



# Perbandingan Regresi Nonparametrik Kernel dan Spline pada Pemodelan Hubungan antara Rata-Rata Lama Sekolah dan Pengeluaran per Kapita di Indonesia

Muhammad Syahrul<sup>a</sup>, Humami Syifa Amanda<sup>b</sup>, Indi Rizqy Fahrani<sup>c</sup>, Yasmin<sup>d</sup>,  
Nur Asmia Purnamasari<sup>e</sup>, Zulhan Widya Baskara<sup>f\*</sup>

- a. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia.  
b. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia.  
c. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia.  
d. Program Studi Matematika, Universitas Mataram, Indonesia.  
e. Program Studi Statistika, Universitas Mataram, Indonesia.  
f. Program Studi Statistika, Universitas Mataram, Indonesia.

\*Corresponding author (email): [zulhan\\_wb@unram.ac.id](mailto:zulhan_wb@unram.ac.id)

## ABSTRACT

Poverty remains a significant challenge in developing countries, including Indonesia. As of March 2023, Indonesia's poverty rate was still at 9.36%, which is considered high. Poverty alleviation is a primary goal within the Sustainable Development Goals (SDGs). Two important indicators for measuring poverty are per capita expenditure and average years of schooling, which can aid in formulating policies to reduce poverty. This study analyzed the relationship between average years of schooling and per capita expenditure in 2023 using nonparametric regression methods, specifically kernel and spline regression. The kernel regression analysis yielded an optimal bandwidth of 0.860 and a minimum GCV of 0.574. However, the truncated spline method, with one optimal knot, a minimum GCV of 0.5263514 at the 3rd order, and the smallest MSE of 0.4097892, proved to be more accurate in describing the relationship between the two variables. The study concludes that the truncated spline method is superior in modeling the relationship between per capita expenditure and average years of schooling, providing valuable insights for policy formulation aimed at poverty alleviation in Indonesia.

**Keywords:** Kernel regression, Poverty, Spline Regression

## ABSTRAK

Kemiskinan masih menjadi masalah utama di negara berkembang, termasuk Indonesia. Hingga bulan Maret 2023, tingkat kemiskinan di Indonesia masih diangka 9,36% dimana angka tersebut tergolong besar. Pengentasan kemiskinan menjadi tujuan utama dalam Sustainable Development Goals (SDGs). Dua indikator penting dalam mengukur kemiskinan adalah pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah, yang dapat membantu dalam merumuskan kebijakan untuk mengurangi kemiskinan. Penelitian ini menganalisis hubungan antara rata-rata lama sekolah dan pengeluaran per kapita tahun 2023 menggunakan regresi nonparametrik, yaitu metode kernel dan spline. Hasil analisis regresi kernel menunjukkan bandwidth optimal 0,860 dan GCV minimal 0,574. Namun, metode spline truncated dengan satu knot terbaik, GCV minimal 0,5263514 pada orde 3, serta MSE terkecil 0,4097892 terbukti lebih akurat dalam menggambarkan hubungan antara kedua variabel. Penelitian ini menyimpulkan

Copyright: © 2024 by authors.  
This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



---

bahwa metode spline truncated lebih unggul dalam memodelkan hubungan antara pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah, sehingga memberikan wawasan penting bagi kebijakan pengentasan kemiskinan di Indonesia.

**Kata kunci:** Kemiskinan, Regresi Kernel, Regresi Spline

---

Diterima: 09-11-2024; Disetujui: 29-11-2024;

## 1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan di dunia hingga saat ini adalah kemiskinan. Menurut Bappenas dalam Hardinandar (2019), kemiskinan didefinisikan sebagai suatu keadaan ketika seseorang maupun sekelompok orang dalam rangka mempertahankan kehidupannya dimana kebutuhan dasarnya tidak dapat dipenuhi. Dalam rangka menghadapi persoalan kemiskinan di dunia, maka salah satu langkah yang diambil oleh para pemimpin negara di dunia adalah dengan mendeklarasikan suatu konsep pembangunan berkelanjutan di bawah naungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang dikenal sebagai Sustainable Development Goals atau SDGs. Salah satu poin dari SDGs sendiri adalah mengatasi permasalahan kemiskinan di dunia yang merupakan tujuan nomor satu dari SDGs. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara yang menjadi anggota PBB dan turut serta dalam mendukung tercapainya tujuan mengatasi permasalahan kemiskinan di dunia khususnya di Indonesia (Pratama, et.al., 2020). Berdasarkan data yang diperoleh dari Worldbank pada tahun 2019 diketahui bahwa jumlah penduduk di Indonesia yang berada di bawah garis kemiskinan masih sekitar 10% atau sebanyak 25,9 juta orang. Hingga bulan Maret 2023, tingkat kemiskinan di Indonesia masih diangka 9,36% (25,90 juta orang) (BPS, 2023). Walaupun terjadi penurunan tingkat kemiskinan yang cukup signifikan, namun jumlah penduduk miskin tersebut masih tergolong besar.

