

Pemodelan faktor-faktor yang memengaruhi angka kesembuhan tuberkulosis di Jawa Barat menggunakan regresi *spline truncated*

(Modeling factors that influence the tuberculosis cure rate in West Java using *spline truncated regression*)

Niken Evitasari, Sri Sulistijowati Handajani*, Hasih Pratiwi

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir. Sutami No. 36, Kentingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

*korespondensi: rr_ssh@staff.uns.ac.id

Received: 02-03-2022, accepted: 16-06-2022

Abstract

Tuberculosis is a bacterial infection caused by *Mycobacterium tuberculosis*. Transmission of tuberculosis (TBC) can occur due to environmental factors and community behavior. West Java is Indonesia's province with the highest number of tuberculosis cases. Curing tuberculosis is critical to reducing cases and breaking the transmission chain. The Human Development Index (IPM), good sanitation, comprehensive tuberculosis treatment, public spaces (PS) meeting health criteria, and residents having health insurance are all assumed to influence the tuberculosis cure rate. This research aimed to model the elements that have a substantial impact on tuberculosis cure rates. The tuberculosis cure rate in West Java in 2020 was modeled using nonparametric spline truncated linear regression with a combination of knot points (3,3,3,3,2). The lowest Generalized Cross Validation (GCV) value of 26.7579 was used to find the best knot point. The adjusted coefficient of determination for this study was 96.35 percent, indicating that the linear truncated spline regression model with a combination of knot points is feasible to use in modeling. The five predictor variables simultaneously affect the tuberculosis cure rate of 96.35 percent, while 3.65 percent is influenced by other variables not used in the study.

Keywords: Spline truncated, tuberculosis cure, knots, GCV

MSC2020: 62G08

1. Pendahuluan

Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium Tuberculosis*, yang dapat menular melalui keadaan lingkungan dan perilaku masyarakat. Menurut Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur [1], tuberkulosis merupakan penyebab kematian ke-9 di dunia setelah HIV/AIDS. Penyakit ini menular dengan cara orang yang sudah terkena TBC, batuk atau bersin, serta air liur terkontaminasi keluar dan dihirup oleh orang lain. Orang yang memiliki kekebalan tubuh rendah dapat tertular penyakit TBC. Penyakit TBC ini biasanya menyerang paru-paru, tetapi juga memberikan dampak pada anggota tubuh lainnya, seperti sistem saraf pusat, jantung, dan kelenjar getah bening.

Penyakit TBC merupakan salah satu masalah kesehatan di Indonesia, khususnya Provinsi Jawa Barat. Pemerintah menyatakan penyakit TBC merupakan prioritas nasional untuk program pengendalian penyakit karena berdampak terhadap kualitas hidup, ekonomi serta kematian. Proses penyembuhan penyakit tuberkulosis merupakan hal yang penting guna mengurangi jumlah kasus atau memutuskan rantai penularan penyakit ini. Proses penyembuhan penyakit tuberkulosis tidak hanya melalui faktor medis, melainkan kondisi lingkungan juga dapat memengaruhinya.

Salah satu metode yang digunakan untuk melihat pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon yaitu analisis regresi. Terdapat dua pendekatan dalam regresi, yaitu parametrik dan nonparametrik. Regresi *spline* merupakan salah satu pendekatan regresi nonparametrik yang dilakukan karena data tidak membentuk suatu pola tertentu. *Truncated* dapat diartikan sebagai fungsi potongan. *Spline truncated* merupakan model polinomial dengan sifat terpotong-potong, sehingga memiliki fleksibilitas lebih tinggi dibandingkan dengan model polinomial biasa, dengan kata lain, *spline* dapat menghasilkan fungsi regresi yang sesuai dengan data [2].

Penelitian kasus tuberkulosis sebelumnya dilakukan oleh Darma dkk. [3] bertujuan untuk memodelkan faktor-faktor yang memengaruhi angka kasus tuberkulosis di Surabaya menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* dengan kombinasi titik knot dan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum. Penelitian tentang tuberkulosis juga dilakukan oleh Khauliasari [4], menggunakan metode *Mixed Geographically Weighted Poisson Regression* (MGWPR) untuk menentukan faktor-faktor dari persebaran jumlah penderita tuberkulosis di Surabaya. Hasil yang diperoleh bahwa model MGWPR lebih baik jika dibandingkan dengan model GWPR dan regresi *poisson* karena model MGWPR memiliki nilai AIC terkecil dan koefisien determinasi terbesar. Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Fatmawati dkk [5], yang membahas tentang perbandingan menggunakan metode *spline truncated* dan *smoothing spline* dalam memodelkan pengaruh indeks masa tubuh terhadap tekanan darah berdasarkan nilai *Mean Square Error* (MSE).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dapat dilakukan analisis untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi angka kesembuhan tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat tahun 2020. Variabel prediktor yang diduga memengaruhi angka kesembuhan tuberkulosis, antara lain IPM, rumah tangga yang memiliki sanitasi layak, pengobatan lengkap kasus tuberkulosis, tempat umum memenuhi syarat kesehatan, dan penduduk memiliki jaminan kesehatan. Pola data dari setiap variabel prediktor terhadap variabel respon menyebar secara acak, tidak mengikuti suatu pola tertentu dan terdapat perubahan fungsi naik/turun secara tajam sehingga dilakukan pemodelan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*. Keuntungan menggunakan metode ini adalah dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik/turun secara tajam dengan bantuan titik-titik *knot*, sehingga sesatan yang dihasilkan pada model akan lebih rendah jika dibandingkan dengan metode lain [6]. Titik *knot* adalah titik yang terdapat pola perubahan fungsi. Pemilihan model regresi

