

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ANGKA TUBERKULOSIS DI PROVINSI JAWA TENGAH DENGAN PENDEKATAN REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED*

Sinta Widarti¹, Kris Suryowati^{2*}, Rokhana Dwi Bekti³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Universitas AKPRIND
Indonesia, *Penulis Koresponden

e-mail: sintawidarti9@gmail.com, suryowati@akprind.ac.id, rokhana@akprind.ac.id

ABSTRACT

Tuberculosis is a chronic and contagious infectious disease that is closely related to environmental conditions and community behavior caused by the bacterium *Mycobacterium tuberculosis*. This research was conducted in Central Java because this province is ranked third in the number of tuberculosis cases in Indonesia in 2022, namely 77,426 cases and there is a lack of research conducted in this province. Factors thought to influence the number of tuberculosis cases are the percentage of households that have access to adequate sanitation, the percentage of the poor population, the percentage of the population aged 15 years and over who smoke, the Human Development Index, and the percentage of the population who have health insurance. This study aims to analyze the factors that influence the number of tuberculosis cases in Central Java using Non-parametric Spline Truncated Regression. This method is used because the pattern of relationship between tuberculosis cases and the factors thought to influence them does not follow a certain pattern and does not meet the classical assumption test in multiple linear regression. The results of the research show that the best truncated spline nonparametric regression model is using 3 knot points with a minimum GCV value of 7051.75, an MSE value of 2326.96, and four variables have a significant effect, namely the percentage of households that have access to adequate sanitation, the percentage of poor people, percentage of population aged 15 years and over who smoke, and Human Development Index. The coefficient of determination of the model is 96.69%.

Keywords: Tuberculosis, Non-Parametric Spline Truncated Regression

INTISARI

Tuberkulosis merupakan penyakit infeksi kronik dan menular yang erat kaitannya dengan keadaan lingkungan dan perilaku masyarakat yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penelitian ini dilakukan di Jawa Tengah dikarenakan di provinsi ini termasuk peringkat ketiga banyaknya kasus tuberkulosis di Indonesia pada tahun 2022 yaitu sebesar 77.426 kasus dan kurangnya penelitian yang dilakukan di provinsi ini. Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi angka kasus tuberkulosis yaitu persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak, persentase penduduk miskin, persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok, Indeks Pembangunan Manusia, dan persentase penduduk yang memiliki jaminan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi angka kasus tuberkulosis di Jawa Tengah menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*. Metode ini digunakan karena pola hubungan antara kasus tuberkulosis dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya tidak mengikuti pola tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik adalah menggunakan 3 titik knot dengan nilai GCV minimum yaitu 7051,75, nilai MSE sebesar 2326,96, dan empat variabel berpengaruh signifikan yaitu persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak, persentase penduduk miskin, persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok, dan Indeks Pembangunan Manusia. Koefisien determinasi dari model sebesar 96,60%.

Kata kunci: Tuberkulosis, Regresi Nonparametrik Spline Truncated

1. PENDAHULUAN

Tuberkulosis atau TBC merupakan suatu penyakit menular yang ditimbulkan oleh kuman dari kelompok *Mycobacterium* yaitu *Mycobacterium tuberculosis*. Tuberkulosis pada umumnya menginfeksi paru-paru, namun juga dapat menyerang organ tubuh lainnya seperti selaput otak, kulit, tulang, kelenjar getah bening, dan bagian tubuh lainnya di saat bakteri TBC menyebar dari paru-paru melalui peredaran darah. Keadaan ini dikenal sebagai TBC Ekstraparu. Tuberkulosis bukanlah penyakit keturunan, juga bukan disebabkan oleh kutukan ataupun guna-guna. Penyakit ini mampu menyerang siapa saja seperti (tua, muda, laki-laki, perempuan, miskin, kaya). Hanya sekitar 10 persen orang yang terinfeksi menjadi sakit, namun bakteri TBC mampu tertidur (laten) seumur hidup dan menjadi aktif Ketika sistem kekebalan tubuh melemah (Profil Kesehatan Indonesia, 2022). Pasien dengan

TBC Paru batuk, bersin, atau berbicara, tanpa sengaja *droplet* yang mengandung kuman tersebut dapat menyebar dan jatuh ke tanah, lantai, atau area sekitarnya. Akibat dari paparan sinar matahari atau suhu panas, droplet atau inti droplet tersebut dapat menguap. Dalam proses ini, partikel-partikel bakteri tuberkulosis yang terdapat dalam inti droplet tereleminasi ke udara. Jika seseorang yang sehat menghirup bakteri ini, ada potensi bagi orang tersebut untuk terinfeksi TBC Paru (Sahadewa dkk., 2019).