Melihat angka kemiskinan yang dialami oleh Indonesia, diperlukan suatu indikator untuk mengukur kemiskinan. Pemerintah akan lebih mudah dalam membuat kebijakan ataupun melakukan suatu tindakan untuk membenahi kemiskinan dengan adanya indikator. Menurut Hardinandar (2019), indikator kemiskinan tidak hanya berkaitan dengan aspek materil, tetapi juga secara nonmateril yang dikelompokkan dalam dua kelompok yakni indikator ekonomi dan sosial seperti pengeluaran untuk perumahan, pengeluaran untuk pendidikan, fasilitas pendidikan, dan lain sebagainya. BPS (2011) dalam Wulandary & Purnama (2020) menyatakan bahwa rata-rata lama sekolah merupakan suatu ukuran yang menunjukkan jenjang pendidikan yang sedang atau pernah ditempuh. Ukuran tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas masyarakat berdasarkan pendidikan formal yang ditempuh. Sementara itu, berdasarkan BPS (2020) dalam Akbar, dkk. (2023) menyatakan bahwa biaya yang dikeluarkan pada periode tertentu untuk keperluan konsumsi rumah tangga disebut sebagai pengeluaran per kapita. Pengeluaran per kapita digunakan untuk mengelompokkan suatu wilayah menurut pengeluaran, yang nantinya digunakan untuk menyusun kebijakan oleh pemerintah setempat (Wulandary, et.al., 2020). Pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah merupakan dua hal yang dapat digunakan untuk mengukur kemiskinan.

Kedua indikator kemiskinan tersebut dapat memberikan informasi dalam merencanakan kebijakan dan mengurangi masalah kemiskinan. Adapun salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara indikator rata-rata lama sekolah dan pengeluaran per kapita adalah dengan analisis statistika menggunakan metode regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik adalah analisis regresi yang berfungsi untuk mengidentifikasi pola hubungan pada variabel dependen dan variabel independen. Metode ini digunakan apabila terjadi kesulitan dalam menentukan model melalui sebaran data (Wulandary, et.al., 2020).

Beberapa metode yang termasuk dalam analisis regresi nonparametrik yakni metode regresi kernel dan spline. Metode regresi kernel adalah suatu metode yang cukup diminati oleh para peneliti karena didasarkan pada estimator densitas kernel dimana memiliki bentuk matematis yang mudah, dapat mencapai konvergensi yang relatif cepat, dan memiliki bentuk yang fleksibel (Hadijati, et.al., 2016). Kelebihan lain dari metode regresi nonparametrik kernel, yaitu bisa memodelkan data yang memiliki pola tak beraturan (Pembargi, et.al., 2017). Apabila suatu model cenderung mencari sendiri estimasi data berdasarkan pergerakan pola datanya maka metode tersebut dikenal sebagai metode regresi spline (Bintariningrum, et.al., 2014). Salah satu aplikasi

dari metode regresi kernel dan spline, yakni untuk memodelkan hubungan antara rata-rata lama sekolah dan pengeluaran per kapita.

Penelitian sebelumnya oleh Wulandary dkk. (2020) telah mengidentifikasi hubungan positif antara pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah. Studi ini melanjutkan penelitian tersebut dengan menggunakan data yang lebih terkini dan metode yang berbeda. Penerapan metode spline *truncated* memungkinkan model untuk menangkap bentuk hubungan yang lebih fleksibel dan kompleks antara kedua variabel, dibandingkan dengan model yang digunakan dalam penelitian sebelumnya.

Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel dependen yakni rata-rata lama sekolah dengan variabel independen yaitu rata-rata pengeluaran per kapita menggunakan metode regresi nonparametrik kernel dan spline *truncated*. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan metode yang paling cocok dari kedua metode tersebut dalam menggambarkan hubungan rata-rata lama sekolah dengan pengeluaran per kapita sebagai indikator kemiskinan guna memberikan informasi untuk mengatasi permasalahan kemiskinan di Indonesia.

## 2. Metode

Penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Terdapat dua variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengeluaran per kapita sebagai variabel independen dan rata-rata lama sekolah sebagai variabel dependen. Data pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah yang digunakan adalah data tahun 2023 dari 34 provinsi di Indonesia. Penelitian ini menggunakan bantuan *software* RStudio.

Tahapan regresi kernel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis data secara deskriptif;
2. Analisis regresi Kernel Nadaraya-Watson dilakukan dengan menggunakan fungsi Kernel Gaussian.