spline truncated terbaik berdasarkan titik *knot* yang optimum dapat menggunakan nilai GCV yang minimum, karena memiliki sifat sederhana atau efisien dalam perhitungan, invarian terhadap transformasi dan tidak memerlukan informasi mengenai σ^2 [3]. Hasil dari model regresi nonparametrik *spline truncated* dilihat kebaikan model regresinya berdasarkan nilai koefisien determinasi yang disesuaikan. Model terbaik yang diperoleh diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dinas terkait dalam hal meningkatkan angka kesembuhan tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan data Angka Kesembuhan Tuberkulosis di Jawa Barat tahun 2020, bertujuan untuk menentukan model angka kesembuhan tuberkulosis menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* dan interpretasinya. Data yang digunakan adalah data sekunder bersumber dari publikasi Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat dan *website* Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, yang terdiri dari satu variabel respon dan lima variabel prediktor yang dijelaskan pada Tabel 1 [7], [8].

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel	Deskripsi
Y	Angka Kesembuhan Tuberkulosis (AKT)
X_1	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)
X_2	Persentase rumah tangga yang memiliki sanitasi layak
X_3	Persentase pengobatan lengkap semua kasus tuberkulosis
X_4	Persentase tempat umum memenuhi syarat kesehatan
X_5	Persentase penduduk memiliki jaminan kesehatan

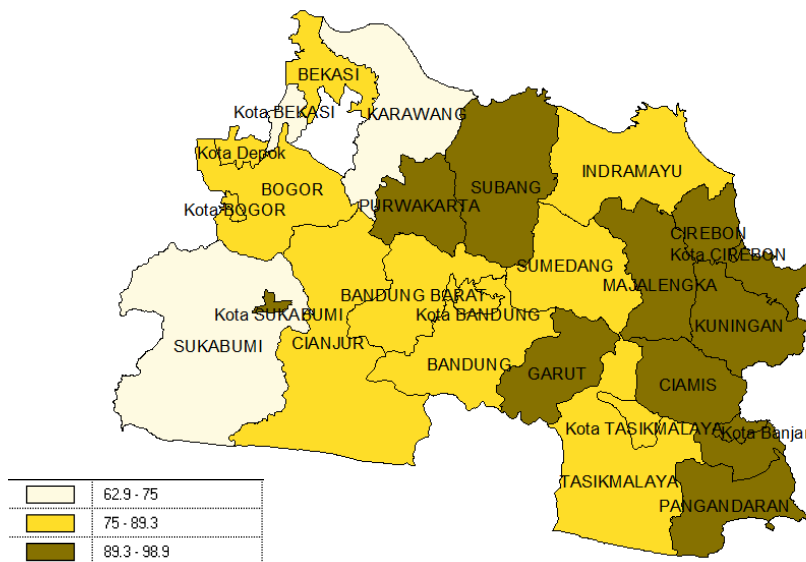
Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.

1. Melakukan analisis statistika deskriptif
2. Membuat *scatterplot* yang bertujuan untuk menentukan pola hubungan antarvariabel respon dan variabel prediktornya.
3. Melakukan pemodelan angka kesembuhan tuberkulosis menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* dengan berbagai jumlah titik *knot*.
4. Menentukan titik *knot* optimal dengan menggunakan nilai GCV terkecil.
5. Melakukan pemodelan regresi nonparametrik *spline truncated* menggunakan titik *knot* optimal.
6. Menguji signifikansi parameter model regresi
7. Menguji asumsi sesatan berupa normalitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi.
8. Menginterpretasi model regresi *spline truncated* terbaik yang didapat.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Angka Kesembuhan Tuberkulosis

Menurut Kementerian Kesehatan RI [9], angka kesembuhan tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat sebesar 76,6 persen atau 100.202. Angka tersebut berada di bawah target yang telah ditetapkan Kementerian Kesehatan tahun 2020 yaitu sebesar 90 persen.