Tuberkulosis sampai saat ini masih menjadi masalah utama kesehatan masyarakat Indonesia dan secara global masih menjadi isu kesehatan global di semua negara. Angka tuberkulosis di Indonesia pada tahun 2022 ditemukan sebanyak 724.309 yang meningkat dari tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2021 sebesar 443.235. Di Indonesia angka tuberkulosis paling tinggi pada provinsi Jawa Barat yaitu 184.406, tertinggi kedua pada provinsi Jawa Timur yaitu 78.334, tertinggi ketiga pada provinsi Jawa Tengah 77.426. Pada Provinsi Jawa Barat dan Jawa Timur memiliki angka tuberkulosis paling tinggi sehingga banyak penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan Provinsi Jawa Barat dan Jawa Timur sebagai tempat penelitiannya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan pada Provinsi Jawa Tengah dikarenakan kurangnya penelitian yang dilakukan di daerah ini. Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terdiri dari 35 Kabupaten/Kota. Kasus tuberkulosis di Jawa Tengah dengan angka tuberkulosis tertinggi pertama pada Kota Tegal yaitu 933 kasus, tertinggi kedua pada Kota Magelang yaitu 817 kasus, dan tertinggi ketiga pada Kota Salatiga sebesar 510 kasus. Angka tuberkulosis di Jawa Tengah terendah pada Kabupaten Magelang dan Kabupaten Semarang sebesar 69 kasus (BPS, 2023). Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian terkait angka tuberkulosis yang sudah dilakukan diantaranya Hidayat, dkk (2022) membahas tentang penerapan K-Means Clustering dalam pengelompokan kasus Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Khariyani, dkk (2022) pada tahun 2022 membahas tentang analisis faktor-faktor yang memengaruhi jumlah penderita tuberkulosis menggunakan *Geographically Weighted Regression* di Provinsi Jawa Timur. Matdoan, dkk (2019) melakukan pemodelan regresi nonparametrik spline truncated pada faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Provinsi Maluku.

Angka tuberkulosis memiliki karakteristik yang berbeda di setiap kabupaten/kotanya dan juga tidak lepas dari adanya faktor yang mempengaruhinya. Pada penelitian ini dilakukan analisis factor-faktor yang diduga mempengaruhi angka tuberkulosis di Jawa Tengah menggunakan variabel prediktor persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak, persentase penduduk miskin, persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok, Indeks Pembangunan Manusia, dan persentase penduduk yang memiliki jaminan kesehatan. Dan berdasarkan peneliti sebelumnya sehingga pada penelitian ini menggunakan metode regresi linear nonparametrik *spline truncated* karena kurva regresi antara variabel dependen dan variabel independen tidak memiliki pola tertentu. Metode ini juga memiliki sifat tersegmen, sehingga mempunyai fleksibilitas tinggi dan dapat menyesuaikan diri terhadap karakteristik lokal suatu data. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan dan sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah dalam mengupayakan program-program pembangunan kesehatan guna menurunkan angka kasus tuberkulosis di Jawa Tengah serta meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *descriptive* dan *hypothesis-testing research studies* dimana dalam penelitian data disajikan dalam bentuk angka atau numerik dan dilanjutkan dengan analisis regresi nonparametrik menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*. Kemudian diinterpretasikan dalam bentuk deskripsi dan uji hipotesis. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah dari publikasi buku Provinsi Jawa Tengah dalam Angka 2023 pada tanggal 28 Februari 2023. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan variabel yang sudah ditentukan yaitu melakukan analisis deskriptif dan membuat plot masing-masing variabel. Selanjutnya melakukan analisis menggunakan regresi nonparametrik spline truncated meliputi pemilihan titik knot optimum menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV), memodelkan kasus angka tuberkulosis di provinsi Jawa Tengah dengan regresi nonparametrik *spline truncated* menggunakan fungsi spline linier dengan titik knot optimum dan melakukan penaksiran parameter. Melakukan pengujian signifikansi parameter (uji serentak dan uji parsial) regresi nonparametrik spline truncated. Melakukan uji asumsi residual (uji identik, uji independen, dan uji normalitas). 4. Penentuan nilai R^2 terbesar, MSE terkecil dan nilai GCV terkecil.

Regresi nonparametrik *spline truncated* memiliki titik knot merupakan titik perpaduan yang menunjukkan perubahan kurva pada selang berbeda, pola data tidak mengikuti pola tertentu (linier, kuadrat, kubik, dan lain lain) dan fleksibilitas yang tinggi (Hardle, 1990). Dalam regresi nonparametrik, data akan mencari sendiri bentuk estimasi kurvanya tanpa dipengaruhi oleh subyektivitas peneliti. Secara umum, model regresi nonparametrik dapat dituliskan dalam persamaan:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad \text{dengan} \quad i=1,2, \dots, n \quad (1)$$

ε_i : Error acak yang diasumsikan identic, independent dan berdistribusi normal dengan mean nol dan varians σ^2 atau $N(0, \sigma^2)$ dan Fungsi regresi f diasumsikan mulus (smooth) sehingga lebih menjamin fleksibilitas dalam mengestimasi fungsi regresinya.

