

Pemodelan Angka Kematian Bayi di Jawa Barat Menggunakan Pendekatan Analisis Regresi Spline dan Kernel*

Riska Indah Puspita¹, Rahma Anisa^{2‡}, and La Ode Abdul Rahman^{3‡}

^{1,2,3}Department of Statistics, IPB University, Indonesia

[‡]Corresponding author: rahmaanisa@apps.ipb.ac.id

Copyright © 2022 Riska Indah Puspita, Rahma Anisa, and La Ode Abdul Rahman. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

The Infant Mortality Rate (IMR) is a very sensitive indicator of health service efforts, especially those related to newborns. IMR is also one of the problems that need to solve and the target of the SDGs number 3 (Good health and well-being). Java Province consists of 27 regencies/cities with an IMR of 3,26/1000 live births in 2019. The pattern of IMR data in West Java province had a pattern that changes at certain points so that the modeling is carried out using nonparametric regression. The selected nonparametric regression approach was spline regression which able to adapt more effectively with the characteristics of the data and kernel regression is easy to implementation. The explanatory variables used are life expectancy, the percentage of poor people, the open unemployment rate and the average length of schooling. The best model given by spline regression at 3 knot and kernel regression with bandwidth 1.2; 1.2; 1.1; and 1. Based model evaluation, the spline regression model's performance is better than the kernel regression with Mean Square Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Absolut Percentage error (MAPE) values are 0.66; 0.81, and 18.54%

Keywords: infant mortality rate, kernel regression, nonparametric regression spline regression, SDGs.

* Received: Aug 2022; Reviewed: Aug 2022; Published: Sep 2022

1. Pendahuluan

Angka Kematian Bayi (AKB) atau *Infant Mortality Rate* (IMR) merupakan indikator yang sangat sensitif terhadap upaya pelayanan kesehatan terutama yang berhubungan dengan bayi baru lahir neonatal dan perinatal. Karena hal ini mencerminkan derajat kesehatan di suatu masyarakat. Selain itu, AKB merupakan salah satu target SDGs yang mengindikasikan kesejahteraan bagi semua orang di segala usia. Tujuan SDGs nomor 3 yaitu kehidupan yang sehat dan sejahtera, pada tahun 2030 SDGs berusaha menurunkan Angka Kematian Neonatal setidaknya hingga 12 per 1000 kelahiran hidup dan Angka Kematian Balita 25 per 1000 kelahiran hidup (Bappenas 2022). AKB di Indonesia pada tahun 2019 sebesar 5,53/1000 kelahiran hidup atau sebesar 26.395 kasus. Provinsi dengan jumlah kematian bayi tertinggi di Indonesia yaitu Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Jawa Timur, dan Provinsi Jawa Barat. Angka Kematian Bayi yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), pelayanan kesehatan, kemiskinan, lingkungan, dan lain sebagainya (Kemenkes RI 2019).

Provinsi Jawa Barat terdiri dari 27 Kabupaten/Kota dengan AKB sebesar 3,26/1000 kelahiran hidup pada tahun 2019. Walaupun AKB yang dimiliki Provinsi Jawa Barat masih berada di bawah rata – rata nasional tetapi Provinsi Jawa Barat merupakan salah satu Provinsi yang menyumbang jumlah kematian bayi teratas di Indonesia yaitu sebesar 2851 kasus. Hal ini terjadi karena Provinsi Jawa Barat adalah salah satu Provinsi dengan jumlah penduduk tertinggi di Indonesia (Dinkes Jawa Barat 2019). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan AKB adalah melakukan pemodelan AKB dengan tiga indikator yaitu indikator kesehatan, indikator ekonomi dan indikator pendidikan yang melibatkan peubah angka harapan hidup, persentase penduduk miskin, persentase tingkat pengangguran terbuka, dan rata – rata lama sekolah. Ketiga indikator ini merupakan indikator keberhasilan pembangunan daerah.

Pemodelan dapat dilakukan menggunakan analisis regresi. Berdasarkan bentuk fungsinya, analisis regresi dibedakan menjadi parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik (Eubank 1999). AKB dalam penelitian ini memiliki pola data yang berubah – ubah di beberapa titik tertentu sehingga pendekatan nonparametrik dipilih. Pendekatan nonparametrik Regresi Spline dan Regresi Kernel digunakan dalam pemodelan AKB dimana Regresi Spline dengan sifatnya yang fleksibel dapat digunakan untuk mengestimasi fungsi regresi dengan adanya polinomial tersegmentasi sedangkan Regresi Kernel merupakan metode yang sederhana dalam memberikan pola pada data dan mudah diimplementasikan (Wu dan Zhang 2006).

