulunga, Putri Leony Simpa, Vincencia Cahyani Pandiangan, Hanna Dewi Marina Hutabarat

*Mahasiswa Statistika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan*

[prbalaura2@gmail.com](mailto:prbalaura2@gmail.com)

**Diterima: 09-10-2025 ; Direvisi: 20-12-2025 ; Dipublikasi: 24-12-2025**

## Abstract

Tuberculosis (TB) remains one of the major infectious diseases requiring serious attention in regional health policy planning. This study aims to model the number of TB cases in North Sumatra Province using a non-linear regression approach with a Negative Binomial distribution to address overdispersed count data. Secondary data from 33 districts/cities in 2023 were analyzed, with the number of TB cases as the dependent variable and the number of poor population, GDP per capita, number of public health centers, and open unemployment rate as independent variables. The results indicate that the model is statistically significant overall; however, at the individual level, only the open unemployment rate shows a positive effect that approaches statistical significance. These findings highlight the complexity of TB determinants and suggest the need for cross-sectoral strategies focusing on employment expansion and the strengthening of primary health care services.

**Keywords:** Tuberculosis (TB); Non-linear regression; Negative binomial; Overdispersion; Primary healthcare services

## Abstrak

Tuberkulosis (TBC) masih menjadi salah satu penyakit menular utama yang memerlukan perhatian serius dalam perencanaan kebijakan kesehatan daerah. Penelitian ini bertujuan memodelkan jumlah kasus TBC di Provinsi Sumatera Utara menggunakan regresi non-linear berdistribusi Negative Binomial untuk menangani data count yang mengalami overdispersi. Data sekunder tahun 2023 dari 33 kabupaten/kota dianalisis dengan variabel dependen jumlah kasus TBC serta variabel independen jumlah penduduk miskin, PDRB per kapita, jumlah puskesmas, dan tingkat pengangguran terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model secara simultan signifikan, namun secara parsial hanya tingkat pengangguran terbuka yang berpengaruh positif mendekati signifikan terhadap jumlah kasus TBC. Temuan ini mengindikasikan bahwa determinasi TBC bersifat kompleks dan memerlukan kebijakan lintas sektor yang menekankan perluasan lapangan kerja dan penguatan layanan kesehatan primer.

**Kata Kunci:** Tuberkulosis (TBC); Regresi non-linear; Negative binomial; Overdispersi; Layanan kesehatan primer

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu penyakit yang paling membahayakan masyarakat di seluruh dunia, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia, adalah tuberkulosis (TB). Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dan menyerang

terutama sistem pernapasan. Gejalanya termasuk batuk berkepanjangan, demam, penurunan berat badan, dan berkeringat pada malam hari. TB masih merupakan penyebab utama morbiditas dan mortalitas di banyak negara di dunia, meskipun telah dilakukan upaya pencegahan dan pengobatan. Ini juga masuk dalam daftar sepuluh penyebab kematian tertinggi di dunia.

Jika dibandingkan dengan provinsi lain di Tanah Air, Sumatera Utara adalah salah satu provinsi dengan jumlah kasus tuberkulosis yang cukup tinggi. Berdasarkan data survei penyakit, Sumatera Utara melaporkan ribuan kasus tuberkulosis setiap tahunnya, dengan perbedaan spasial yang signifikan antara kabupaten dan kota di seluruh provinsi. Jumlah kasus yang signifikan ini membuat perencanaan program kesehatan, pengalokasian sumber daya, dan penanggulangan penyakit yang efektif menjadi sulit. Jadi, untuk memahami pola distribusi TB dan faktor-faktor penentu yang mempengaruhi jumlah kasus di wilayah ini, analisis dan pemodelan statistik yang tepat diperlukan. Metode statistik yang tepat juga dapat membantu mengekstrak informasi penting dari data kasus dan memberikan landasan ilmiah bagi pembuat kebijakan kesehatan.

Pemodelan jumlah kasus tuberkulosis secara statistik bertujuan untuk menunjukkan bagaimana variabel respon (jumlah kasus) dan variabel penjelas (jumlah kasus). Data jumlah kasus TB biasanya data diskrit dan tidak negatif, sehingga teknik pemodelan yang digunakan harus mampu menangani karakteristik data hitung tersebut. Selain itu, pola ketidakteraturan, variansi yang tidak konstan, dan hubungan yang tidak proporsional antara variabel respon dan prediktor sering ditemukan dalam data epidemiologi. Kondisi seperti ini membuat penggunaan model regresi linear klasik menjadi kurang tepat karena asumsi dasar seringkali tidak terpenuhi. Akibatnya, untuk menunjukkan dinamika jumlah kasus TB secara lebih akurat dan realistis, diperlukan pendekatan pemodelan yang lebih fleksibel dan adaptif (Jurnal MSA, 2025).