Spline mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot serta kurva yang dihasilkan relatif mulus. Secara umum, bentuk fungsi spline berderajat m dengan titik knot K_1, K_2, \dots, K_r dapat dinyatakan dalam persamaan: [8] Pratama, 2022

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j x_i^j + \sum_{j=1}^r \beta_{j+m} (x_i - K_j)_+^m + \varepsilon_i, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Fungsi potongan (*truncated*) ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$(x_i - K_j)_+^m = \begin{cases} (x_i - K_j)^m, & x_i \geq K_j \\ 0, & x_i < K_j \end{cases} \quad (3)$$

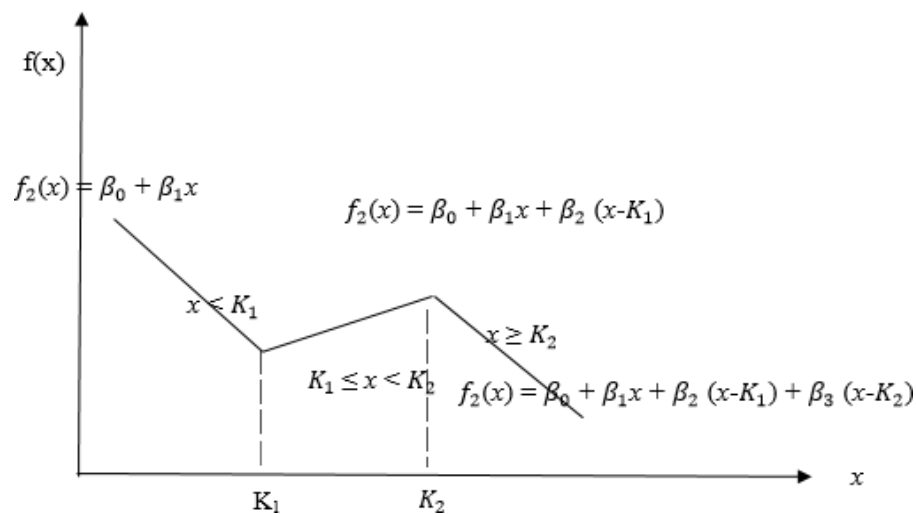
Fungsi spline linier dengan dua titik knot dapat disajikan dalam bentuk sebagai berikut:

$$f_1(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 (x - K_1)_+^1 + \beta_3 (x - K_2)_+^1 \quad (4)$$

Fungsi (3) dapat pula disajikan menjadi (Tripena, 2005):

$$f_2(x) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 x & , x < K_1 \\ \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 (x - K_1) & , K_1 \leq x < K_2 \\ \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 (x - K_1) + \beta_3 (x - K_2) & , x \geq K_2 \end{cases} \quad (5)$$

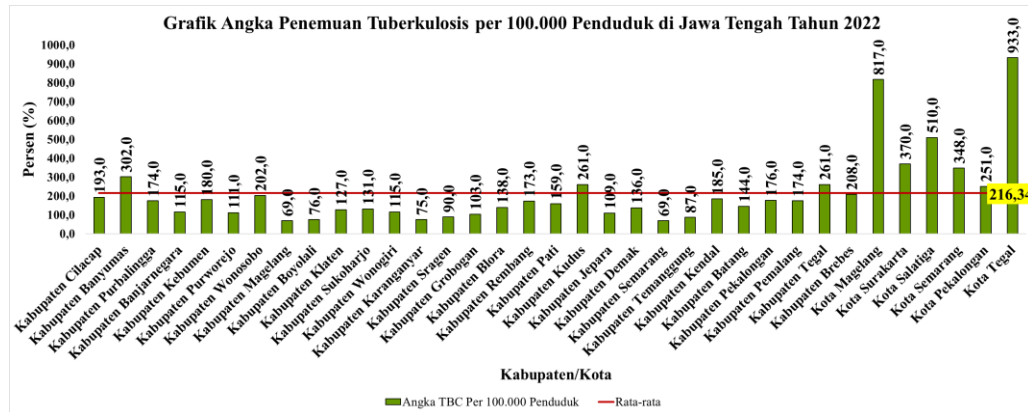
Grafik spline linier dengan dua titik knot dapat disajikan sebagai berikut:



Gambar 1. Fungsi Spline Linier dengan Dua Titik Knot

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data berikut disajikan grafik pada tuberkulosis per 100.000 penduduk di setiap kabupaten/kota di Jawa Tengah pada tahun 2022. Dapat diketahui kabupaten/kota yang memiliki nilai di atas nilai rata-rata yaitu Kabupaten Banyumas 302,0 jiwa per 100.000 penduduk, Kabupaten Kudus 261,0 jiwa per 100.000 penduduk, Kabupaten Tegal 261,0 jiwa per 100.000 penduduk, Kota Magelang 817,0 jiwa per 100.000 penduduk, Kota Surakarta 370,0 jiwa per 100.000 penduduk, Kota Salatiga 510,0 jiwa per 100.000 penduduk, Kota Semarang 348,0 per 100.000 Penduduk, Kota Pekalongan 251,0 jiwa per 100.000 penduduk, dan Kota Tegal 933,0 jiwa per 100.000 penduduk.