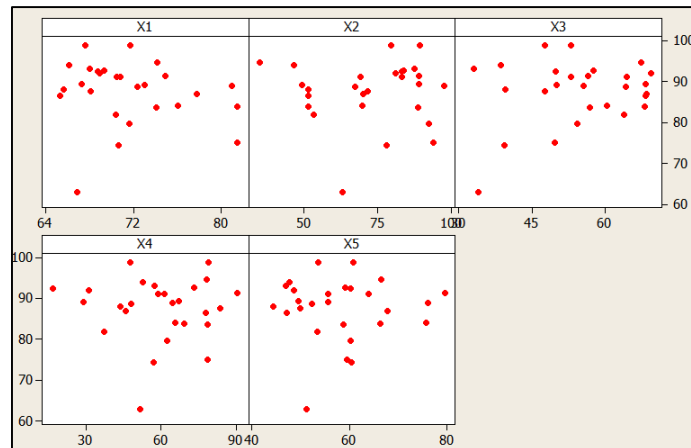
Gambar 1. Pemetaan angka kesembuhan tuberkulosis di Jawa Barat

Gambar 1 menunjukkan persebaran angka kesembuhan tuberkulosis di Jawa Barat terdapat faktor lokasi yang memengaruhi, dimana kabupaten/kota yang memiliki kategori penggolongan sama, wilayahnya berdekatan atau menggerombol. Gambaran data dalam penelitian ini dapat dilihat menggunakan statistik deskriptif yang dijelaskan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif

Variabel	Rata-rata	Variansi	Minimum	Maksimum
Y	87,4	60,5	62,9	98,9
X ₁	71,6	22,3	65,4	81,5
X ₂	72,8	299,4	34,9	97,5
X ₃	54,8	125,5	33	69,5
X ₄	59,6	333,9	16,8	90,6
X ₅	58,1	88,9	44,2	79,5

Pola Hubungan



Gambar 2. Pola hubungan antara variabel respon dan kelima prediktor

Gambar 2 menunjukkan pola hubungan atau *scatter plot* antara angka kesembuhan tuberkulosis dengan kelima variabel prediktor yang digunakan tidak membentuk suatu pola tertentu dan titik-titik menyebar secara acak, sehingga estimasi model regresi menggunakan pendekatan nonparametrik. Salah satu metode yang mengikuti pendekatan nonparametrik adalah regresi *spline truncated*. Model regresi nonparametrik *spline truncated* pada penelitian ini adalah menggunakan orde satu (linier) dengan menggunakan satu titik *knot*, dua titik *knot*, tiga titik *knot*, dan kombinasi titik *knot*.

Penentuan Titik *Knot* Optimal

Estimasi model terbaik didapatkan dari titik *knot* yang optimal. Titik *knot* optimal didapat dari nilai GCV minimum dimana sesatan harus berdistribusi normal [10].

$$GCV_i(k) = \frac{RKS(k_1, k_2, \dots, k_r)}{(n^{-1} \text{trace}[I - A(k_1, k_2, \dots, k_r)])^2}$$

$$RKS(k_1, k_2, \dots, k_r) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$A(k) = X(X^T X)^{-1} X^T$$

Hasil perhitungan nilai GCV menggunakan satu, dua, tiga, dan kombinasi titik *knot*, dijelaskan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Titik *knot* dan GCV untuk satu, dua, tiga, dan kombinasi titik *knot*

Jumlah <i>Knot</i>	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	GCV
1 titik <i>knot</i>	71,5715	58,9877	47,0385	45,1846	57,7962	85,694
2 titik <i>knot</i>	74,0562 77,7831	68,6108 83,0454	52,6539 61,0769	56,5385 73,5692	63,2346 71,3923	60,0229
3 titik <i>knot</i>	71,5715 76,5408	58,9877 78,2339	47,0385 58,2692	45,1846 67,8923	57,7962 68,6731	35,7325
Kombinasi titik <i>knot</i>	70,3292 71,5715	54,1761 58,9877	44,2308 47,0385	39,5077 45,1846	63,2346 71,3923	6,758
(3,3,3,3,2)	76,5408	78,2338	58,2692	67,8923		

Tabel 3 menunjukkan model regresi *spline truncated* linier terbaik adalah menggunakan jumlah kombinasi titik *knot* (3,3,3,3,2) karena memiliki GCV paling kecil yaitu sebesar 6,758. Hasil ini selanjutnya digunakan dalam pemodelan faktor-faktor yang memengaruhi angka kesembuhan tuberkulosis di Jawa Barat.

Pemodelan Regresi *Spline Truncated* dengan Titik *Knot* Optimal

Analisis regresi *spline* digunakan ketika kurva regresi tidak membentuk sebuah pola tertentu. Regresi *spline* dapat mengatasi data yang berubah pada interval tertentu (naik turun secara tajam) sehingga dapat menyesuaikan dengan bantuan titik-titik *knot* [11]. Berikut merupakan model regresi nonparametrik *spline truncated* multivariabel dengan orde satu [12].

