

## Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Tuberkulosis (TBC) di Bangka Belitung Tahun 2023 Menggunakan Regresi Robust

### Zubaidah

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [zubaidahaidah3102@gmail.com](mailto:zubaidahaidah3102@gmail.com)\*

### Ferischa Reynasa

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [ferischar04@gmail.com](mailto:ferischar04@gmail.com)

### Ananda Dwi Putri

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [anandaputridwiputri@gmail.com](mailto:anandaputridwiputri@gmail.com)

### Siti Mardina

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [mardinasiti704@gmail.com](mailto:mardinasiti704@gmail.com)

### Nazila

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [Nazilazilzila6@gmail.com](mailto:Nazilazilzila6@gmail.com)

### Gita Felika

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [dindaajaa09@gmail.com](mailto:dindaajaa09@gmail.com)

### Zabilla

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [zabillaaaaaa@gmail.com](mailto:zabillaaaaaa@gmail.com)

### Ineu Sulistiana

Program Studi Matematika. Fakultas Sains dan Teknik. Universitas Bangka Belitung  
e-mail : [ineu.sastrawinangun90@gmail.com](mailto:ineu.sastrawinangun90@gmail.com)

### Abstrak

Tuberkulosis (TBC) merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang masih menjadi perhatian di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi angka penemuan kasus TBC dengan menggunakan metode regresi robust, mengingat data epidemiologi rentan terhadap keberadaan pencilan. Variabel independen yang digunakan meliputi jumlah perokok usia 15–24 tahun, kepadatan penduduk, dan jumlah penduduk miskin. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel perokok usia 15–24 tahun dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan terhadap angka penemuan kasus TBC. Kepadatan penduduk memiliki pengaruh positif, sedangkan variabel perokok usia 15–24 tahun menunjukkan pengaruh negatif yang konsisten dengan hasil regresi linear berganda. Selain itu, regresi robust mengungkapkan bahwa variabel penduduk miskin berpengaruh signifikan terhadap angka penemuan kasus TBC, yang sebelumnya tidak terdeteksi pada model regresi linear berganda akibat pengaruh pencilan. Secara keseluruhan, regresi robust menghasilkan estimasi yang lebih stabil dengan standar error yang lebih kecil, sehingga dinilai lebih sesuai untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi angka penemuan TBC.

**Kata kunci:** Tuberkulosis, Regresi Robust, Perilaku Merokok, Kepadatan Penduduk, Penduduk Miskin.

### Abstract

Tuberculosis (TB) is a public health problem that is still a concern in the Bangka Belitung Islands Province. This study aims to analyze the factors that influence the number of TB case detections using the robust regression method, considering that

*epidemiological data is susceptible to the presence of outliers. The independent variables used include the number of smokers aged 15–24 years, population density, and the number of poor people. The results of the analysis show that the variables of smokers aged 15–24 years and population density have a significant influence on the number of TB cases discovered. Population density has a positive influence, while the variable of smokers aged 15–24 years shows a negative influence which is consistent with the results of multiple linear regression. In addition, robust regression revealed that the poor population variable had a significant effect on the number of TB case detections, which was previously not detected in the multiple linear regression model due to the influence of outliers. Overall, robust regression produces more stable estimates with smaller standard errors, so it is considered more suitable for analyzing factors that influence TB detection rates.*

**Keyword:** Tuberculosis, Robust Regression, Smoking Behavior, Population Density, Poor Population.

## PENDAHULUAN

Tuberkulosis adalah salah satu penyakit yang memiliki angka kematian sangat tinggi. Secara internasional, penyakit ini menduduki posisi sepuluh teratas yang menyebabkan jutaan kematian setiap tahunnya. Meskipun berbagai upaya pengendalian telah dilakukan, tantangan global masih besar untuk menurunkan beban penyakit ini. Pada tahun 2023, insiden TBC global mencapai 10,8 juta kasus atau 134 kasus per 100.000 penduduk, meningkat 0,9% dari tahun sebelumnya, sementara kematian akibat TBC menurun dari 1,32 juta menjadi 1,25 juta jiwa [1]. Indonesia menempati peringkat kedua sebagai negara dengan kasus TBC terbanyak di dunia, mencapai 1.060.000 kasus dengan 134.000 kematian per tahun, angka yang meningkat dibandingkan tahun-tahun sebelumnya [2].