Gambar 2. Angka Kasus Tuberkulosis per 100.000 Penduduk di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2022

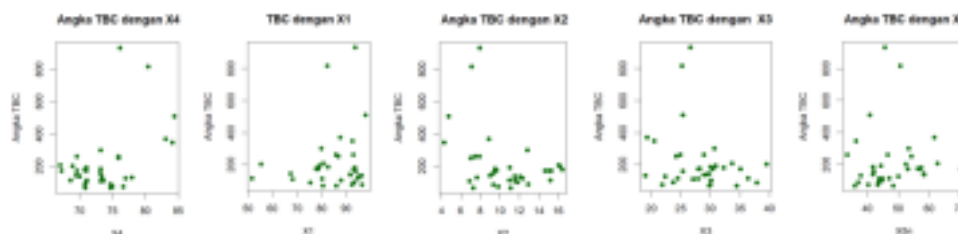
Berikut merupakan karakteristik angka kasus tuberkulosis di Jawa Tengah dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
Angka Penemuan Tuberkulosis Per 100.000 Penduduk	69,0	933,0	216,34	190,39
Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Akses Terhadap Sanitasi Layak	51,66	97,72	84,53	11,11
Persentase Penduduk Miskin	4,25	16,41	10,58	3,27
Persentase Penduduk Usia 15 Tahun ke Atas yang Merokok	19,01	39,49	28,35	4,99
Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	67,03	84,35	73,50	4,46
Prosentase Penduduk yang Memiliki Jaminan Kesehatan	33,44	70,41	47,99	8,65

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa variabel dependen yaitu angka kasus tuberkulosis di Jawa Tengah memiliki nilai rata-rata sebesar 69,9 dengan standar deviasi sebesar 190,39. Nilai minimum terdapat pada Kabupaten Magelang dan Kabupaten Semarang sebesar 69,0. Nilai maksimum terdapat pada Kota Tegal sebesar 933,0.

Sebelum melakukan pemodelan, dilakukan identifikasi pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor menggunakan *scatterplot*.



Gambar 3. Scatterplot Angka Tuberkulosis di Jawa Tengah Tahun 2022 dengan Faktor-faktornya

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa hubungan antara angka kasus tuberkulosis dengan lima faktor yang diduga mempengaruhinya tidak membentuk pola tertentu, sehingga metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi nonparametrik *spline truncated*.

3.1 Pemodelan Tuberkulosis di Jawa Tengah

Pemodelan tuberkulosis di Jawa Tengah menggunakan metode regresi nonparametrik *spline truncated* dengan satu, dua, dan tiga titik knot. Pemilihan model terbaik didasari oleh nilai GCV yang paling minimum. Berikut merupakan titik knot dan nilai GCV untuk *spline Truncated* 1 titik knot, 2 titik knot dan 3 titik knot.

Tabel 2. Titik Knot dan Nilai GCV untuk *Spline Truncated* 1 titik knot

No	GCV	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	43028,91	$K_{11}=52,6$	$K_{21}=4,498$	$K_{31}=19,43$	$K_{41}=67,38$	$K_{51}=34,19$
2	44684,2	$K_{11}=53,54$	$K_{21}=4,746$	$K_{31}=19,85$	$K_{41}=67,74$	$K_{51}=34,95$
3	43852,95	$K_{11}=54,48$	$K_{21}=4,994$	$K_{31}=20,26$	$K_{41}=68,09$	$K_{51}=35,70$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	30307,45	$K_{11}=65,76$	$K_{21}=7,972$	$K_{31}=25,28$	$K_{41}=72,33$	$K_{51}=44,76$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
47	48417,01	$K_{11}=95,84$	$K_{21}=15,91$	$K_{31}=38,65$	$K_{41}=83,64$	$K_{51}=68,90$
48	48266,83	$K_{11}=96,78$	$K_{21}=16,16$	$K_{31}=39,07$	$K_{41}=83,99$	$K_{51}=69,66$

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan nilai GCV minimum dengan satu titik knot pada iterasi ke-15 sebesar 30307,45. Titik knot optimal pada variabel X_1 adalah 65,76 menunjukkan persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak berada pada titik knot. Variabel X_2 adalah 7,972 menunjukkan persentase penduduk miskin. Serta variabel X_3 adalah 25,28 yang menunjukkan persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok. Variabel $X_4=72,33$ yang menunjukkan Indeks Pembangunan Manusia. Variabel X_5 adalah 44,76 menunjukkan persentase penduduk yang memiliki jaminan kesehatan.

Tabel 3. Titik Knot dan Nilai GCV untuk *Spline Truncated* Dua Titik Knot

No	GCV	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	45648,2684	$K_{11}=51,66$	$K_{21}=4,25$	$K_{31}=19,01$	$K_{41}=67,03$	$K_{51}=33,44$
		$K_{12}=52,6$	$K_{22}=4,49$	$K_{32}=19,43$	$K_{42}=67,38$	$K_{52}=34,19$
2	44684,1951	$K_{11}=51,66$	$K_{21}=4,25$	$K_{31}=19,01$	$K_{41}=67,03$	$K_{51}=33,44$
		$K_{12}=53,54$	$K_{22}=4,75$	$K_{32}=19,55$	$K_{42}=67,74$	$K_{52}=34,95$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
730	26527,6632	$K_{11}=68,58$	$K_{21}=8,72$	$K_{31}=26,33$	$K_{41}=73,39$	$K_{51}=47,02$
		$K_{12}=69,52$	$K_{22}=8,97$	$K_{32}=26,95$	$K_{42}=73,75$	$K_{52}=47,78$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1225	48266,8344	$K_{11}=96,78$	$K_{21}=16,16$	$K_{31}=39,07$	$K_{41}=83,99$	$K_{51}=69,66$
		$K_{12}=97,72$	$K_{22}=16,41$	$K_{32}=39,49$	$K_{42}=84,35$	$K_{52}=70,41$