Penelitian mengenai Regresi Spline dan Regresi Kernel sudah pernah dilakukan yaitu Pemodelan Regresi Spline dan Kernel pada Persentase Reflektansi LiNbO₃ Didada sebagai Konsentrasi RuO₂ (Yolanda et al. 2019) yang menghasilkan regresi spline lebih baik dari regresi kernel dengan nilai adjusted *R-Square* masing – masing sebesar 99,72%, 99,7%, 99,97% dan 99,98% untuk konsentrasi 0%, 2%, 4%, dan 6%. Pemodelan Kalibrasi Glukosa dalam Darah dengan Regresi Spline menggunakan Pendekatan Alat Non-Invasif (Nur et al. 2018) yang menghasilkan model terbaik regresi spline linear dengan R² 70% dan RMSEP 33,393. Selanjutnya Pemodelan Angka Kematian Bayi dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline Truncated (Utami 2018) menghasilkan nilai GCV terkecil sebesar 5578,896 dengan R² sebesar 86,551%.

2. Metodologi

2.1 Data

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder tahun 2019 dengan peubah respon AKB didapatkan dari Dinas Kesehatan Jawa Barat dan peubah penjas didapatkan dari Badan Pusat Statistik Jawa Barat. Unit amatan pada penelitian ini adalah Kabupaten/Kota dengan banyak amatan sebesar 27 Kabupaten/Kota. Peubah – peubah yang digunakan yaitu sebagai berikut:

Tabel 1 Peubah - peubah yang Digunakan

Kode	Nama Peubah	Satuan
Y	Angka Kematian Bayi	Banyaknya bayi meninggal per 1000 Kelahiran Hidup
X_1	Angka Harapan Hidup	Tahun
X_2	Persentase Penduduk Miskin	Persen
X_3	Tingkat Pengangguran Terbuka	Persen
X_4	Rata – rata Lama Sekolah	Tahun

2.2 Prosedur Analisis Data

Tahapan analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Melakukan eksplorasi data untuk melihat gambaran umum pola data
- Melakukan analisis Regresi Spline
 - Menentukan jumlah dan letak knot yang akan digunakan
 - Memodelkan data dengan titik knot optimal yang diperoleh berdasarkan nilai GCV yang paling minimum.
- Melakukan analisis Regresi Kernel
 - Menentukan lebar jendela h berdasarkan nilai GCV terkecil
 - Membentuk model Regresi Kernel dengan lebar jendela optimum berdasarkan nilai GCV terkecil.
- Membandingkan kinerja model berdasarkan nilai MSE, RMSE, dan MAPE dengan rumus sebagai berikut (Montgomery 2015):

$$MSE = \frac{1}{27} \sum_{i=1}^{27} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{27} \sum_{i=1}^{27} (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

$$MAPE = \frac{1}{27} \sum_{i=1}^{27} \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\%$$