Penyakit TBC merupakan infeksi menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang menyerang berbagai organ, terutama paru-paru. Penularannya melalui udara saat penderita batuk atau bersin. Risiko penularan meningkat pada kondisi daya tahan tubuh rendah, lingkungan padat penduduk, kebersihan lingkungan yang buruk, dan paparan polusi udara [3]. Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, situasi TBC menunjukkan angka peningkatan signifikan dari 1.587 kasus pada tahun 2022 menjadi 3.261 kasus pada 2023 [4]. Pemerintah Kabupaten Bangka juga merespons melalui pertemuan lintas sektor bertema “Ayo Bersama Akhiri TBC, Indonesia Bisa!” untuk memperkuat cakupan layanan, pengobatan, serta dukungan keluarga pasien [5].

Kondisi epidemiologis di Bangka Belitung menunjukkan urgensi yang tinggi untuk dilakukan penelitian lebih mendalam. Tingginya mobilitas penduduk akibat aktivitas pertambangan, meningkatnya kawasan pemukiman padat di sekitar

wilayah industri, buruknya kualitas udara akibat aktivitas penambangan timah, serta tingginya angka perokok aktif menjadi faktor yang turut memperparah penyebaran TBC [6], [7]. Selain itu, persentase penduduk miskin yang masih berada pada kisaran 4,53% tahun 2023 turut memengaruhi kerentanan masyarakat terhadap infeksi [8]. Faktor sosial-ekonomi ini sejalan dengan temuan global yang menyatakan bahwa kemiskinan, kepadatan penduduk, serta perilaku merokok merupakan determinan kuat risiko TBC [9], [10].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi robust, yang merupakan pengembangan dari regresi linear berganda. Regresi robust tetap menggunakan struktur model linear, namun teknik estimasinya tahan terhadap outlier, heteroskedastisitas, serta pelanggaran asumsi klasik yang sering muncul pada data kesehatan masyarakat [11], [12]. Karena itu, pembahasan mengenai regresi linear berganda tetap diperlukan sebagai dasar model sebelum diterapkan estimasi robust yang lebih stabil. Penelitian sebelumnya, seperti studi faktor risiko TBC pada masyarakat kumuh di Kota Palembang [13], belum memasukkan variabel penting seperti jumlah perokok dan kepadatan penduduk. Untuk mengisi kekosongan tersebut, penelitian ini memasukkan variabel jumlah perokok, jumlah penduduk miskin, dan kepadatan penduduk yang relevan dengan karakteristik epidemiologi TBC di Bangka Belitung.

Kajian epidemiologi menyatakan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki hubungan kuat dengan peningkatan kasus TBC, terutama di wilayah dengan akses kesehatan terbatas dan kualitas lingkungan yang belum optimal [9]. Kompleksitas penyebab TBC menuntut penggunaan model statistik yang mampu menangkap pengaruh masing-masing faktor secara akurat. Regresi robust memungkinkan analisis simultan antarvariabel

independen serta menghitung kontribusi relatif setiap faktor terhadap variasi jumlah kasus TBC [14]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah perokok, jumlah penduduk miskin, dan kepadatan penduduk terhadap kasus TBC di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung tahun 2023 serta menentukan faktor yang memiliki pengaruh paling dominan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan mengevaluasi efektivitas penggunaan *robust regression* sebagai metode analisis utama dalam mengatasi masalah pencilan (*outliers*) dan heteroskedastisitas yang kerap muncul pada data epidemiologi. Dengan menerapkan regresi robust, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan estimasi koefisien yang lebih stabil, reliabel, dan akurat dibandingkan regresi linear berganda konvensional, sehingga temuan yang diperoleh dapat memberikan dasar empiris yang lebih kuat dalam merumuskan intervensi kesehatan masyarakat di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