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan nilai GCV minimum dengan dua titik knot pada iterasi ke-730 sebesar 26527,6632. Titik knot optimal pada variabel X_1 , . Variabel X_2 =, variabel X_3 =, Variabel X_4 = dan Variabel X_5 sesuai pada tabel 3 di atas.

Tabel 4. Titik Knot dan Nilai GCV untuk *Spline Truncated* Tiga Titik Knot

No	GCV	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	55132,6	$K_{11}=52,6$	$K_{21}=4,49$	$K_{31}=19,43$	$K_{41}=67,4$	$K_{51}=34,2$
		$K_{12}=53,54$	$K_{22}=4,746$	$K_{32}=19,85$	$K_{42}=67,74$	$K_{52}=34,9$
		$K_{13}=54,48$	$K_{23}=4,994$	$K_{33}=20,26$	$K_{43}=68,09$	$K_{53}=35,7$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
11842	7051,75	$K_{11}=66,7$	$K_{21}=8,220$	$K_{31}=25,69$	$K_{41}=72,69$	$K_{51}=45,5$

No	GCV	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
		$K_{12}=67,64$	$K_{22}=8,469$	$K_{32}=26,12$	$K_{42}=73,04$	$K_{52}=46,3$
		$K_{13}=69,52$	$K_{23}=8,965$	$K_{33}=26,95$	$K_{43}=73,75$	$K_{53}=47,8$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
17296	59384,6	$K_{11}=94,9$	$K_{21}=15,67$	$K_{31}=38,24$	$K_{41}=83,29$	$K_{51}=68,1$
		$K_{12}=95,84$	$K_{22}=15,91$	$K_{32}=38,65$	$K_{42}=83,64$	$K_{52}=68,9$
		$K_{13}=96,78$	$K_{23}=16,16$	$K_{33}=39,07$	$K_{43}=83,99$	$K_{53}=69,7$

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan nilai GCV minimum dengan tiga titik knot pada iterasi ke-11842 sebesar 7051,75. Titik knot optimal pada variabel X_1 adalah 66,7; 67,64, dan 69,52 menunjukkan persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak berada pada titik knot. Variabel X_2 adalah 8,22 ; 8,47, dan 8,97 menunjukkan persentase penduduk miskin. Serta variabel X_3 adalah 25,69 ; 26,12, dan 26,95 yang menunjukkan persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok. Variabel X_4 72,69; 73,04 dan 73,75 yang menunjukkan Indeks Pembangunan Manusia. Variabel X_5 adalah 45,5, 46,3, dan 47,78 yang menunjukkan persentase penduduk yang memiliki jaminan kesehatan.

Berdasarkan Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa model dikatakan optimal apabila nilai GCV minimum, dalam hal ini terlihat pada Tabel 4 nilai GCV yang paling minimum terdapat pada model spline dengan 3 titik knot. Dan hasil estimasi parameter model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) sebagai berikut.

$$\hat{y} = -5242,12892 + 32,33010x_{i1} - 759,17097 (x_{i1} - 66,7)_+^1 + 906,10472 - 188,95890 (x_{i1} - 69,52)_+^1 + 166,30906x_{i2} - 5499,25843 (x_{i2} - 8,22061)_+^1 + 7535,64149 (x_{i2} - 8,46878)_+^1 - 2181,54475 (x_{i2} - 8,9651)_+^1 + 49,20149x_{i3} + 3260,49097 (x_{i3} - 25,6973)_+^1 - 5061,48529 (x_{i3} - 26,1153)_+^1 + 1739,45587(x_{i3} - 26,9512)_+^1 + 18,62965x_{i4} + 203,78341 (x_{i4} - 72,6855)_+^1 - 548,29175 (x_{i4} - 73,039)_+^1 + 419,97266 (x_{i4} - 73,7459)_+^1 + 1,51579x_{i5} + 30,31225 (x_{i5} - 45,5118)_+^1 - 63,33814 (x_{i5} - 46,2663)_+^1 + 34,41735(x_{i5} - 47,7753)_+^1$$

3.2 Pengujian Signifikansi Parameter

Pengujian signifikansi parameter model untuk mengetahui variabel prediktor yang signifikan berpengaruh terhadap angka kasus tuberkulosis di Jawa Tengah. Pengujian dilakukan secara serentak dan parsial.