Selain itu, pola variasi geografi dalam data TB di provinsi Sumatera Utara dan provinsi lain di Indonesia telah dipahami melalui penggunaan teknik regresi spasial seperti Geographically Weighted Regression (GWR). Misalnya, penelitian yang menggunakan Ordinary Least Squares (OLS) dan GWR untuk kasus tuberkulosis di Sumatera Utara menunjukkan bahwa model spasial seperti GWR mampu menangkap heterogenitas lokal lebih baik daripada model global OLS konvensional, menghasilkan nilai statistik kecocokan yang lebih tinggi, dan menunjukkan korelasi yang signifikan antara faktor risiko dan jumlah kasus di daerah tersebut. Metode ini menegaskan bahwa pemilihan model yang akurat secara statistik juga harus mempertimbangkan dimensi geografis dari fenomena epidemiologi yang dipelajari (Jurnal Ilmiah Geomatika, 2025).

Metode ini sangat relevan untuk model regresi non-linear ketika hubungan antara prediktor dan jumlah kasus tidak hanya linear sederhana, tetapi juga kompleks atau berubah-ubah tergantung pada tingkat variabel tertentu. Metode regresi non-linear termasuk modeling spline semiparametrik, regresi non-linear adaptif, dan penggunaan teknik pengajaran mesin. Metode non-linear ini sangat berguna dalam data epidemi yang menunjukkan tren yang tidak sederhana atau interaksi kompleks antar variabel. Ini terutama berlaku untuk data epidemi dengan fluktuasi yang dipengaruhi oleh

struktur sosial, perilaku manusia, dan musim. (Jurnal of Biopharmaceutical Statistics, 2020).

## 2. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pemodelan regresi non-linear distribusi *Negative Binomial* (*Negative Binomial Regression/NBR*). Model ini dipilih karena data jumlah kasus Tuberkulosis (TBC) berbentuk *count data* dan menunjukkan gejala overdispersi, yaitu variansi data lebih besar daripada nilai rata-rata. Kondisi ini membuat model NBR lebih sesuai dibandingkan regresi Poisson.

Model NBR merupakan pengembangan dari regresi Poisson dengan menambahkan parameter dispersi ( $\gamma$ ) untuk mengakomodasi kelebihan variansi. Variansi dari variabel respon dirumuskan sebagai

$$\text{Var}(Y_i | \mu_i) = \mu_i(1 + \gamma\mu_i),$$

sedangkan hubungan antara variabel respon dan variabel bebas dibentuk melalui fungsi *link log*, yaitu

$$\log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi}.$$

Estimasi parameter dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation (MLE)* dengan algoritma *Iteratively Reweighted Least Squares (IRLS)* hingga model mencapai konvergensi (Lukman et al., 2024).

Selain mampu menangani overdispersi, model NBR juga dikenal sensitif terhadap multikolinearitas antarvariabel bebas dan keberadaan outlier pada data, yang dapat menyebabkan estimasi koefisien menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, sejumlah pengembangan seperti *Ridge-NBR*, *Liu-type NBR*, dan *Robust Hybrid Kibria-Lukman Estimator (M-NBKLE)* telah diperkenalkan untuk meningkatkan akurasi dan kestabilan model (Lukman et al., 2024).

Unit analisis penelitian ini mencakup 33 kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara, dengan menggunakan data sekunder tahun 2023 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Variabel dependen adalah jumlah kasus TBC, sedangkan variabel independen meliputi jumlah penduduk miskin, PDRB per kapita, jumlah puskesmas, dan tingkat pengangguran terbuka.

Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah analisis deskriptif untuk menggambarkan karakteristik setiap variabel. Tahap kedua yaitu, uji kesesuaian model (*Goodness of Fit*) yang mencakup ukuran *Deviance*, *Pearson Chi-Square*, *Akaike's Information Criterion (AIC)*, dan *Bayesian Information Criterion (BIC)*. Tahap berikutnya adalah uji simultan (*Omnibus Test*) untuk menilai pengaruh variabel independen secara bersama-sama, serta uji parsial (*Parameter Estimates*) untuk

melihat pengaruh masing-masing variabel secara terpisah. Interpretasi hasil didasarkan pada nilai koefisien regresi (B), tingkat signifikansi (*p-value*), dan nilai  $\text{Exp}(B)$ .