#### KAJIAN TEORI (GUNAKAN STYLE SECTION)

Robust (robustness) dalam statistika merujuk pada kemampuan suatu metode analisis untuk tetap menghasilkan estimasi dan inferensi yang andal meskipun terjadi pelanggaran terhadap asumsi dasar model. Pelanggaran tersebut dapat berupa keberadaan outlier, distribusi data yang tidak normal, heteroskedastisitas, maupun kesalahan spesifikasi model. Menurut Yohai dan Maronna, metode robust dikembangkan untuk mengatasi kelemahan metode klasik yang sangat sensitif terhadap data ekstrem dan penyimpangan asumsi statistik (Yohai & Maronna, 2019)[16].

Dalam regresi, metode klasik seperti Ordinary Least Squares (OLS) sangat sensitif terhadap outlier dan heteroskedastisitas. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa regresi robust mampu memberikan estimasi koefisien yang lebih stabil dibandingkan OLS ketika data mengandung pencilan atau varians tidak konstan (Wilcox & Keselman, 2020)[17].

#### METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu kuantitatif. Pada metode kuantitatif peneliti melakukan penelitian dan analisis dilakukan secara terus menerus dari awal penelitian hingga analisis data. Mengidentifikasi variabel-variabel yang terdapat pada penelitian yaitu jumlah penyakit TBC, jumlah perokok, jumlah penduduk miskin, dan kepadatan penduduk, berapa persentase masing-masing faktor yang mempengaruhi penyakit TBC di Bangka Belitung serta faktor mana yang memiliki persentase yang paling besar sehingga bisa menentukan faktor yang paling berpengaruh yang bisa menyebabkan penyakit TBC.

No	Variabel	Deskripsi	Tipe Data	Sumber Data
1.	Jumlah Penyakit TBC ( $Y$ )	Jumlah penyakit TBC yang terdeteksi di Bangka Belitung tahun 2023.	Numerik	babel.bps.go.id
2.	Jumlah Perokok ( $X_1$ )	Jumlah perokok di Bangka Belitung tahun 2023.	Numerik	babel.bps.go.id
3.	Jumlah Penduduk Miskin ( $X_2$ )	Jumlah penduduk miskin di Bangka Belitung tahun 2023.	Numerik	babel.bps.go.id
4.	Kepadatan Penduduk ( $X_3$ )	Kepadatan penduduk Masing	Numerik	babel.bps.go.id

		masing di Bangka Belitung tahun 2023.		
--	--	---------------------------------------	--	--

Tabel 1. Variabel Penelitian

Data yang kami gunakan yaitu data sekunder yaitu data yang telah dikumpulkan oleh pihak lain dan digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data yang diambil dari website Badan Pusat Statistik (BPS) Bangka Belitung yang mencakup data jumlah penyakit TBC, jumlah perokok, jumlah penduduk miskin, dan kepadatan penduduk di Bangka Belitung.

#### DATA PENELITIAN

Kabupaten/ Kota	Angka Penemuan TBC	Perokok 15-24	Penduduk Miskin	Kepadatan Penduduk
Bangka	729	17,06	14870	337939
Belitung	484	14,23	12510	189225
Bangka Barat	252	20,89	5910	212854
Bangka Tengah	373	18,11	10580	207435
Bangka Selatan	246	20,50	6660	205829
Belitung Timur	284	18,44	8890	131281
Pangkal Pinang	883	10,45	9270	227336

Tabel 2. Jumlah Perokok, Jumlah Penduduk Miskin, Kepadatan Penduduk, dan TBC

#### METODE ANALISIS

Studi ini menggunakan analisis inferensia. Pada analisis inferensia, digunakan analisis regresi linier berganda dan model yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e$$

Model regresi linier berganda untuk data diatas dapat ditaksir dengan model regresi linear berganda untuk sampel, yaitu :

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

Keterangan :

$\hat{Y}$  = nilai prediksi TBC

$b_0$  = dugaan parameter konstanta

$b_1$  = dugaan koefisien pengaruh jumlah perokok

$b_2$  = dugaan koefisien pengaruh jumlah penduduk miskin

$b_3$  = dugaan koefisien pengaruh kepadatan penduduk.