1. Pengujian Serentak

Hipotesis pada pengujian serentak adalah sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{20} = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, 3, \dots, 20$$

Diperoleh nilai F Hitung = 21,147 yang lebih dari $F_{(0,05;20;14)} = 2,22$ dan nilai p-value = 3,0720 menunjukkan kurang dari $\alpha=0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya minimal ada satu pengaruh signifikan dari variabel independen terhadap angka penemuan tuberkulosis dengan tingkat kepercayaan 95%.

2. Pengujian Parsial

Untuk pengujian Parsial dan pengujian serentak disajikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 5. Uji Parsial Spline Truncated

Variabel	Parameter	$ t_{hitung} $	P-value	Keputusan	Kesimpulan
X_1	β_0	3,4390	0,00399	H_0 ditolak	Berpengaruh
	β_1	1,9350	0,07345	H_0 tidak ditolak	
	β_2	2,3534	0,03374	H_0 ditolak	
	β_3	2,5433	0,02342	H_0 ditolak	
	β_4	3,1994	0,00643	H_0 ditolak	

X_2	β_5	4,8316	0,00027	H_0 ditolak	Berpengaruh
	β_6	3,0733	0,00826	H_0 ditolak	
	β_7	2,8511	0,01282	H_0 ditolak	
	β_8	2,4776	0,02659	H_0 ditolak	
X_3	β_9	5,6216	$6,3005 \times 10^{-5}$	H_0 ditolak	Berpengaruh
	β_{10}	7,7313	$2,03337 \times 10^{-6}$	H_0 ditolak	
	β_{11}	7,9120	$1,5572 \times 10^{-6}$	H_0 ditolak	
	β_{12}	7,7999	$1,83679 \times 10^{-6}$	H_0 ditolak	
X_4	β_{13}	1,3175	0,20883	H_0 tidak ditolak	Berpengaruh
	β_{14}	1,3402	0,20151	H_0 tidak ditolak	
	β_{15}	2,7667	0,01514	H_0 ditolak	
	β_{16}	4,9063	0,00023	H_0 ditolak	
X_5	β_{17}	0,2730	0,78883	H_0 tidak ditolak	Tidak Berpengaruh
	β_{18}	0,2515	0,80506	H_0 tidak ditolak	
	β_{19}	0,3536	0,72891	H_0 tidak ditolak	
	β_{20}	0,5199	0,61129	H_0 tidak ditolak	

Diperoleh statistik uji menunjukkan bahwa 13 parameter berpengaruh secara signifikan. Sedangkan 7 parameter lainnya yang memiliki nilai $|t_{hitung}|$ yang lebih kecil $t_{(tabel)} = 2,086$ berarti keputusannya adalah H_0 tidak ditolak yaitu parameter tersebut tidak berpengaruh signifikan. Pada variabel X_5 semua parameter tidak ada yang berpengaruh maka dilakukan pengeluaran variabel yang tidak berpengaruh.

3.3 Pengujian Signifikansi Parameter Variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4

Pengujian dilakukan dengan menguji parameter secara serentak dan parsial yang terdapat dalam model regresi nonparametrik *spline truncated*. Tujuan uji ini untuk mengetahui apakah secara keseluruhan model regresi nonparametrik *spline truncated* sudah sesuai dan menunjukkan pengaruh yang signifikan antara variabel dependen terhadap variabel independen

1. Pengujian Serentak

Pada pengujian secara serentak diperoleh nilai $F_{hitung} = 31,978$ yang lebih dari $F_{(tabel)} = 2,301636$ dan nilai p-value = $5,56699 \times 10^{-10}$ yang kurang dari $\alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya minimal ada satu pengaruh dari variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 secara bersama-sama terhadap angka penemuan tuberkulosis per 100.000 penduduk pada tingkat kepercayaan 95%.

2. Pengujian Parsial

Dari statistik uji menyatakan bahwa 14 parameter berpengaruh secara signifikan. Sedangkan 2 parameter lainnya yang memiliki nilai $|t_{hitung}|$ yang lebih kecil $t_{(tabel)}$ berarti keputusannya adalah H_0 tidak ditolak yaitu parameter tidak berpengaruh signifikan. Oleh karena semua variabel minimal terdapat satu parameter yang berpengaruh secara signifikan sehingga variabel X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 dapat dikatakan bahwa semuanya berpengaruh terhadap angka penemuan tuberkulosis per 100.000 penduduk pada tingkat kepercayaan 95%. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengujian dan pemeriksaan asumsi residual regresi nonparametrik *spline truncated*.

3.4 Pengujian Asumsi Residual

Residual hasil pemodelan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* harus memenuhi asumsi residual identik, independen, dan berdistribusi normal. Berikut merupakan hasil pengujian asumsi residual.

1. Asumsi Identik

Asumsi identik merupakan asumsi yang mengharuskan varians residual sama/identik dan tidak terjadi kasus heteroskedastisitas.

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa nilai $F_{hitung} = 2,034$ yang kurang dari nilai $F_{tabel} = 2,301636$ dan nilai p-value = $0,07429 > \alpha = 0,05$ sehingga H_0 tidak ditolak. Artinya residual identik atau tidak terjadi heteroskedastisitas pada data dengan tingkat kepercayaan 95%.