Seluruh analisis dilakukan dengan menggunakan *IBM SPSS Statistics* versi 25, yang mempermudah proses estimasi dan penyajian hasil secara sistematis. Pendekatan ini dipilih karena dianggap mampu menggambarkan hubungan antara faktor sosial ekonomi dan kasus TBC secara lebih komprehensif, serta memberikan hasil yang lebih stabil dibandingkan model Poisson (Lukman et al., 2024).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 HASIL

##### Statistik Deskriptif

**TABEL 1.** *Statistik Deskriptif Variabel Penelitian*

	<b>N</b>	<b>Minimu m</b>	<b>Maximu m</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Deviation</b>
<b>Kasus TBC</b>	33	49	17.161	1.570,52	2.989,765
<b>Penduduk Miskin</b>	33	4	187	37,21	34,277
<b>PDRB PerKapita</b>	33	1719	329.609	34.755,86	60.254,299
<b>Puskesmas</b>	33	5	47	18,91	10,339
<b>Pengangguran</b>	33	1	8	4,36	2,372

Analisis deskriptif menunjukkan bahwa rata-rata kasus TBC di 33 kabupaten/kota di Sumatera Utara mencapai 1.570 kasus, dengan variasi cukup besar antara 49 hingga 17.161 kasus. Jumlah penduduk miskin rata-rata sebesar 37.210 jiwa, dengan rentang antara 4.000 hingga 187.000 jiwa. Nilai PDRB per kapita memiliki rata-rata sebesar 34.755 ribu rupiah, dengan sebaran yang sangat lebar mulai dari 1.719 hingga 329.609 ribu rupiah. Rata-rata jumlah puskesmas per daerah adalah 19 unit, dengan variasi antara 5 hingga 47 unit. Sementara itu, tingkat pengangguran terbuka berkisar antara 1,0% hingga 8,0%, dengan rata-rata 4,36%. Gambaran ini menunjukkan adanya ketimpangan sosial ekonomi serta perbedaan kapasitas layanan kesehatan antarwilayah di Provinsi Sumatera Utara.

##### Uji *Goodness of Fit*

**TABEL 2.** *Hasil Uji Goodness Of Fit Model NBR*

	Value/df
<b>Deviance</b>	0,343
<b>Pearson Chi-Square</b>	0,283
<b>Akaike's Information Criterion (AIC)</b>	528,960
<b>Bayesian Information Criterion (BIC)</b>	536,442

Hasil uji *Goodness of Fit* menunjukkan nilai Deviance/df sebesar 0,343 dan *Pearson Chi-Square*/df sebesar 0,283, yang mendekati angka ideal 1. Hal ini mengindikasikan bahwa model NBR sesuai dengan karakteristik data. Selain itu, nilai AIC sebesar 528,96 dan BIC sebesar 536,44 yang relatif rendah menunjukkan bahwa model cukup efisien dalam menjelaskan variasi kasus TBC.

### Uji Simultan

**TABEL 3.** Hasil Uji Simultan (*Omnibust Test*)

Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
32,766	4	0,000

Hasil *Omnibus Test* menghasilkan nilai *Chi-Square* sebesar 32,766 dengan  $df = 4$  dan  $p < 0,001$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa keempat variabel bebas yakni, jumlah penduduk miskin, PDRB per kapita, jumlah puskesmas, dan tingkat pengangguran terbuka secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variasi kasus TBC di Sumatera Utara.

### Uji Parsial

**TABEL 4.** Hasil Uji Parsial (*Parameter Estimates*)

Variabel Independen	B	Std. Error	Sig.	Exp(B)
<b>Penduduk Miskin</b>	-0,009	0,0170	0,580	0,99
<b>PDRB Per Kapita</b>	1,117E-5	8,0017E-6	0,163	1,00
<b>Puskesmas</b>	0,029	0,0302	0,329	1,03
<b>Pengangguran</b>	0,145	0,0857	0,091	1,16

Hasil uji parsial menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5%, tidak ada variabel yang berpengaruh signifikan secara individual terhadap kasus TBC. Variabel kemiskinan memiliki koefisien  $B = -0,009$  ( $p = 0,580$ ), PDRB per kapita sebesar  $B = 1,117E-5$  ( $p = 0,163$ ), dan jumlah puskesmas sebesar  $B = 0,029$  ( $p = 0,329$ ), yang seluruhnya tidak signifikan. Sementara itu, variabel pengangguran memiliki koefisien  $B = 0,145$  ( $p = 0,091$ ) dan menunjukkan arah positif serta signifikan pada taraf 10%. Nilai  $\text{Exp}(B) = 1,16$  menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1% tingkat pengangguran berpotensi meningkatkan jumlah kasus TBC sekitar 15%.