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_{j1}x_{ji} + \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^r \beta_{j(1+k)}(x_{ji} - K_{jk})_+^1 + \varepsilon_i$$

Fungsi *truncated* yang dibentuk adalah [12]

$$(x_{ji} - K_{jk})_+ = \begin{cases} (x_{ji} - K_{jk})^q, & x_{ji} - K_k \geq 0 \\ 0, & x_{ji} - K_k < 0 \end{cases}$$

Model regresi *spline truncated* terbaik untuk angka kesembuhan tuberkulosis di Jawa Barat dengan menggunakan kombinasi titik *knot* adalah:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_{11}x_{1i} + \beta_{12}(x_{1i} - k_{11})_+^1 + \beta_{13}(x_{1i} - k_{12})_+^1 + \beta_{14}(x_{1i} - k_{13})_+^1 + \beta_{21}x_{2i} + \beta_{22}(x_{2i} - k_{21})_+^1 + \beta_{23}(x_{2i} - k_{22})_+^1 + \beta_{24}(x_{2i} - k_{23})_+^1 + \beta_{31}x_{3i} + \beta_{32}(x_{3i} - k_{31})_+^1 + \beta_{33}(x_{3i} - k_{32})_+^1 + \beta_{34}(x_{3i} - k_{33})_+^1 + \beta_{41}x_{4i} + \beta_{42}(x_{4i} - k_{41})_+^1 + \beta_{43}(x_{4i} - k_{42})_+^1 + \beta_{44}(x_{4i} - k_{43})_+^1 + \beta_{51}x_{5i} + \beta_{52}(x_{5i} - k_{51})_+^1 + \beta_{53}(x_{5i} - k_{52})_+^1$$

$$\hat{y} = 175,6714 + 1,8426x_{1i} - 8,7638(x_{1i} - 70,3292)_+^1 + 8,0054(x_{1i} - 71,5715)_+^1 - 0,5478(x_{1i} - 76,5408)_+^1 - 1,3108x_{2i} - 6,7587(x_{2i} - 54,1761)_+^1 + 10,6275(x_{2i} - 58,9877)_+^1 - 3,8035(x_{2i} - 78,2338)_+^1 - 2,0912x_{3i} + 17,1445(x_{3i} - 44,2308)_+^1 - 14,8399(x_{3i} - 47,0385)_+^1 - 1,3367(x_{3i} - 58,2692)_+^1 - 0,6754x_{4i} + 7,0780(x_{4i} - 39,5077)_+^1 - 7,3686(x_{4i} - 45,1846)_+^1 + 0,5764(x_{4i} - 67,8923)_+^1 - 1,3595x_{5i} + 1,8573(x_{5i} - 63,2346)_+^1 + 1,3985(x_{5i} - 71,3923)_+^1$$

Uji Signifikansi Parameter

Uji ini bertujuan untuk melihat pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Terdapat dua pengujian, yaitu uji serentak dan uji parsial.

Uji Serentak

Uji ini digunakan untuk melihat pengaruh sekelompok variabel prediktor secara bersama-sama terhadap variabel respon. Uji hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut [13].
 $H_0 : \beta_{11} = \beta_{12} = \dots = \beta_{53} = 0$ (kelima variabel prediktor secara serentak tidak memengaruhi variabel respon)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_{lj} \neq 0 ; \text{ untuk } l= 1,2,\dots,1+r , j = 1,2,\dots,6$ (kelima variabel

prediktor secara serentak memengaruhi variabel respon)

Tabel 4. Analisis ragam uji signifikansi parameter

SV	DB	JK	RK	F_{hitung}
Regresi	$p(1+r)=19$	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 = 11523,398$	$\frac{JK_{reg}}{db_{re}} = 80,1788$	$\frac{RK_{reg}}{RK_{ses}} = 11,557$
Sesatan	$n-(p(1+r))-1=7$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = 48,561$	$\frac{JK_{ses}}{db_{ses}} = 6,9373$	
Total	$n-1=26$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 1571,958$		

Tabel 4 menunjukkan nilai $F_{hitung} = 11,557$ dimana lebih besar dari $F_{tabel} = 3,4551$, maka H_0 ditolak yang artinya kelima variabel prediktor secara bersama-sama memengaruhi variabel respon. Selanjutnya dilakukan uji parsial untuk mengetahui pengaruh setiap variabel prediktor terhadap variabel respon.

Uji Parsial

Berikut merupakan hipotesis pengujian secara parsial [13].

$H_0 : \beta_{jl} = 0$ (variabel prediktor ke- j tidak memengaruhi variabel respon).

$H_1 : \beta_{jl} \neq 0 ; j = 1,2,\dots,p; l=1,2,\dots,l+r$ (variabel prediktor ke- j memengaruhi variabel respon).

Statistik uji yang digunakan adalah

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_{jl}}{\sqrt{var(\hat{\beta}_{jl})}}$$

$$var(\hat{\beta}_j) = diag[(X'X)^{-1}(RKS)^2]$$

dengan $var(\hat{\beta}_{jl})$ adalah elemen diagonal utama ke- j dari matriks $var(\hat{\beta})$.