2. Asumsi Independen

Uji Autokorelasi bertujuan menguji apakah model memiliki korelasi antar *error* pada periode t dengan *error* periode t-1 (sebelumnya). Model yang baik yaitu tidak terjadi autokorelasi. Salah satu cara untuk mendeteksi ada atau tidaknya autokorelasi pada regresi linear nonparametrik dengan menggunakan *Run Test*. Karena nilai $|Run\ Test_{hitung}| = 0$ yang kurang dari $Z_{0,025} = 1,96$ dan nilai p-value = 1 yang lebih dari $\alpha=0,05$ maka H_0 tidak ditolak. Artinya tidak terjadi autokorelasi pada residual dengan tingkat kepercayaan 95%.

3. Asumsi Normalitas

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah nilai residual terdistribusi normal atau tidak. Model regresi yang baik adalah memiliki nilai residual yang terdistribusi normal atau mendekati normal. Salah satu cara untuk mendeteksi residual berdistribusi normal atau tidak adalah dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Karena nilai $D_{hitung} = 0,10123 < D_{tabel} = 0,224$ dan nilai p-value = 0,4835 lebih dari $\alpha=0,05$ maka H_0 tidak ditolak. Artinya residual berdistribusi normal dengan tingkat kepercayaan 95%.

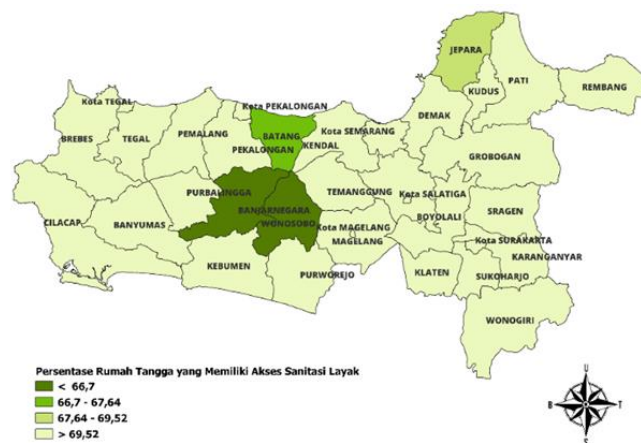
3.5 Interpretasi Model Terbaik

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, model dengan tiga titik knot dengan empat variabel yang signifikan telah memenuhi asumsi residual sehingga model tersebut merupakan model terbaik dalam memodelkan tuberkulosis di Jawa Tengah. Nilai koefisien determinasi model sebesar 96,60% yang berarti model regresi nonparametrik spline truncated yang didapatkan mampu menjelaskan variabel angka tuberkulosis per 100.000 penduduk di Jawa Tengah sebesar 96,60% dan sisanya sebesar 3,40% dijelaskan oleh variabel lain yang tidak masuk dalam model. Berikut adalah interpretasi model pada setiap variabel yang signifikan.

$$\hat{y} = -5172,86111 + 32,74027x_{1i} - 762,17180 (x_{1i} - 66,7)_+^1 + 904,28429 (x_{1i} - 67,64)_+^1 - 184,00271 (x_{1i} - 69,52)_+^1 + 167,44667x_{2i} - 4957,56016 (x_{2i} - 8,22061)_+^1 + 6711,43277 (x_{2i} - 8,46878)_+^1 - 1898,81684(x_{2i} - 8,9651)_+^1 + 49,75653x_{3i} + 3296,32403 (x_{3i} - 25,6973)_+^1 - 5100,99152 (x_{3i} - 26,1153)_+^1 + 1740,95280(x_{3i} - 26,9512)_+^1 + 17,92038x_{4i} + 194,75204 (x_{4i} - 72,6855)_+^1 - 551,10225 (x_{4i} - 73,039)_+^1 + 432,93763 (x_{4i} - 73,7459)_+^1$$

1. Apabila variabel persentase penduduk miskin, persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sama dengan 0. Maka pengaruh persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak (terhadap angka kasus tuberkulosis dapat dibuat persamaan sbb

$$\hat{y} = \begin{cases} -5172,86111 + 32,74027x_1 & ; x_1 < 66,7 \\ 45663,998 - 729,43153x_1 & ; 66,7 \leq x_1 < 67,64 \\ -15501,7914 + 174,85276x_1 & ; 67,64 \leq x_1 < 69,52 \\ -2709,923 - 9,14995x_1 & ; x_1 \geq 69,52 \end{cases}$$

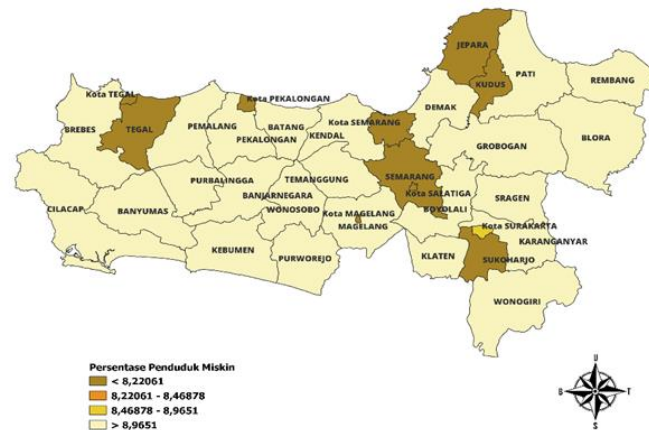


Gambar 4. Peta Persebaran Persentase Rumah Tangga Memiliki Akses Terhadap Sanitasi Layak