Model regresi linier pada penelitian ini diestimasi menggunakan metode Ordinary Least Squares (OLS). OLS merupakan teknik yang menentukan persamaan regresi dengan meminimalkan jumlah kuadrat selisih antara nilai aktual dan nilai hasil prediksi. Dalam penerapannya, metode OLS memerlukan beberapa asumsi penting, seperti tidak adanya multikolinieritas, normalitas residual, homoskedastisitas, serta tidak adanya autokorelasi untuk data runtun waktu. Namun, dalam praktiknya, sering kali data sampel tidak sepenuhnya memenuhi asumsi-asumsi tersebut. Hal ini terjadi karena OLS memberikan bobot yang sama pada seluruh pengamatan, sehingga keberadaan outlier yakni nilai ekstrem yang berbeda dari pola umum data dapat mempengaruhi estimasi model.

Outlier dapat menyebabkan pelanggaran asumsi normalitas karena nilai ekstrem menciptakan ketidaksimetrian distribusi error, sehingga uji t dan uji F tidak lagi valid, terutama pada ukuran sampel kecil. Selain itu, outlier juga berkontribusi terhadap terjadinya heteroskedastisitas, karena nilai ekstrem tersebut meningkatkan variasi error di seluruh rentang data. Kondisi ini menyebabkan varians error tidak lagi konstan, sehingga prediksi model OLS menjadi kurang akurat. OLS diterapkan pada data dengan banyak outlier, hasil estimasi dapat menjadi bias dengan standar error yang membesar, sehingga model tidak layak digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi insiden tuberkulosis di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung pada tahun 2023.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, regresi robust dapat digunakan. Menurut Chen

(2022), regresi robust merupakan metode yang dirancang untuk menghasilkan estimasi yang tahan terhadap keberadaan outlier, baik pada variabel bebas, variabel terikat, maupun keduanya[15]. Dalam penelitian ini digunakan regresi robust dengan pendekatan Method of Moment (MM), yang memiliki efisiensi tinggi (sekitar 95%) dan tinggi titik perincian (breakdown point) sebesar 0,5. Artinya, hingga 50% data yang mengandung pencilan tidak akan memengaruhi estimasi model. Estimasi-MM merupakan kombinasi antara estimator-S yang memiliki titik perincian tinggi dan estimator-M yang memiliki efisiensi tinggi. Oleh karena itu, pendekatan MM sangat sesuai digunakan pada data yang mengandung pencilan pada variabel dependen maupun independennya. Estimasi MM didefinisikan sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = \min \widehat{\sum_{i=1}^n \rho(u_i)} = \min \sum_{i=1}^n \rho\left(\frac{Y_i - \sum_{j=1}^{p-1} x_{ji}\beta_j}{\hat{\sigma}_s}\right) \quad (1)$$

dimana  $\rho$  ialah fungsi objektif dan  $\hat{\sigma}_s$  merupakan estimator skala robust.

Langkah dalam melakukan regresi robust dengan metode estimasi-MM sebagai berikut[15]:

1) Menghitung estimator awal koefisien  $\hat{\beta}; k = 1, 2, \dots, p - 1$  dan residual  $e_i; i = 1, 2, \dots, n$  dari regresi robust estimasi S dengan pembobot Tukey Bisquare

2) Menghitung estimator skala robust  $\hat{\sigma}_s$  dan pembobot awal  $w_i$ . Persamaan fungsi pembobot Tukey Bisquare sebagai berikut :

$$w_i(u_1) = \begin{cases} (1 - (\frac{u_1}{c})^2)^2; & |u_1| < c \\ 0; & |u_1| \geq c \end{cases} \quad (2)$$

Dengan  $u_i = \frac{e_i}{\hat{\sigma}_s}$  dan  $c$  merupakan konstanta pembobot Tukey Bisquare sebesar 4,685. Nilai  $\hat{\sigma}_s$  didefinisikan sebagai berikut :

$$\hat{\sigma}_s = \sqrt{\frac{1}{0,199n} \sum_{i=1}^n w_i e_i^2} \quad (3)$$

3) Menghitung koefisien regresi menggunakan residual  $e_i$  dengan skala estimasi  $w_i$  pada langkah kedua.