Tabel 5. Hasil uji parsial

Variabel	Parameter	Estimasi	t_{hitung}	$pvalue$	Kesimpulan
	β_0	175,6714	2,1324	0,0426	H_0 ditolak
X_1	β_{11}	1,8426	1,5886	0,1242	H_0 tidak ditolak
	β_{12}	-8,7638	-2,3161	0,0287	H_0 ditolak
	β_{13}	8,0054	1,9981	0,0563	H_0 tidak ditolak
	β_{14}	-0,5478	-0,2575	0,7988	H_0 tidak ditolak
	X_2	β_{21}	-1,3108	-4,3745	0,0002
β_{22}		-6,7587	-6,6297	$4,95 \times 10^{-7}$	H_0 ditolak
β_{23}		10,6275	9,5559	$5,41 \times 10^{-10}$	H_0 ditolak
β_{23}		-3,8035	-7,0705	$1,65 \times 10^{-7}$	H_0 ditolak
X_3	β_{31}	-2,0912	-3,5851	0,0014	H_0 ditolak
	β_{32}	17,1445	6,3015	$1,14 \times 10^{-6}$	H_0 ditolak
	β_{33}	-14,8399	-6,3908	$9,05 \times 10^{-7}$	H_0 ditolak
	β_{34}	-1,3367	-1,9747	0,059	H_0 tidak ditolak
X_4	β_{41}	-0,6754	-2,2403	0,0338	H_0 ditolak
	β_{42}	7,0780	5,8354	$3,77 \times 10^{-6}$	H_0 ditolak
	β_{43}	-7,3686	-7,0271	$1,84 \times 10^{-7}$	H_0 ditolak
	β_{44}	0,5764	2,2928	0,0302	H_0 ditolak
X_5	β_{51}	-1,3595	-5,4214	$1,11 \times 10^{-5}$	H_0 ditolak
	β_{52}	1,8573	1,3431	0,1908	H_0 tidak ditolak
	β_{53}	1,3985	0,5187	0,6083	H_0 tidak ditolak

Variabel prediktor dikatakan signifikan berpengaruh atau H_0 ditolak apabila terdapat salah satu $|t_{hitung}| > t_{0,025;7} = 2,3646$ atau $pvalue < \alpha = 5\%$. Tabel 5 menunjukkan hasil statistik uji setiap variabel prediktor minimal ada satu yang H_0 yang ditolak, maka dapat disimpulkan kelima variabel prediktor secara individual memengaruhi variabel respon.

Pengujian Asumsi Sesatan

Uji ini bertujuan untuk mendapatkan model regresi yang memenuhi kriteria BLUE (*Best Linier Unbiased Estimator*). Model ini digunakan sebagai estimator tidak bias, konsisten berdistribusi normal dan juga efisien.

Normalitas

Salah satu cara untuk menguji normalitas pada sesatan adalah menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov dengan statistik uji sebagai berikut.

H_0 : sesatan berdistribusi normal.

H_1 : sesatan tidak berdistribusi normal.

Pengujian *Kolmogorov-Smirnov* menghasilkan $D_{hitung} = maks|F_s(x_i) - F_t(x_i)| = 0,0733$ lebih kecil dari $D_{(n,\alpha)} = D_{(27;0,05)} = 0,254$ dan nilai $pvalue = 0,9964 > \alpha = 0,05$, maka H_0 tidak ditolak, artinya sesatan mengikuti distribusi normal.

Heteroskedastisitas

Metode yang digunakan untuk menguji ada tidaknya heteroskedastisitas pada sesatan yaitu uji Glejser, dengan cara meregresikan nilai mutlak sesatan dengan variabel prediktor [14].

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{27}^2 = \sigma^2$ (tidak terdapat heteroskedastisitas)

H_1 : paling tidak terdapat satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$, untuk $i = 1, 2, \dots, n$ (terdapat heteroskedastisitas)

$$F_{hitung} = \frac{[\sum_{i=1}^n (|\varepsilon_i| - |\bar{\varepsilon}|)^2] / v}{[\sum_{i=1}^n (|\varepsilon_i| - |\hat{\varepsilon}_i|^2)] / (n - v - 1)}$$

dengan $v = p(1 + r)$.

Tabel 6. Analisis variansi uji *Glesjer*

SV	DB	JK	RK	F_{hitung}	<i>P-value</i>
Regresi	19	14,529	0,7647	1,4981	0,3033
Sesatan	7	3,573	0,5105		
Total	26	18,103			

Tabel 6 menunjukkan $F_{hitung} = 1,4981$ kurang dari $F_{tabel} = F_{0,05;19,7} = 3,4551$ dan $pvalue = 0,3033$ lebih dari $\alpha = 0,05$ maka H_0 tidak ditolak, yang artinya tidak terdapat heteroskedastisitas pada sesatan. Hal ini berarti asumsi identik terpenuhi.

Autokorelasi

Metode yang digunakan adalah Durbin Watson.

H_0 : $\rho = 0$ (tidak terdapat autokorelasi pada sesatan)

H_1 : $\rho \neq 0$ (terdapat autokorelasi pada sesatan)

$$d_{hit} = \frac{\sum_{i=2}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=2}^n (\varepsilon_i^2)}$$

Hasil dari statistik uji didapat nilai $d_{hit}=1,967$ dan $pvalue=0,696$. Nilai tersebut dibandingkan dengan tabel Durbin Watson, mendapat nilai $d_L=1,0042$ dan $d_U=1,8608$. Nilai $d_u < d_{hit} < 4 - d_u$ dan nilai $pvalue > \alpha = 0,05$ maka H_0 tidak ditolak yang artinya tidak terdapat autokorelasi pada sesatan.