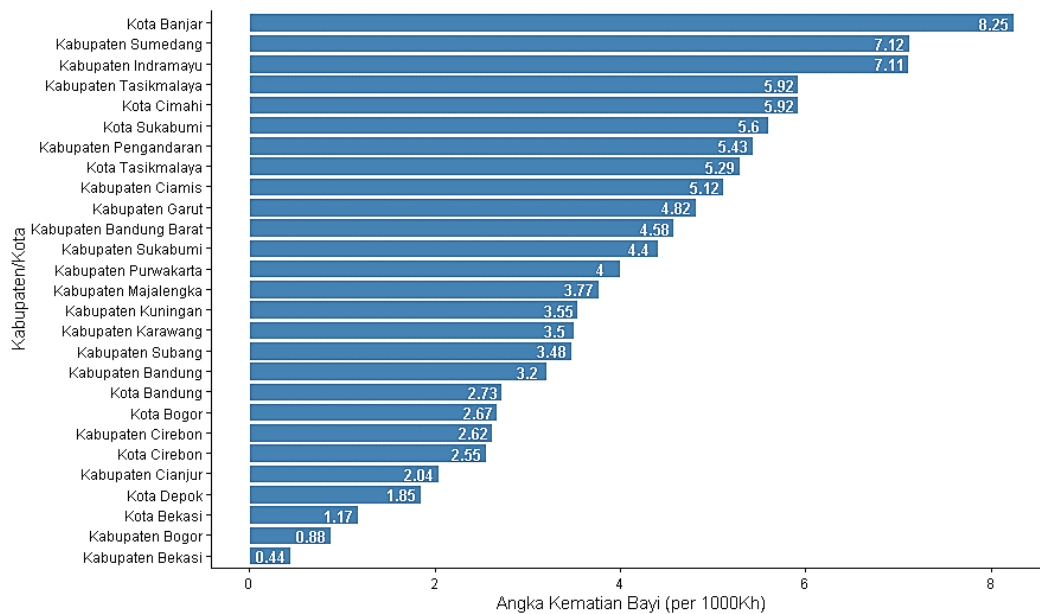
untuk $i = 1, 2, \dots, 27$, \hat{y}_i merupakan nilai dugaan peubah respon ke- i , dan y_i merupakan peubah respon ke- i . Semakin kecil nilai MSE, RMSE, dan MAPE menunjukkan bahwa model yang terbentuk semakin baik. Lewis (1982) dalam Moreno *et. al* (2013) menyatakan bahwa terdapat selang nilai yang dapat digunakan sebagai ukuran kebaikan nilai MAPE yaitu MAPE kurang 10% maka model dikatakan sangat baik, MAPE antara 10% sampai 20% maka model dikatakan baik, MAPE antara 20% sampai 50% maka model dikatakan cukup baik dan MAPE lebih dari 50% maka model dikatakan kurang baik

- Menginterpretasikan model terbaik

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data

Provinsi Jawa Barat memiliki AKB sebesar 3,26/1000 kelahiran dengan persebaran AKB tiap Kabupaten/Kota di Jawa Barat terlihat pada diagram batang Gambar 1. Diagram batang menunjukkan bahwa AKB terbesar terjadi di daerah Kota Banjar sedangkan AKB terendah terjadi di Kabupaten Bekasi. Jika berdasarkan nilai rata-rata AKB di Jawa Barat maka terdapat 13 Kabupaten/Kota yang berada di atas nilai rata-ratanya sementara itu, sebanyak 14 Kabupaten/Kota di Jawa Barat memiliki AKB di bawah nilai rata-ratanya.



Gambar 1 Diagram Batang AKB di Jawa Barat Tahun 2019

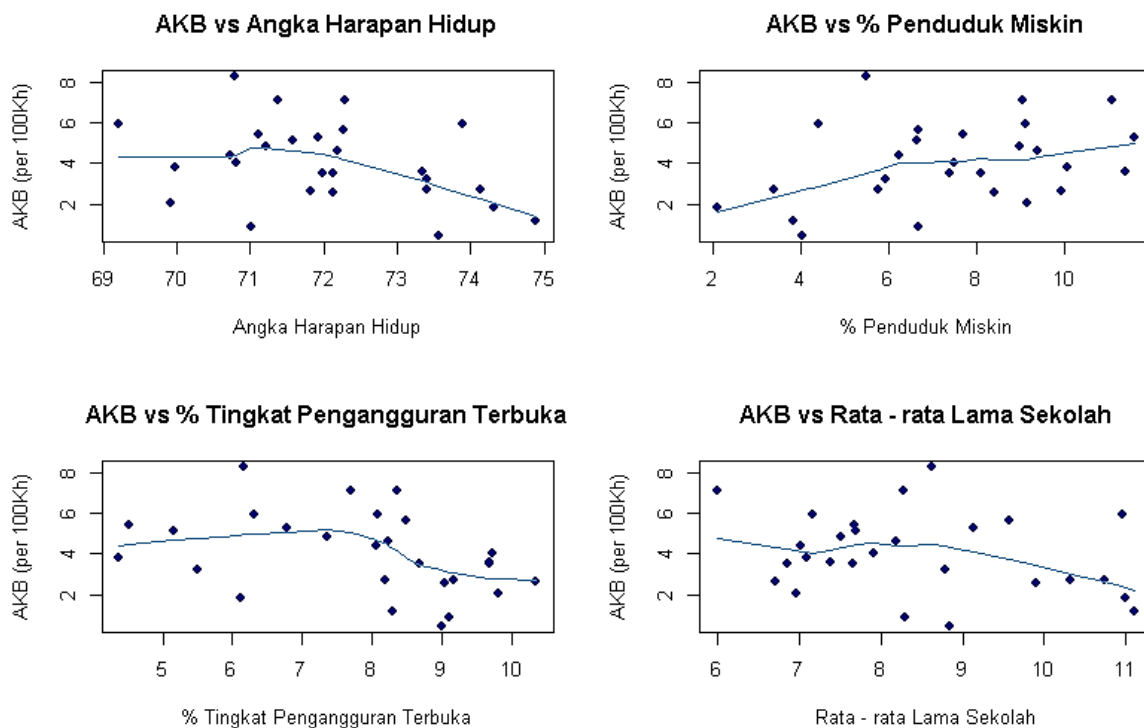
Karakteristik AKB di Jawa Barat disajikan pada tabel 2 yang menunjukkan perbedaan AKB terendah dan tertinggi di suatu daerah terlihat cukup besar yaitu sebesar 7,81/1000 kelahiran hidup. Selanjutnya, jika dilihat dari masing – masing peubah penjelas, ragam terbesar dimiliki oleh X_2 yaitu Persentase Penduduk Miskin.