4) Menghitung pembobot  $w_{i(2)}$  dengan skala estimasi iterasi dari awal.

Mengulangi langkah 2), 3), 4) dengan skala estimasi tetap sampai mendapatkan  $\sum_{i=1}^n |e_{i(m)}|$  konvergen dengan selisih  $\hat{\beta}_{j(m+1)}$  dan  $\hat{\beta}_{j(m)}$  mendekati nol dengan  $m$  merupakan banyaknya iterasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### DESKRIPSI DATA

Tuberkulosis (TBC) adalah suatu penyakit menular yang bisa menyebabkan kematian. TBC bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor. Data TBC yang digunakan diperoleh dari BPS Bangka Belitung yang tertera pada Tabel 2. Dalam penelitian ini faktor yang dianggap bisa menyebabkan TBC yaitu jumlah perokok, jumlah penduduk miskin, dan kepadatan penduduk. Data jumlah perokok, jumlah penduduk miskin, dan kepadatan penduduk yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang tertera pada tabel 2. Data yang sudah didapatkan akan dianalisis menggunakan uji normalitas, uji heterokedastisitas, uji multikolinieritas, uji f, dan uji t dengan software R Studio.

### ANALISIS DATA

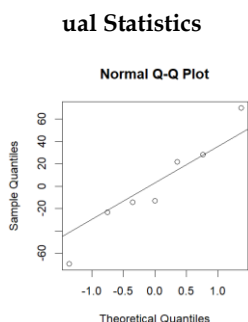
#### UJI NORMALITAS

	Kolmogorov-Smirnov Statistic			Shapiro-Wilk Statistic		
	d	Sig	f	d	Sig	f
Unstan dardize d Residua 1	0.18568	3	0.9	0.97246	3	0.9
			347			347

Tabel 3. Tabel Uji Normalitas Tests of Normality

Berdasarkan output dari uji normalitas di atas diperoleh bahwa dari hasil uji Kolmogorov-Smirnov menghasilkan nilai  $p = 0,9347$  dan hasil uji Shapiro-Wilk menghasilkan nilai  $p = 0.9347$ . Dalam hal ini, karena nilai  $p$  lebih besar dari 0,5 berarti data mengikuti distribusi normal.

Tabel 4. Tabel Residual rata-rata Uji Normalitas Resid



Gambar 2. Q-Q Plot pada uji normalitas

Berdasarkan gambar plot diatas dapat disimpulkan bahwa titik-titik (residual) berada cukup dekat dengan garis lurus, sehingga dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

**UJI MULTIKOLINIERITAS**

Tabel 5. Hasil Uji Multikolinieritas

Variabel	VIF	Tolerance
Perokok 15-24 Tahun	1,264	0,790
Penduduk Miskin	1,804	0,554
Kepadatan Penduduk	1,486	0,672

Tabel 5. Hasil Uji Multikolinieritas

Berdasarkan Output dari uji multikolinearitas di atas diperoleh bahwa nilai Tolerance nya adalah 0,790 untuk perokok 15-24 tahun, 0,554 untuk penduduk miskin, dan 0,672 untuk kepadatan penduduk. Dalam hal ini, karena nilai Tolerance lebih besar dari >0,10 maka artinya tidak terjadi multikolinearitas. Nilai VIF yang di dapat pada uji multikolinearitas di atas adalah 1,264 untuk perokok 15-24 tahun, 1,804 untuk penduduk miskin, dan 1,486 untuk kepadatan penduduk.

	Minimu m	Maximu m	Mean	Std. Deviati on
Predicted Value	246,0	883,0	464.4	215.440
Residual	10.45	20.89	17.10	3.67875
Std. Predicted	5910	14870	98	3155.86
Std. Residual	131281	337939	21598	62019,5

Dalam hal ini nilai VIF lebih kecil dari <10,00 maka artinya tidak terjadi multikolinearitas.