Kebaikan Model Regresi

Kebaikan model regresi salah satunya dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi disesuaikan, karena koefisien yang digunakan telah dikoreksi dengan adanya penambahan jumlah variabel dan ukuran sampel yang digunakan [15].

$$R_{Adj}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-p}(1-R^2) = 0,9635$$

Berdasarkan hasil perhitungan, kelima variabel prediktor memengaruhi angka kesembuhan tuberkulosis sebesar 96,35 persen, sedangkan 3,65 persen dipengaruhi oleh variabel lain diluar persamaan atau variabel yang tidak digunakan dalam penelitian ini.

Interpretasi Model Regresi.

Fungsi *truncated* yang dibentuk adalah sebagai berikut [12].

$$(x_{ji} - K_{jk})_+ = \begin{cases} (x_{ji} - K_{jk})^q, & x_{ji} - K_k \geq 0 \\ 0, & x_{ji} - K_k < 0 \end{cases}$$

1. Apabila variabel selain X_1 konstan, pengaruh IPM (X_1) terhadap angka kesembuhan tuberkulosis adalah

$$\hat{y} = 175,6714 + 1,8426x_{1i} - 8,7638(x_{1i} - 70,3292)_+^1 + 8,0054(x_{1i} - 71,5715)_+^1 - 0,5478(x_{1i} - 76,5408)_+^1$$

$$\hat{y} = \begin{cases} 175,6714 + 1,8426x_{1i}, & x_{1i} < 70,3292 \\ 792,0224 - 6,9212x_{1i}, & 70,3292 \leq x_{1i} < 71,5715 \\ 219,064 + 1,0842x_{1i}, & 71,5715 \leq x_{1i} < 76,5408 \\ 260,993 + 0,5364x_{1i}, & x_{1i} \geq 76,5408 \end{cases}$$

Kabupaten/kota dengan nilai IPM kurang dari 70,3292 persen, apabila mengalami kenaikan IPM sebesar 1 persen, maka Angka Kesembuhan Tuberkulosis (AKT) meningkat sebesar 1,8426 persen. Apabila mengalami kenaikan 1 persen IPM dalam rentang 70,3292 sampai kurang dari 71,5715 akan menurunkan AKT sebesar 6,9212 persen. Apabila mengalami kenaikan 1 persen IPM dalam rentang 71,5715 sampai kurang dari 76,5408 akan menaikkan AKT sebesar 1,0842 persen. Apabila IPM lebih dari sama dengan 76,5408 persen dan mengalami kenaikan sebesar 1 persen, maka AKT naik sebesar 0,5364 persen.

Dalam pengobatan kasus tuberkulosis, penderita diwajibkan minum obat secara rutin dan tidak boleh ada yang terlewatkan. Berdasarkan model *spline truncated* diatas terdapat penurunan angka kesembuhan tuberkulosis saat IPM naik, hal ini mungkin disebabkan oleh seseorang yang memiliki tingkat pendidikan tinggi tetapi sudah tergolong lansia, untuk minum obat secara teratur lebih sulit, salah satunya kurangnya daya ingat.

2. Apabila variabel selain X_2 konstan, pengaruh rumah tangga yang memiliki sanitasi layak (X_2) terhadap angka kesembuhan tuberkulosis adalah

$$\hat{y} = 175,6714 - 1,3108x_{2i} - 6,7587(x_{2i} - 54,1761)_+^1 + 10,6275(x_{2i} - 58,9877)_+^1 - 3,8035(x_{2i} - 78,2338)_+^1$$

$$\hat{y} = \begin{cases} 175,6714 - 1,3108x_{2i}, & x_{2i} < 54,1761 \\ -85,0604 + 2,558x_{2i}, & 58,9877 \leq x_{2i} < 78,2338 \\ 212,5019 - 1,2455x_{2i}, & x_{2i} \geq 78,2338 \end{cases}$$

Kabupaten/kota dengan persentase rumah tangga memiliki sanitasi layak kurang dari 54,1761 persen, apabila mengalami kenaikan sebesar 1 persen, maka AKT turun 1,3108 persen.. Apabila mengalami kenaikan 1 persen variabel rumah tangga memiliki sanitasi layak dalam rentang 58,9877 sampai kurang dari 78,2338 akan menaikkan AKT 2,558 persen. Apabila persentase rumah tangga memiliki sanitasi layak sebesar 78,2338 persen atau lebih mengakibatkan AKT turun sebesar 1,2455 persen. Penurunan tersebut mungkin disebabkan apabila di suatu rumah tangga sudah memiliki sanitasi yang layak, tetapi terdapat penderita yang tidak memanfaatkan fasilitas tersebut dikarenakan usia, dimana kondisi penderita tuberkulosis tersebut lemah, sehingga untuk pembuangan air kecil atau besar menggunakan alat bantu.