Berdasarkan hasil tersebut, model dinyatakan layak secara keseluruhan, namun pengaruh masing-masing variabel berbeda-beda. Hal ini menegaskan bahwa penyebab TBC bersifat kompleks dan tidak hanya bergantung pada satu aspek ekonomi.

### 3.2 PEMBAHASAN

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa meskipun model secara simultan signifikan, variabel-variabel independen tidak menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial pada taraf 5%. Variabel kemiskinan tidak terbukti berpengaruh terhadap jumlah kasus TBC. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan program perlindungan sosial seperti JKN dan BPJS Kesehatan yang memungkinkan kelompok miskin tetap mengakses layanan kesehatan, serta potensi *underreporting* di wilayah dengan tingkat kemiskinan tinggi. Meski demikian, kemiskinan, gizi buruk, dan kepadatan hunian tetap menjadi determinan sosial penting yang meningkatkan risiko penularan TBC (World Health Organization, 2024).

Variabel PDRB per kapita juga tidak signifikan, yang menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi makro tidak selalu berhubungan langsung dengan kesehatan masyarakat. Faktor non-ekonomi seperti perilaku hidup sehat, kepadatan penduduk, urbanisasi, dan kualitas lingkungan sering kali lebih menentukan (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023).

Variabel jumlah puskesmas juga tidak terbukti signifikan. Kondisi ini menekankan bahwa banyaknya fasilitas kesehatan belum tentu efektif menurunkan kasus TBC tanpa dukungan mutu pelayanan, kapasitas deteksi dini, ketersediaan tenaga medis, dan kepatuhan pasien dalam menjalani pengobatan. Kualitas layanan primer memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan kuantitas fasilitas yang tersedia (World Health Organization, 2024).

Sementara itu, tingkat pengangguran menunjukkan arah positif dan mendekati signifikan. Hal ini sejalan dengan teori yang mengaitkan pengangguran dengan berkurangnya daya beli rumah tangga, penurunan asupan gizi, serta terbatasnya akses terhadap layanan kesehatan, yang secara kumulatif dapat meningkatkan kerentanan terhadap TBC (World Health Organization, 2024).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa determinan kasus TBC bersifat kompleks dan multidimensional. Faktor ekonomi makro seperti PDRB dan kemiskinan tidak selalu memiliki pengaruh langsung, sementara faktor sosial seperti pengangguran tampak lebih erat dengan kondisi kesehatan masyarakat. Implikasi kebijakan dari temuan ini adalah perlunya strategi lintas sektor yang tidak hanya berfokus pada pembangunan ekonomi, tetapi juga mencakup penciptaan lapangan kerja, penguatan kualitas layanan kesehatan primer, serta sistem perlindungan sosial. Rekomendasi ini sejalan dengan arah kebijakan global dan nasional dalam penanggulangan TBC (World Health Organization, 2024; Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020).

#### **4. SIMPULAN**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa model regresi non-linear Negative Binomial merupakan pendekatan yang tepat untuk memodelkan jumlah kasus tuberkulosis di Provinsi Sumatera Utara yang memiliki karakteristik data overdispersi. Hasil analisis menunjukkan bahwa secara simultan variabel jumlah penduduk miskin, PDRB per kapita, jumlah puskesmas, dan tingkat pengangguran terbuka berpengaruh signifikan terhadap variasi jumlah kasus TBC. Namun, secara parsial hanya tingkat pengangguran yang menunjukkan pengaruh positif dan mendekati signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa faktor penyebab tuberkulosis bersifat kompleks dan tidak hanya dipengaruhi oleh aspek ekonomi makro, tetapi juga oleh kondisi sosial, kesempatan kerja, serta efektivitas pelayanan kesehatan primer. Model ini memberikan gambaran empiris yang realistis terhadap dinamika penyebaran TBC dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan kebijakan kesehatan masyarakat di tingkat daerah.

#### **5. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penulisan artikel ini, baik secara langsung maupun tidak. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada para penulis dan peneliti artikel ilmiah yang menjadi rujukan dalam kajian ini.