Berikut merupakan model regresi umum:

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i; i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Persamaan estimator Nadaraya-Watson:

$$m(x_i) = \frac{\sum_{j=1}^n K\left(\frac{x_j - x_i}{h}\right) y_j}{\sum_{j=1}^n K\left(\frac{x_j - x_i}{h}\right)} \quad (2)$$

$$m(x_i) = \sum W_j(x) y_j \quad (3)$$

Persamaan Kernel Gaussian:

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right), -\infty < u < \infty + \varepsilon_i \quad (4)$$

Dengan  $u = \frac{x_j - x_i}{h}$ , selanjutnya di substitusi persamaan (2) dan (4) ke persamaan (1), sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$m(x_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x_j - x_i}{h}\right)^2\right) y_j}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{x_j - x_i}{h}\right)^2\right)} + \varepsilon_i \quad (5)$$

Tahapan regresi spline *truncated* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan analisis statistika deskriptif terkait persentase rata-rata lama sekolah dengan variabel penduganya;
2. Dibuat *Scatter plot* atau diagram pencar antara variabel dependen dengan variable independennya;
3. Jumlah *knot point* pada penelitian ini dibatasi yaitu 1 *knot point*;

4. Dibuat model data persentase rata-rata lama sekolah di Indonesia menggunakan model regresi nonparametrik spline *truncated*;

Berikut merupakan model regresi nonparametrik spline *truncated* pada data longitudinal:

$$y_{ij} = f(x_{ijq}) + \varepsilon_{ij}; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, t; q = 1, 2, \dots, Q \quad (6)$$

dengan,

$$f(x_{ijq}) = \sum_{q=1}^Q \left( \sum_{m=1}^M \theta_{miq} x_{ijq}^m + \sum_{l=1}^R \delta_{liq} (x_{ijq} - K_{liq})_+^M \right)$$

$$(x_{ijq} - K_{liq})_+^M = \begin{cases} (x_{ijq} - K_{liq})^M & ; x_{ijq} \geq K_{(l+M)i} \\ 0 & ; x_{ijq} < K_{(l+M)i} \end{cases}$$

dimana:

$y_{ij}$	: variabel dependen
$f(x_{ijq})$	: fungsi regresi nonparametrik Spline <i>Truncated</i>
$x_{ijq}$	: variabel independen
$\varepsilon_{ij}$	: <i>error random</i> yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal dengan <i>mean</i> bernilai nol dan variansi $\sigma^2$

$\sum_{m=1}^M \theta_{miq} x_{ijq}^m$	: komponen polinomial
$\sum_{l=1}^R \delta_{li} (x_{ijq} - K_{liq})_+^M$	: komponen <i>truncated</i>

5. *Knot point* yang optimal dipilih menggunakan metode *Generalized Cross-Validation* (GCV). *Knot point* yang optimal ditandai dengan nilai GCV yang minimum;

Berikut merupakan persamaan fungsi GCV:

$$GCV(\bar{k}) = \frac{(nt)^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\left[ (nt)^{-1} \text{trace} (I - A(\bar{k})) \right]^2} \quad (7)$$

Dimana:

$n$  = jumlah observasi

$t$  = jumlah parameter bebas dalam model

$l$  = matriks identitas dengan ukuran  $n \times n$

6. Berdasarkan kriteria GCV minimum, ditetapkan model regresi nonparametrik spline *truncated* terbaik pada data longitudinal;
7. Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dihitung sebagai kriteria kebaikan model; dan
8. Diinterpretasi model yang telah dibuat.

Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil *Mean Squared Error* (MSE) dari kedua metode untuk mencari metode mana yang terbaik untuk mengetahui pola hubungan antar variabel. Berikut merupakan rumus MSE:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (8)$$

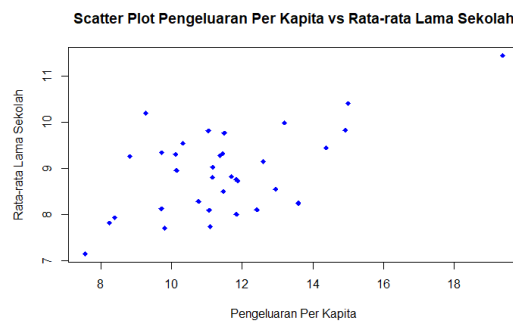
### 3. Hasil dan Pembahasan

Gambaran terkait data pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan analisis deskriptif terlebih dahulu. Variabel pengeluaran per kapita ( $x$ ) dalam satuan juta untuk setiap provinsi di Indonesia dijadikan sebagai variabel independen. Variabel dependen yang digunakan yaitu rata-rata lama sekolah ( $y$ ) dalam satuan tahun untuk setiap provinsi di Indonesia. Statistik deskriptif dari kedua variabel tersebut sebagai berikut.