**UJI HETEROSKEDASTISITAS**

Breusch-Pagan	df	p-value
5.273	3	0.152

Tabel 6 Tabel Uji Heteroskedastisitas

Berdasarkan output dari uji Heteroskedastisitas diperoleh nilai statistik Breusch-Pagan sebesar 5.2734 dengan derajat bebas (df) sebesar 3. Nilai p-value untuk semua variabel sebesar 0.152 Dalam hal ini, karena nilai signifikansi lebih besar dari >0,05 berarti data tidak adanya gejala Heteroskedastisitas.

**UJI REGRESI LINEAR BERGANDA**

**R-SQUARE**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,984	0,968	0,937	63,016

Tabel 7 Tabel R - Square dalam analisis uji regresi linier berganda

Nilai R diperoleh 0,984 yang mempunyai arti korelasi antara variabel perokok 15-24 tahun, penduduk miskin, dan kepadatan penduduk terhadap TBC sebesar 0,984. R square menunjukkan koefisien determinasi diperoleh nilai koefisien determinasi 0,968, yang berarti besar pengaruh variabel perokok 15-24 tahun, penduduk miskin, dan kepadatan penduduk terhadap TBC sebesar 96,8%.

**Uji F**

Tabel 8 Tabel Uji F dalam analisis uji regresi linier berganda

Berdasarkan output dari uji F diperoleh nilai signifikansi 0,003. Dalam hal ini, karena nilai signifikansi lebih kecil dari <0,05 berarti terdapat pengaruh variable X terhadap variabel Y.

**Uji T**

Tabel 9 Tabel Uji T dalam analisis uji regresi linier berganda coefficient

Jika nilai  $p > 0,05$  maka  $H_0$  diterima  
 Jika nilai  $p < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak  
 Pada tabel Coefficients dibaris perokok 15-24 tahun diperoleh nilai  $p$  sebesar  $0,0003 < 0,05$  maka hasilnya mengatakan signifikan terhadap TBC, jadi perokok 15-24 tahun secara parsial berpengaruh terhadap TBC.  
 Jika nilai  $p > 0,05$  maka  $H_0$  diterima  
 Jika nilai  $p < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak  
 Pada tabel Coefficients dibaris penduduk miskin diperoleh nilai  $p$  sebesar  $0,025 < 0,05$  maka hasilnya mengatakan signifikan terhadap TBC, jadi penduduk miskin secara parsial berpengaruh terhadap TBC.  
 Jika nilai  $p > 0,05$  maka  $H_0$  diterima  
 Jika nilai  $p < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak  
 Pada tabel Coefficients dibaris kepadatan penduduk diperoleh nilai  $p$  sebesar  $0,001 < 0,05$  maka hasilnya mengatakan signifikan terhadap TBC, jadi kepadatan penduduk secara parsial berpengaruh terhadap TBC.

$$TBC = 834,7214 - 52,9298X_1 + 0,005059X_2 + 0,001943X_3 + e$$

Konstanta  $a$  sebesar 1005.481, angka ini merupakan angka konstan yang mempunyai arti jika variabel perokok 15-24 tahun ( $X_1$ ), penduduk miskin ( $X_2$ ), dan kepadatan penduduk ( $X_3$ ) nilainya 0 dan negatif maka TBC bernilai 1005.481. Nilai koefisien regresi variabel perokok usia 15–24 tahun ( $X_1$ ) bernilai negatif, yaitu sebesar -55.6549. Angka ini mengandung arti bahwa setiap penambahan nilai sebesar 1 satuan pada variabel perokok usia 15–24 tahun, maka nilai variabel kejadian TBC akan

menurun sebesar 55.6549 satuan, dengan asumsi

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	275774.17	1	275774.17	69.44529	0.003621
Residual	21118.92	192	21118.92		
Total	379333.71	193			
<b>(Intercept)</b>	834,7214	1	71,15984	11,73024	0,001331
<b>Perokok.15.24.Tahun</b>	-52,9298	1	2,842826	-18,61838	0,000347
<b>Penduduk.Miskin</b>	0,00505	1	0,001229	4,116618	0,025972
<b>Kepadatan.Penduduk</b>	0,00194	1	0,000168	11,53953	0,001397

variabel independen lainnya bernilai tetap.