Kabupaten/kota yang memiliki nilai x_1 kurang dari 66,7, maka angka kasus tuberkulosis akan naik 32,74 per 100.000 penduduk apabila x_1 naik satu satuan. Kabupaten/kota yang memiliki nilai x_1 antara 66,7 dan 67,64, maka angka kasus tuberkulosis akan turun 729,43 per 100.000 penduduk apabila x_1 naik satu satuan. Kabupaten/kota yang memiliki nilai x_1 antara 67,64 dan 69,52, maka angka kasus tuberkulosis akan naik 174,85 per 100.000 penduduk apabila naik satu satuan.

Kabupaten/kota yang memiliki nilai x_1 lebih dari 69,52, maka angka kasus tuberkulosis akan turun 9,15 per 100.000 penduduk apabila naik satu satuan.

Apabila persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak, persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok, dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sama dengan 0. Maka pengaruh variabel persentase penduduk miskin (terhadap angka kasus tuberkulosis dapat dibuat persamaan yaitu:



Gambar 5. Peta Persebaran Persentase Penduduk Miskin

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, angka kasus penemuan tuberkulosis pada tahun 2022 di 35 kabupaten/kota yang ada di Jawa Tengah memiliki rata-rata angka penemuan tuberkulosis yaitu 69,9 jiwa per 100.000 penduduk. Nilai standar deviasi yaitu 190,39. Nilai minimum terdapat pada Kabupaten Magelang dan Kabupaten Semarang yaitu 69,0 jiwa per 100.000 penduduk. Nilai maksimum terdapat pada Kota Tegal yaitu 933,0 jiwa per 100.000 penduduk. Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* terbaik untuk memodelkan angka penemuan kasus tuberkulosis di Jawa Tengah yaitu dengan menggunakan tiga titik knot karena menghasilkan nilai GCV terkecil yaitu 7051,75. Memiliki nilai Mean Square Error (MSE) sebesar 2671,83 dengan koefisien determinasi sebesar 96,60% yang berarti model regresi nonparametrik spline truncated yang didapatkan mampu menjelaskan variabel angka tuberkulosis per 100.000 penduduk di Jawa Tengah sebesar 96,60%. Variabel yang berpengaruh signifikan menggunakan model ini yaitu variabel persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi layak, persentase penduduk miskin, persentase penduduk usia 15 tahun ke atas yang merokok, dan Indeks Pembangunan Manusia

Saran yang dapat direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya menambah jumlah variabel prediktor serta mempertimbangkan dan memperhatikan dalam pemilihan variabel yang akan digunakan sehingga diharapkan mendapatkan model yang lebih baik. Adapun saran bagi pemerintah sebaiknya memperhatikan variabel yang mempunyai pengaruh cukup besar pada angka penemuan kasus tuberkulosis di Provinsi Jawa Tengah untuk menangani kasus tuberkulosis

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas AKPRIND Indonesia dan semua pihak yang telah memberikan bantuan hingga selesainya penelitian ini, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan ridho-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan jurnal ini sampai akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2023). Jawa Tengah Dalam Angka 2022. Jawa Tengah: Publikasi BPS.
- Hardle, W. (1990). Applied Nonparametric Regression. New York: Cambridge University Press.

- Hidayat, F. S., Affandi, R. B. P., Zuliana, V., & Padilah, T. N. (2022). Penerapan K-Means Clustering dalam Pengelompokan Kasus Tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(15), 213-227.
- Khariyani, A. M., Kismiantini, K., & Setiawan, E. P. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Jumlah Penderita Tuberkulosis Menggunakan Geographically Weighted Regression Di Provinsi Jawa Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika Dan Statistika* (Vol. 2).
- Kemendes RI, Profil Kesehatan Indonesia 2022, Kementerian Kesehatan Republik, Jakarta, 2023.
- Matdoan, M. Y., Balami, A. M., & Talakua, M. W. (2019). pemodelan regresi nonparametrik spline truncated pada faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di provinsi maluku. *Journal of Statistics and Its Application*, Volume 1 Nomor 1.
- Pratama, M. H. (2022). Regresi Nonparametrik Multivariabel dengan Pendekatan Spline Truncated Pada Kasus Tuberculosis. *STATISTIKA Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, 22(1), 87-93.
- Sahadewa, S., Eufemia, Edwin, Luh, N., & Shita. (2019). Hubungan Tingkat Pencahayaan, Kelembaban Udara, dan Ventilasi udara dengan Faktor Risiko Kejadian TB Paru BTA Positif di Desa Jatikalang Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma*, 8(2), 118 -130. Retrieved from. <https://journal.uwks.ac.id/index.php/jikw/article/view/617>.