Tabel 2 Karakteristik AKB dan Peubah Penjelas yang Digunakan

Peubah	Rata-rata	Ragam	Minimum	Maksimum
Y	4,00	3,89	0,44	8,25
X_1	72,05	2,07	69,21	74,89
X_2	7,41	6,43	2,07	11,60
X_3	7,85	2,84	4,37	10,35
X_4	8,42	2,16	5,99	11,10

Gambar 3 menunjukkan pola hubungan yang dimiliki oleh peubah respon dan peubah penjelas. Berdasarkan diagram pencar yang terbentuk, terlihat bahwa hubungan antara AKB dengan AHH (X_1) memiliki hubungan berkebalikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi AKB, maka AHH di suatu masyarakat tersebut semakin rendah. Selanjutnya pola hubungan antara AKB dengan

Persentase Penduduk Miskin (X_2) terlihat memiliki hubungan yang selaras artinya bahwa jika Persentase Penduduk Miskin di daerah tersebut semakin tinggi maka AKB Bayi juga semakin tinggi. Kemudian hubungan antara AKB dengan Persentase Tingkat Pengangguran Terbuka (X_3) memiliki pola yang berkebalikan namun tidak dapat disimpulkan dengan pasti karena pola yang terlihat menyebar acak. Begitu pula untuk diagram pencar AKB dengan Rata – rata Lama Sekolah (X_4). Berdasarkan penjelasan masing-masing kurva tersebut, pola yang terbentuk tidak dapat disimpulkan secara pasti dan terlihat adanya perubahan bentuk pola yang begitu tajam di beberapa selang titik tertentu yang mengakibatkan kurva tersebut sulit didekati menggunakan model parametrik. Sehingga diperlukan kajian lebih lanjut mengenai bentuk pola tersebut dan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan model nonparametrik.



Gambar 2 Diagram Pencar AKB dengan Peubah Penjelas

Regresi Spline

Penentuan jumlah dan letak knot yang optimal pada analisis Regresi Spline adalah langkah yang paling awal. Pemilihan titik knot optimal dalam Regresi Spline diawali dengan satu titik knot yang diperoleh dengan meminimalkan nilai GCV.

Tabel 3 Nilai satu knot berdasarkan nilai GCV terkecil

Jumlah knot	Peubah				GCV
	x_1	x_2	x_3	x_4	
1	70,8329	4,7929	6,0786	7,4500	3,2919

Kemudian, penentuan dua titik knot optimal didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4 Nilai dua knot berdasarkan nilai GCV terkecil

Jumlah knot	Peubah				GCV
	x_1	x_2	x_3	x_4	
1	70,4851	4,2094	5,7124	7,1371	3,2118
2	70,6010	4,4039	5,8345	7,2414	

Pemilihan titik knot optimal dalam Regresi Nonparametrik Spline selanjutnya yaitu tiga titik knot yang diperoleh dengan meminimalkan nilai GCV.

Tabel 5 Nilai tiga knot berdasarkan nilai GCV terkecil

Jumlah knot	Peubah				GCV
	x_1	x_2	x_3	x_4	
1	71,8761	6,5433	7,1769	8,3886	1,7889
2	72,1080	6,9322	7,4210	8,5971	
3	72,4557	7,5157	7,7871	8,9100	

Pemilihan model Regresi Spline dapat dilihat dari nilai GCV paling minimum dari model dengan satu knot, model dengan dua knot, dan model dengan tiga knot. Berikut merupakan perbandingan nilai GCV dari ketiga model Regresi Spline tersebut.