Nilai koefisien regresi variabel penduduk miskin ( $X_2$ ) bernilai negatif, yaitu sebesar -0.0051. Hal ini berarti bahwa setiap penambahan 1 satuan pada variabel penduduk miskin, maka nilai variabel kejadian TBC akan menurun sebesar 0.0051 satuan, dengan asumsi variabel independen lainnya bernilai tetap.

Nilai koefisien regresi variabel kepadatan penduduk ( $X_3$ ) bernilai positif, yaitu sebesar 0.0021. Angka ini mengandung arti bahwa setiap penambahan 1 satuan pada variabel kepadatan penduduk, maka nilai variabel kejadian TBC akan meningkat sebesar 0.0021 satuan, dengan asumsi variabel independen lainnya bernilai tetap.

**UJI ROBUST RLM**

Variabel	Koefisien_B	Std_Error	t_hitung	P_Value
<b>(Intercept)</b>	1005,481	192,698	5,2179	0,0137
<b>Perokok.15.24.Tahun</b>	-55,6549	7,8631	-7,0788	0,00058
<b>Penduduk.Miskin</b>	-0,0051	0,0116	-0,4636	0,6745

<b>Kepadatan.Penduduk</b>	0,0021	0,0005	4,214	0,024
			3	4

Tabel 10 Tabel Uji Robust

Berdasarkan hasil estimasi regresi robust pada Tabel diatas, terlihat bahwa variabel perokok usia 15–24 tahun dan kepadatan penduduk tetap berpengaruh signifikan terhadap angka penemuan kasus TBC di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Kedua variabel tersebut menunjukkan nilai *p-value* yang lebih kecil dari 0,05, sehingga secara statistik memberikan kontribusi yang signifikan dalam menjelaskan variasi jumlah kasus TBC.

Variabel perokok usia 15–24 tahun memiliki koefisien regresi bernilai negatif, yang mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah perokok pada kelompok usia tersebut diikuti oleh penurunan angka penemuan kasus TBC, dengan asumsi variabel lain konstan. Hasil ini konsisten dengan estimasi pada regresi linear berganda, yang menunjukkan bahwa pengaruh variabel perokok bersifat stabil meskipun metode estimasi yang digunakan berbeda. Variabel kepadatan penduduk menunjukkan koefisien regresi bernilai positif dan signifikan, yang berarti bahwa semakin tinggi kepadatan penduduk, semakin besar angka penemuan kasus TBC. Temuan ini memperkuat teori epidemiologi yang menyatakan bahwa kepadatan penduduk meningkatkan intensitas kontak antarindividu sehingga memperbesar risiko penularan TBC.

Berbeda dengan hasil regresi linear berganda, variabel penduduk miskin pada model regresi robust menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap angka penemuan kasus TBC. Perubahan signifikansi ini mengindikasikan bahwa pada model sebelumnya, estimasi koefisien variabel penduduk miskin cenderung dipengaruhi oleh keberadaan pencilan (*outliers*). Dengan diterapkannya regresi robust, pengaruh pencilan tersebut dapat diminimalkan sehingga hubungan antara tingkat kemiskinan dan kasus TBC dapat diestimasi secara lebih stabil dan representatif. Secara keseluruhan, hasil regresi robust memberikan estimasi koefisien dengan standar error yang lebih kecil dibandingkan regresi linear berganda, yang menunjukkan peningkatan kestabilan dan ketepatan model. Oleh karena itu, regresi robust dinilai lebih sesuai

digunakan dalam menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi angka penemuan TBC pada data epidemiologi yang rentan terhadap pencilan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada instansi terkait yang telah menyediakan data serta kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penelitian.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan, namun besar harapan penulis agar hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