3. Apabila variabel selain X_3 konstan, pengaruh pengobatan lengkap kasus tuberkulosis (X_3) terhadap angka kesembuhan tuberkulosis adalah

$$\hat{y} = 175,6714 + 2,0912x_{3i} + 17,1445(x_{3i} - 44,2308)_+^1 - 14,8399(x_{3i} - 47,0385)_+^1 - 1,3367(x_{3i} - 58,2692)_+^1$$

$$\hat{y} = \begin{cases} 75,6714 + 2,0912x_{3i}, & x_{3i} < 44,2308 \\ 115,4031 + 4,3958x_{3i}, & 47,0385 \leq x_{3i} < 58,2692 \\ 193,2915 + 3,0591x_{3i}, & x_{3i} \geq 58,2692 \end{cases}$$

Kabupaten/kota dengan persentase pengobatan lengkap kasus tuberkulosis kurang dari 44,2308 persen, apabila mengalami kenaikan sebesar 1 persen, maka AKT naik 2,0912 persen. Kenaikan 1 persen variabel pengobatan lengkap kasus tuberkulosis dalam rentang 47,0385 sampai kurang dari 58,2692 akan menaikkan AKT sebesar 4,3958 persen. Apabila persentase pengobatan lengkap kasus tuberkulosis sebesar 58,2692 persen atau lebih, mengalami kenaikan sebesar 1 persen, maka AKT naik 3,0591 persen.

4. Apabila variabel selain X_4 konstan, pengaruh tempat umum memenuhi syarat kesehatan (X_4) terhadap angka kesembuhan tuberkulosis adalah

$$\hat{y} = 175,6714 - 0,6754x_{4i} + 7,0780(x_{4i} - 39,5077)_+^1 - 7,3686(x_{4i} - 45,1846)_+^1 + 0,5764(x_{4i} - 67,8923)_+^1$$

$$\hat{y} = \begin{cases} 175,6714 - 0,6754x_{4i}, & x_{4i} < 39,5077 \\ -103,9641 + 6,408x_{4i}, & 39,5077 \leq x_{4i} < 45,1846 \\ 228,9831 - 0,9606x_{4i}, & 45,1846 \leq x_{4i} < 67,8923 \\ 189,85 - 0,3842x_{4i}, & x_{4i} \geq 67,8923 \end{cases}$$

Kabupaten/kota dengan persentase tempat umum memenuhi syarat kesehatan kurang dari 39,5077 persen, apabila mengalami kenaikan 1 persen, mengakibatkan AKT turun 0,6754 persen. Apabila mengalami kenaikan 1 persen tempat umum memenuhi syarat kesehatan dalam rentang 39,5077 sampai kurang dari 45,1846 akan menaikkan AKT sebesar 6,408 persen. Apabila mengalami kenaikan 1 persen tempat umum memenuhi syarat kesehatan dalam rentang 45,1846 sampai kurang dari 67,8923 akan menurunkan AKT sebesar 0,9606 persen. Persentase tempat umum memenuhi syarat kesehatan sebesar 67,8923 persen atau lebih, apabila mengalami kenaikan 1 persen, maka AKT turun 0,3842 persen.

Penyembuhan tuberkulosis membutuhkan waktu yang lama, sekitar enam bulan atau lebih. Pasien tuberkulosis dinyatakan sembuh apabila tes sebanyak dua kali dan BTA nya menunjukkan hasil negatif. Apabila dalam tes yang pertama, penderita dinyatakan negatif, setelah itu penderita menjadi lengah dan tidak menerapkan hidup sehat maka dapat tertular kembali, dan hasil BTA pada pengecekan kedua menjadi positif.

Berdasarkan model regresi *spline truncated* yang didapat, apabila tempat-tempat umum memenuhi syarat kesehatan meningkat justru AKT menurun. Hal tersebut disebabkan, meskipun suatu tempat sudah memenuhi syarat kesehatan, tetapi pengunjung tempat umum tersebut tidak memakai tempat tersebut sebagaimana mestinya. Salah satunya adalah tempat yang sudah dibedakan untuk merokok dan tidak merokok, tetapi pengunjung tempat tersebut merokok di bagian yang tidak diperbolehkan merokok. Proses penyembuhan tuberkulosis berhubungan dengan orang perokok atau menghirup asap rokok, jadi apabila penderita tuberkulosis menghirup asap rokok dari orang lain, proses penyembuhan tuberkulosisnya menjadi lebih sulit atau terhambat.

5. Apabila variabel selain X_5 konstan, pengaruh penduduk memiliki jaminan kesehatan (X_5) terhadap angka kesembuhan tuberkulosis adalah

$$\hat{y} = 175,6714 - 1,3595x_{5i} + 1,8573(x_{5i} - 63,2346)_+^1 + 1,3985(x_{5i} - 71,3923)_+^1$$

$$\hat{y} = \begin{cases} 175,6714 - 1,3595x_{5i}, & x_{5i} < 63,2346, \\ 58,2258 + 0,4978x_{5i}, & 63,2346 \leq x_{5i} < 71,3923, \\ -41,6163 + 1,8963x_{5i}, & x_{5i} \geq 71,3923. \end{cases}$$