Tabel 6 Perbandingan nilai GCV terkecil

Model	GCV
1 knot	3,2919
2 knot	3,2118
3 knot	1,7889

Berdasarkan nilai GCV yang diperoleh dari ketiga model tersebut, model Regresi Nonparametrik Spline dengan tiga knot memiliki nilai GCV paling minimum sehingga model regresi nonparametrik spline dengan tiga knot yang terpilih.

Berikut dugaan persamaan model Regresi Nonparametrik Spline dengan tiga titik knot yaitu sebagai berikut

$$\begin{aligned} \hat{y}_i = & -74,3391 + 1,0369x_1 - 22,3815(x_1 - 71,8761)_+ + 46,6003(x_1 - 72,1080)_+ \\ & - 29,3938(x_1 - 72,4557)_+ + 0,4094x_2 + 21,0675(x_2 - 6,5433)_+ \\ & - 27,1793(x_2 - 7,5157)_+ + 5,1722(x_2 - 7,9047)_+ + 1,3399x_3 \\ & - 24,7079(x_3 - 7,1769)_+ + 39,4489(x_3 - 7,4210)_+ \\ & - 19,0070(x_3 - 7,7871)_+ - 0,9602x_4 + 35,0255(x_4 - 8,3886)_+ \\ & - 60,0869(x_4 - 8,5971)_+ + 28,8180(x_4 - 8,9100)_+ \end{aligned}$$

3.2 Regresi Kernel

Penentuan lebar jendela pada Regresi Kernel adalah hal yang perlu diperhatikan. Lebar jendela optimal dapat diperoleh dari lebar jendela yang menghasilkan nilai GCV terkecil. Karena jika lebar jendela terlalu kecil maka akan

menghasilkan kurva yang sangat kasar (*under-smoothing*) dan jika terlalu lebar maka akan menghasilkan kurva yang sangat mulus (*over-smoothing*).

Berikut merupakan hasil lebar jendela optimal berdasarkan nilai GCV terkecil.

Tabel 7 Nilai lebar jendela berdasarkan nilai GCV terkecil

Lebar jendela				GCV
x_1	x_2	x_3	x_4	
1,2	1,2	1,1	1	14,67

Sehingga dugaan model Regresi Nonparametrik Kernel dengan penduga Nadaraya-Watson menggunakan fungsi kernel Gaussian adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_i = \frac{\frac{1}{(1,2)} \frac{1}{(1,2)} \frac{1}{(1,1)} \frac{1}{(1)} \sum_{i=1}^{27} K\left(\frac{x_1 - X_{i1}}{1,2}\right) K\left(\frac{x_2 - X_{i2}}{1,2}\right) K\left(\frac{x_3 - X_{i3}}{1,1}\right) K\left(\frac{x_4 - X_{i4}}{1}\right) Y_i}{\frac{1}{(1,2)} \frac{1}{(1,2)} \frac{1}{(1,1)} \frac{1}{(1)} \sum_{i=1}^{27} K\left(\frac{x_1 - X_{i1}}{1,2}\right) K\left(\frac{x_2 - X_{i2}}{1,2}\right) K\left(\frac{x_3 - X_{i3}}{1,1}\right) K\left(\frac{x_4 - X_{i4}}{1}\right)}$$

$$= \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1 - X_{i1}}{1,2}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_2 - X_{i2}}{1,2}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_3 - X_{i3}}{1,1}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(x_4 - X_{i4})^2} Y_i}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1 - X_{i1}}{1,2}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_2 - X_{i2}}{1,2}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_3 - X_{i3}}{1,1}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(x_4 - X_{i4})^2}}$$

3.3 Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan dengan menghitung nilai MSE, RMSE, dan MAPE. Berikut hasil perbandingan kinerja model antara model Regresi Spline tiga titik knot dan model Regresi Kernel.

Tabel 8 Perbandingan Hasil Evaluasi Model

Model	MSE	RMSE	MAPE (%)
Regresi Spline	0,66	0,81	18,54
Regresi Kernel	5,02	2,24	67,86

Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Regresi Spline memiliki nilai MSE, RMSE, dan MAPE yang lebih kecil dari regresi kernel yang mengindikasikan bahwa Regresi Spline merupakan model yang baik untuk angka kematian bayi di Jawa Barat pada tahun 2019 sehingga Regresi Spline dipilih dalam pemodelan ini.