#### PENUTUP

#### SIMPULAN

Hasil regresi robust menunjukkan bahwa variabel perokok usia 15–24 tahun dan kepadatan penduduk berpengaruh signifikan terhadap angka penemuan kasus TBC di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Kepadatan penduduk berpengaruh positif, yang berarti semakin padat suatu wilayah maka semakin tinggi angka penemuan kasus TBC, sesuai dengan teori epidemiologi. Sementara itu, variabel perokok usia 15–24 tahun memiliki pengaruh negatif dan konsisten dengan hasil regresi linear berganda sebelumnya. Selain itu, regresi robust menunjukkan bahwa variabel penduduk miskin berpengaruh signifikan terhadap angka penemuan kasus TBC, yang mengindikasikan bahwa pada model regresi linear berganda pengaruh variabel ini dipengaruhi oleh pencilan. Dengan standar error yang lebih kecil dan estimasi yang lebih stabil, regresi robust dinilai lebih sesuai untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi angka penemuan TBC pada data epidemiologi yang rentan terhadap pencilan.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar pemerintah daerah dan instansi kesehatan meningkatkan upaya pencegahan TBC melalui pengendalian perilaku merokok, penyuluhan kesehatan, serta peningkatan fasilitas pelayanan kesehatan terutama di wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi. Program bantuan dan pemantauan kesehatan bagi masyarakat miskin perlu diperkuat mengingat kondisi sosial-ekonomi turut memengaruhi risiko TBC. Selain itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan variabel lain seperti kualitas lingkungan, akses layanan kesehatan, dan faktor imunologi, atau menggunakan metode analisis spasial seperti GWR untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif. Masyarakat juga diharapkan meningkatkan kesadaran untuk menjaga kebersihan lingkungan, menerapkan pola hidup sehat, dan melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin guna mencegah penyebaran TBC.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization. (2023). *Global Tuberculosis Report 2023*. WHO Press.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Laporan Perkembangan Tuberkulosis Indonesia*. Jakarta: Direktorat P2PM.
- [3] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). *Tuberculosis (TB): Transmission and Pathophysiology*.
- [4] Dinas Kesehatan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. (2023). *Profil Kesehatan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung 2023*.
- [5] Pemerintah Kabupaten Bangka. (2023). *Laporan Resmi Pertemuan Koordinasi Lintas Sektor Program TBC*.
- [6] AirVisual & IQAir. (2023). *Air Quality Report: Bangka Belitung Province*.
- [7] Walhi Babel. (2022). *Dampak Pertambangan Timah terhadap Lingkungan dan Kesehatan di Bangka Belitung*.
- [8] Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). *Persentase Penduduk Miskin Provinsi Kepulauan Bangka Belitung 2023*.
- [9] Lönnroth, K., Jaramillo, E., Williams, B. G., Dye, C., & Ravigliione, M. (2009). Drivers of tuberculosis epidemics: The role of risk factors and social determinants. *Social Science & Medicine*, 68(12), 2240–2246.
- [10] Bates, M. N., Khalakdina, A., Pai, M., Chang, L., Lessa, F., & Smith, K. R. (2007). Risk of tuberculosis from exposure to tobacco smoke: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Internal Medicine*, 167(4), 335–342.
- [11] Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2015). *Introduction to Linear Regression Analysis*. Wiley.
- [12] Huber, P. J. (1981). *Robust Statistics*. Wiley.
- [13] Sari, M., Widoyono, & Susanto, A. (2020). Faktor Risiko Kejadian Tuberkulosis di Daerah Kumuh Kota Palembang. *Jurnal Epidemiologi Indonesia*, 4(3), 155–162.
- [14] Rousseeuw, P. J., & Leroy, A. M. (2003). *Robust Regression and Outlier Detection*. Wiley. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 92(5), 1031–1054.
- [15] Chen, Y. (2022). Robust regression analysis: A comprehensive review of modern techniques and applications. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 92(5), 1031–1054.
- [16] Yohai, V. J., & Maronna, R. A. (2019). Robust estimation in regression models. *Statistical Science*, 34(4), 567–589.
- [17] Wilcox, R. R., & Keselman, H. J. (2020). Modern robust data analysis methods. *Journal of Applied Statistics*, 47(6), 1017–1035.