#### **6. REKOMENDASI**

Penelitian ini merekomendasikan perlunya penguatan strategi lintas sektor dalam upaya penanggulangan TBC, khususnya melalui peningkatan lapangan kerja, perbaikan kualitas layanan kesehatan primer, dan penguatan sistem perlindungan sosial. Pemerintah daerah perlu memfokuskan kebijakan pada peningkatan kapasitas tenaga kesehatan, optimalisasi deteksi dini, dan pengawasan pengobatan pasien agar program eliminasi TBC berjalan efektif.

Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan variabel dengan memasukkan faktor lingkungan, perilaku masyarakat, serta kondisi perumahan untuk menghasilkan model yang lebih komprehensif. Hambatan yang dihadapi dalam penelitian ini antara lain keterbatasan data sekunder dan potensi underreporting kasus, yang dapat mempengaruhi akurasi estimasi model. Oleh karena itu, penyediaan data yang lebih lengkap dan sistem pelaporan berbasis digital menjadi langkah penting untuk meningkatkan validitas penelitian di masa mendatang.

## 7. REFERENSI

- Bawasir, A., Kusnadi, S. R. B. P., & Koman, W. A. F. (2025). Analisis Model Regresi Spasial Kasus Tuberkulosis (TB) di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Ordinary Least Squares (OLS) dan Geographically Weighted Regression (GWR). *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 5(2), 1–16. <https://doi.org/10.31315/imagi.v5i2.15604>
- Burger, D. A., & Schall, R. (2020). A Bayesian nonlinear mixed-effects regression model for the characterization of early bactericidal activity of tuberculosis drugs. *Journal of Biopharmaceutical Statistics*, 25(6), 1247–1271. <https://doi.org/10.1080/10543406.2014.971170>
- Desy, R. J., Asriwati, & Fitriani, A. D. (2024). Analisis Penatalaksanaan Program Penanggulangan Tuberkulosis Paru dengan Strategi DOTS. *Journal of Telenursing (JOTING)*, 6(2). DOI: 10.31539/joting.v6i2.12087
- Gurusinga, R. (n.d.). Penyuluhan Kesehatan Untuk Meningkatkan Pengetahuan Tentang Penularan Penyakit Tb Paru di Puskesmas Bandar Khalipah. *JURNAL PENGEMAS KESTRA (JPK)*.
- Hosmer Jr., D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied Logistic Regression* (3rd ed.). John Wiley & Sons. [DOI: 10.1002/9781118548387]
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). Rencana aksi nasional penanggulangan tuberkulosis 2020–2024. Kementerian Kesehatan RI. <https://repository.kemkes.go.id/book/567>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Profil kesehatan Indonesia tahun 2022. Kementerian Kesehatan RI. <https://www.kemkes.go.id/downloads/resources/download/pusdatin/profil-kesehatan-indonesia/Profil-Kesehatan-Indonesia-Tahun-2022.pdf>
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2022. Pusdatin Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (n.d.). Buku Pedoman Tuberkulosis. [<https://repository.kemkes.go.id/book/567>]
- Lubis, I., Fadillah, I., Adelia, N., Ramadani, R., Mawarni, D., Adinda, P., & Nasution, A. D. (2025). Evaluasi Layanan dan Strategi Pengendalian Tuberkulosis (TBC) Di Puskesmas Padang Bulan: Tantangan dan Harapan. *JUKEJ: Jurnal Kesehatan Jompa*, 4(1).
- Supit, O. E., Manoppo, J. I. C., & Manoppo, J. E. (2024). Analisis Hubungan Faktor Motivasi, Beban Kerja, dan Lingkungan Kerja dengan Kepuasan Kerja Pegawai Di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Sam Ratulangi. *Journal of Management and Bussines (JOMB)*, 8(3).
- Syafiqoh, A. J., Mahardika, R., Amaria, S., Winaryati, E., & Al Haris, M. (2025). Pemodelan Regresi Binomial Negatif untuk Evaluasi Faktor Risiko Kasus Tuberkulosis di Jawa

Barat. Jurnal MSA. <https://doi.org/10.24252/msa.v12i1.39450> Ulya, F. (2023). Analisis Program Penanggulangan TBC di Indonesia dalam Upaya Pencapaian Target Eliminasi TBC Tahun 2030.

World Health Organization. (2024). Global tuberculosis report 2024. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240101531>

World Health Organization. (2024). Global Tuberculosis Report 2024. [ISBN: 9789240101531]