3.4 Interpretasi Model Terpilih

Setelah dilakukan evaluasi model, Regresi Spline tiga titik knot menjadi model terbaik dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{y}_i = -74,3391 + 1,0369x_1 - 22,3815(x_1 - 71,8761)_+ + 46,6003(x_1 - 72,1080)_+ - 29,3938(x_1 - 72,4557)_+ + 0,4094x_2 + 21,0675(x_2 - 6,5433)_+ - 27,1793(x_2 - 7,5157)_+ + 5,1722(x_2 - 7,9047)_+ + 1,3399x_3 - 24,7079(x_3 - 7,1769)_+ + 39,4489(x_3 - 7,4210)_+ - 19,0070(x_3 - 7,7871)_+ - 0,9602x_4 + 35,0255(x_4 - 8,3886)_+ - 60,0869(x_4 - 8,5971)_+ + 28,8180(x_4 - 8,9100)_+$$

Interpretasi model berdasarkan masing – masing peubah penjelas terhadap AKB:

- a. Mengasumsikan peubah x_2 konstan sebesar 6,5433, peubah x_3 konstan sebesar 7,1769, peubah x_4 konstan sebesar 8,3886 maka pengaruh Angka Harapan Hidup terhadap AKB sebagai berikut,

$$\hat{y} = -70,0987 + 1,0369x_1 - 22,3815(x_1 - 71,8761)_+ + 46,6003(x_1 - 72,1080)_+ - 29,3938(x_1 - 72,4557)_+$$

Tabel 9 Kelompok Daerah Berdasarkan Peubah AHH

	Kelompok	Daerah yang termasuk
1.	$x_1 < 71,8761$ $\hat{y} = -70,0987 + 1,0369x_1$	Kab.Bogor, Kab.Sukabumi, Kab. Cianjur, Kab. Garut, Kab. Tasikmalaya, Kab. Ciamis, Kab. Cirebon, Kab. Majalengka, Kab. Indramayu, Kab. Purwakarta, Kab. Pangandaran, dan Kota Banjar.
2.	$71,8761 \leq x_1 < 72,1080$ $\hat{y} = 1538,5963 - 21,3446x_1$	Kab. Karawang dan Kota Tasikmalaya.
3.	$72,1080 \leq x_1 < 72,4557$ $\hat{y} = -1821,6582 + 25,2557x_1$	Kab. Sumedang, Kab. Subang, Kab. Bandung Barat, Kota Sukabumi, dan Kota Cirebon
4.	$x_1 \geq 72,4557$ $\hat{y} = 308,0902 - 4,1381x_1$	Kab. Bandung, Kab. Kuningan, Kab. Bekasi, Kota Bogor, Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, dan Kota Cimahi.

Secara umum, semakin tinggi AHH suatu daerah, semakin kecil kemungkinan AKB. Walaupun ada daerah yang tidak demikian, karena ada faktor lain yang mendominasi seperti daerah kelompok 3.

- b. Mengasumsikan peubah x_1 konstan sebesar 71,8761, peubah x_3 konstan sebesar 7,1769, peubah x_4 konstan sebesar 8,3886, maka pengaruh Persentase Penduduk Miskin terhadap AKB sebagai berikut,

$$\hat{y} = 1,7508 + 0,4094x_2 + 21,0675(x_2 - 6,5433)_+ - 27,1793(x_2 - 7,5157)_+ + 5,1722(x_2 - 7,9047)_+ +$$

Tabel 10 Kelompok Daerah Berdasarkan Peubah PPM

	Kelompok	Daerah yang termasuk
1.	$x_2 < 6,5433$ $\hat{y} = 1,7508 + 0,4094x_2$	Kab.Sukabumi, Kab. Bandung, Kab. Bekasi, Kota Bogor, Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi dan Kota Banjar

	Kelompok	Daerah yang Termasuk
2.	$6,5433 \leq x_2 < 7,5157$ \hat{y} $= -136,1002$ $+ 21,4769x_2$	Kab. Bogor, Kab. Ciamis, Kab. Purwakarta, Kab. Karawang, dan Kota Sukabumi
3.	$7,5157 \leq x_2 < 7,9047$ $\hat{y} = 68,1713 - 5,6997x_2$	Kab. Pangandaran
4.	$x_2 \geq 7,9047$ $\hat{y} = 27,2866 - 0,5275x_2$	Kab. Cianjur, kab. Garut, Kab. Tasikmalaya, Kab. Kuningan, Kab. Cirebon, Kab. Majalengka, Kab. Sumedang, Kab. Indramayu, Kab. Subang, Kab. Bandung Barat, Kab. Cirebon, dan Kota Tasikmalaya.