Kabupaten/kota dengan persentase penduduk memiliki jaminan kesehatan kurang dari 63,2346 persen, apabila mengalami kenaikan 1 persen, maka AKT turun 1,3595 persen. Hal ini dapat terjadi karena, pada beberapa daerah yang memiliki jumlah jaminan kesehatan kurang dari 63,2346 persen dimana tergolong rendah dan masih banyak yang tidak memiliki jaminan kesehatan, mengakibatkan angka kesembuhan tuberkulosis di daerah tersebut menurun. Penyebab yang lain juga, apabila ada seseorang yang memiliki jaminan kesehatan tetapi dari orang tersebut tidak menggunakan untuk berobat penyakit tuberkulosis, sehingga meskipun jumlah

penduduk memiliki jaminan kesehatan naik, angka kesembuhan tuberkulosis dapat turun. Kabupaten/kota yang mengalami kenaikan 1 persen penduduk memiliki jaminan kesehatan dalam rentang 63,2346 sampai kurang dari 71,3923 akan menaikkan AKT sebesar 0,4978 persen. Apabila penduduk memiliki jaminan kesehatan sebesar 71,3923 persen atau lebih, mengalami kenaikan 1 persen, maka AKT naik 1,8963 persen.

4. Kesimpulan

Model terbaik untuk angka kesembuhan tuberkulosis di Provinsi Jawa Barat yaitu menggunakan model regresi nonparametrik *spline truncated* linier dengan kombinasi titik *knot* (3,3,3,3,2) yang didapat dari nilai GCV minimum sebesar 26,758. Model ini menghasilkan nilai koefisien determinasi yang disesuaikan (R_{Adj}^2) sebesar 96,35 persen. Semua variabel yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi IPM, rumah tangga memiliki sanitasi layak, pengobatan lengkap semua kasus tuberkulosis, tempat umum memenuhi syarat kesehatan, dan penduduk memiliki jaminan kesehatan berpengaruh signifikan terhadap angka kesembuhan tuberkulosis di Jawa Barat tahun 2020.

Daftar Pustaka

- [1] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur Tahun 2020*. Surabaya: Kementerian Kesehatan, 2021.
- [2] N.P.R. Anggreni, N.L.P. Suciptawati, and I.G.A.M. Srinadi, "Model regresi nonparametrik spline truncated pada jumlah kasus tuberkulosis di Provinsi Bali tahun 2016," *E-Jurnal Mat.*, vol. 7, no. 3, p. 211, 2018, doi: <https://doi.org/10.24843/MTK.2018.v07.i03.p205>
- [3] I.G.P.S. Darma, M. Ratna, and I.N. Budiantara, "Pemodelan faktor yang memengaruhi angka kasus tuberkulosis di Kota Surabaya menggunakan regresi nonparametrik spline truncated," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 8, no. 2, pp. D216–D222, 2020, doi: <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.45404>
- [4] H. Khaulasari, "Modelling mixed geographically weighted poisson regression for tuberculosis disease in Surabaya," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1490, no. 1, p. 012004, 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1490/1/012004>
- [5] Fatmawati, I.N. Budiantara, and B. Lestari, "Comparison of smoothing and truncated spline estimators in estimating blood pressure models," *Int. J. Innov. Creat. Chang.*, vol. 5, no. 3, pp. 1177–1199, 2019, [Online]. Available: <https://www.ijicc.net/index.php/volume-5-2019/50>
- [6] W. Hardle, *Applied Nonparametric Regression*. New York: Cambridge University Press, 1990.

- [7] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat, *Provinsi Jawa Barat Dalam Angka 2021*. Bandung: BPS Provinsi Jawa Barat, 2021.
- [8] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, *Profil Kesehatan Jawa Barat Tahun 2020*. Bandung: Kementerian Kesehatan, 2020.
- [9] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Barat Tahun 2020*. Jakarta: Kementerian Kesehatan, 2021.
- [10] M. Nussbaum, "Spline smoothing in regression models and asymptotic efficiency in L_2 ," *Ann. Stat.*, vol. 13, no. 3, pp. 984–997, 1985. [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/2241120>
- [11] R.L. Eubank, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing Second Edition*, 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1999.
- [12] A.P. Sugiantari and I.N. Budiantara, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi angka harapan hidup di Jawa Timur menggunakan regresi semiparametrik *spline*," *J. Sains dan Seni PomITS*, vol. 2, no. 1, pp. D37–D41, 2013. [Online]. Available: https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/3132
- [13] D.W. Setyowati, A.T. Rumiati, and I.N. Budiantara, "Pemodelan contraceptive prevalence rate (CPR) di Provinsi Sulawesi Selatan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 9, no. 1, pp. D72–D78, 2020, doi: <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i1.51045>
- [14] F. Rahim, I.N. Budiantara, and E.O. Permatasari, "Spline truncated nonparametric regression modeling for maternal mortality rate in East Java," *Inferensi*, vol. 2, no. 1, p. 39, 2019, doi: <https://doi.org/10.12962/j27213862.v2i1.6812>
- [15] R.K. Sembiring, *Analisis Regresi*. Bandung: ITB Press, 1995.