Ketika PPM naik 1%, maka AKB per 1000 Kelahiran Hidup cenderung semakin turun. Hal ini terjadi pada daerah – daerah Kelompok 3 dan 4. Namun sebaliknya, pada daerah – daerah Kelompok 1 dan 2, ada kecenderungan semakin tinggi AKB jika PPM semakin tinggi.

- c. Mengasumsikan peubah x_1 konstan sebesar 71,8761, peubah x_2 konstan sebesar 6,5433, peubah x_4 konstan sebesar 8,3886, maka pengaruh Persentase Tingkat Pengangguran Terbuka terhadap AKB sebagai berikut,

$$\hat{y} = -5,1867 + 1,3399x_3 - 24,7079(x_3 - 7,1769)_+ + 39,4489(x_3 - 7,4210)_+ - 19,0070(x_3 - 7,7871)_+$$

Tabel 11 Kelompok Daerah Berdasarkan Peubah Persentase TPT

	Kelompok	Daerah yang termasuk
1.	$x_3 < 7,1769$ $\hat{y} = -5,1867 + 1,3399x_3$	Kab. Bandung, Kab. Tasikmalaya, Kab. Ciamis, Kab. Majalengka, Kab. Pangandaran, Kota Depok, Kota Tasikmalaya, Kota Banjar
2.	$7,1769 \leq x_3 < 7,4210$ $\hat{y} = 172,1394 - 23,3680x_3$	Kab. Garut
3.	$7,4210 \leq x_3 < 7,7871$ $\hat{y} = -120,6108 + 16,0809x_3$	Kab. Sumedang
4.	$x_3 \geq 7,7871$ $\hat{y} = 27,3986 - 2,9261x_3$	Kab. Bogor, Kab. Sukabumi, Kab. Cianjur, Kab. Kuningan, Kab. Cirebon, Kab. Indramayu, Kab. Subang, Kab. Purwakarta, Kab. Karawang, Kab. Bekasi, Kab. Bandung Barat, Kota Bogor, Kota Sukabumi, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Cimahi.

AKB di daerah – daerah Kelompok 2, 3, dan 4 ada kecenderungan didominasi oleh faktor lain, namun di daerah Kelompok 1 semakin tinggi Persentase TPT maka menyebabkan AKB semakin tinggi sebesar 1,3399/1000 Kelahiran hidup.

- d. Mengasumsikan peubah x_1 konstan sebesar 71,8761, peubah x_2 konstan sebesar 6,5433, peubah x_3 konstan sebesar 7,1769, maka pengaruh Rata – rata Lama Sekolah terhadap AKB sebagai berikut,

$$\hat{y} = 12,4844 - 0,9602x_4 + 35,0255(x_4 - 8,3886)_+ - 60,0869(x_4 - 8,5971)_+ + 28,8180(x_4 - 8,9100)_+$$

Tabel 12 Kelompok Daerah Berdasarkan Peubah RLS

	Kelompok	Daerah yang termasuk
1.	$x_4 < 8,3886$ $\hat{y} = 12,4844 - 0,9602x_4$	Kab. Bogor, Kab. Sukabumi, Kab. Cianjur, Kab. Garut. Kab. Tasikmalaya, Kab. Ciamis, Kab. Kuningan, Kab. Cirebon, Kab. Majalengka, Kab. Sumedang, Kab. Indramayu, Kab. Subang, Kab. Karawang, Kab. Purwakarta, Kab. Bandung Barat, Kab. Pangandaran
2.	$8,3886 \leq x_4 < 8,5971$ $\hat{y} = -281,3310 + 34,0653x_4$	-
3.	$8,5971 \leq x_4 < 8,9100$ $\hat{y} = 235,2426 - 26,0216x_4$	Kab. Bandung, Kab. Bekasi, dan Kota Banjar
4.	$x_4 \geq 8,9100$ $\hat{y} = -21,5258 + 2,7964x_4$	Kota Bogor, Kota Sukabumi, Kota Bandung, Kota Cirebon, Kota Bekasi, Kota Depok, Kota Cimahi. dan Kota Tasikmalaya

Secara umum semakin tinggi RLS di suatu daerah, maka AKB cenderung semakin rendah. Sementara itu ada faktor lain yang menyebabkan AKB pada daerah Kelompok 4.

4. Simpulan

Angka Kematian Bayi dapat dimodelkan menggunakan Regresi Spline dan Regresi Kernel. Model terbaik regresi spline diperoleh dengan jumlah knot sebanyak 3 knot sedangkan pada Regresi Kernel diperoleh lebar jendela sebesar 1,2; 1,2; 1,1; 1. Kemudian, hasil evaluasi MSE, RMSE, dan MAPE berdasarkan kinerja kedua model, model terbaik adalah model Regresi Spline.

Daerah-daerah di Jawa Barat memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap angka kematian bayi namun beberapa daerah memiliki pengaruh yang sama, hal ini kemungkinan dikarenakan letak geografis yang berdekatan. Secara umum semakin tinggi angka harapan hidup suatu daerah dapat menyebabkan angka kematian bayi semakin rendah namun masih terdapat faktor lain yang menyebabkan angka kematian bayi di beberapa daerah Jawa Barat. Angka kematian bayi di daerah – daerah kota di Jawa Barat cenderung meningkat apabila persentase penduduk miskin juga meningkat. Terdapat 8 daerah dari 27 Kabupaten/Kota di Jawa Barat

yang mempunyai tingkat pengangguran kurang dari 7,18% ada kecenderungan semakin tinggi tingkat pengangguran maka angka kematian bayi juga semakin tinggi sisanya kemungkinan ada faktor lain yang mendominasi. Sementara itu, kebanyakan daerah – daerah di Jawa Barat yang mempunyai rata – rata lama sekolah di bawah 8,9 tahun yang apabila meningkat akan menyebabkan angka kematian bayi semakin rendah.

Daftar Pustaka

- Arifin A dan Astuti E. 2020. Pemodelan nilai ekspor kelapa sawit di Indonesia menggunakan smoothing kernel. Seminar Nasional Official Statistik: 1094-1104.
- Aydin D. 2007. A Comparison of the Nonparametric Regression Models using Smoothing Spline and Kernel Regresion. World Academy of Science, Engineering and Technology. 36: 253 – 257.
- [Bappenas] Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional. 2022. Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. <https://sdgs.bappenas.go.id/>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Hasil Sensus Penduduk 2020. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- [Dinkes] Dinas Kesehatan. 2019. Profil Kesehatan Jawa Barat Tahun 2019. Bandung (ID): Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat.
- Eubank RL. 1999. Nonparametric Regression and Spline Smoothing. New York (US): Marcel Dekker, Inc
- Ferraty F dan Vieu P. 2006. Nonparametric Functional Data Analysis. New York (US): Springer Science & Business Media, Inc.
- Ghosh, S. 2018. Kernel smoothing. New York (US): John Wiley & Sons.
- Hardle W. 2004. Nonparametric and Semiparametric Regression. New York (US): Springer Science & Business Media, Inc.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020. Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2019. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Mahmoed F dan Hamdy F. 2021. Parametric Versus Semi and Nonparametric Regression Models. International Journal of Statistics and Probability. 10(2): 90 – 109.
- Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M. 2015. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. New Jersey (US): John Wiley & Sons.
- Moreno JJ. Pol AP, Abad A. 2013. Using the R-MAPE index as a resistant measure of forecast accuracy. Psicothema. 25(4):500 – 506.
- Nur R, Indahwati, Erfiani. 2018. Glucose Calibration Modeling in Blood with Spline Regression Approaching to Non-Invasive Tools. IJSRSET. 4(11): 144 – 149.
- Posangi J, Kangi F, dan Lengkong G. 2020. Faktor – faktor yang berhubungan dengan kematian bayi di Indonesia. Jurnal KESMAS. 9(4): 41 – 47.
- Pratiwi, L. 2020. Pemilihan titik knot optimal model spline truncated dalam regresi nonparametrik multivariabel dengan GCV. Jurnal Matematika. 10(2): 78 –90.

- Utami TW. 2018. Pemodelan Angka Kematian Bayi dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline Truncated. Seminar Nasional Edusaintek. 35 (4): 128 – 132.
- Widyastuti DA, Fernandes AA, Pramoedyo H. 2020. Test Efficiency Analysis of Parametric, Nonparametric, Semiparametric Regression in Spatial Data. *Mathematics and Statistics*. 8(5): 506 – 519.
- Wu H dan Zhang J. 2006. *Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Yolanda A. 2019. Pemodelan regresi spline dan kernel pada persentase reflektansi LiNbO₃ didadah berbagai konsentrasi RuO₂ [thesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.