Tabel 1. Analisis deskriptif data

	$x$	$y$
Min.	7,56	7,150
Q1	10,13	8,160
Median	11,28	8,895
Mean	11,47	8,928
Q3	12,29	9,422
Maks.	19,37	11,450

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa pengeluaran per kapita ( $x$ ) terendah sebesar 7,56 juta dan rata – rata lama sekolah terendah selama 7,150 tahun, keduanya oleh Provinsi Papua. Pengeluaran per kapita ( $x$ ) tertinggi sebesar 19,37 juta dan rata – rata lama sekolah tertinggi selama 11,45 tahun, keduanya oleh Provinsi DKI Jakarta. Selain melihat gambaran data, pola hubungan dari kedua variabel juga perlu dilihat. Pola hubungan variabel rata-rata lama sekolah dengan variabel pengeluaran per kapita ditunjukkan oleh *scatter plot* berikut.



**Gambar 1.** *Scatter plot* variable pengeluaran per kapita dengan rata-rata lama sekolah

Berdasarkan Gambar 1 tersebut terlihat bahwa hubungan kedua variabel tidak linier. Hal tersebut dikarenakan titik - titik membentuk pola tak beraturan, titik-titik cenderung menyebar secara acak, sehingga metode regresi nonparametrik adalah metode yang tepat untuk memodelkan hubungan variabel rata – rata lama sekolah dengan variabel pengeluaran per kapita. Hal ini sesuai dengan sifat regresi nonparametrik yang tidak memperhatikan pola persebaran data. Oleh karena itu, metode regresi nonparametrik dapat digunakan untuk menganalisis pola data yang tidak beraturan atau kompleks.

#### 3.1 Regresi Kernel

Pada regresi kernel, *bandwidth* ( $h$ ) berperan sebagai penentu tingkat kemulusan kurva regresi. Nilai *bandwidth* yang terlalu besar akan menyebabkan *oversmoothing*, di mana model terlalu umum dan tidak mampu menangkap variasi lokal dalam data. Sebaliknya, nilai *bandwidth* yang terlalu kecil akan menyebabkan *undersmoothing*, di mana model terlalu kompleks dan rentan terhadap *noise*. Untuk menghindari kedua kondisi tersebut, kita menggunakan kriteria Generalized Cross-Validation (GCV). Dengan meminimalkan GCV, kita dapat memperoleh *bandwidth* optimal yang menghasilkan model regresi dengan bias dan varians yang seimbang.

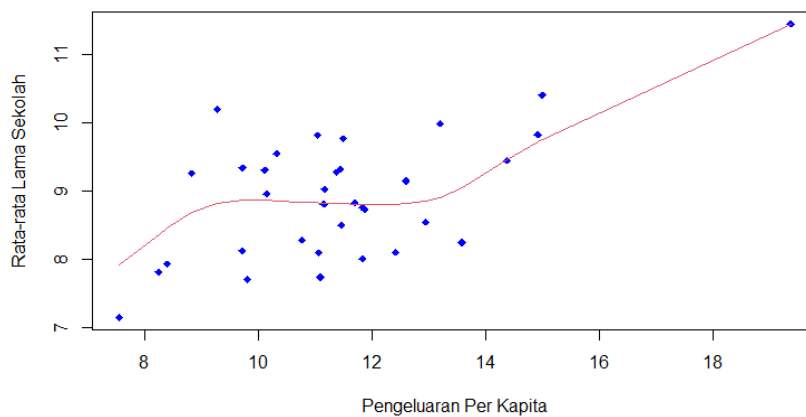
Tabel 2. Output nilai *bandwidth* optimal dan GCV minimal

<i>h</i>	GCV	MSE
0,860	0,574	0,420

Setelah melakukan percobaan menggunakan nilai *bandwidth* antara nilai 0,100 hingga 2,000 dengan kenaikan 0,001, model terbaik yang dihasilkan adalah nilai *bandwidth* 0,860 dengan GCV minimal 0,574. Persamaan berikut menunjukkan model regresi kernel dengan *bandwidth* terbaik:

$$\hat{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^{34} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x_j - x_i}{0,860}\right)^2\right) y_j}{\sum_{j=1}^{34} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x_j - x_i}{0,860}\right)^2\right)}$$

Gambar berikut menunjukkan grafik pemodelan regresi nonparametrik kernel.



**Gambar 2.** Grafik pemodelan regresi nonparametrik kernel

Garis pada Gambar 2 merupakan kurva pemodelan hubungan pengeluaran per kapita dengan rata-rata lama sekolah berdasarkan pendekatan regresi kernel. Secara umum, grafik menunjukkan adanya tren positif yang lemah antara pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah. Ini berarti semakin tinggi pengeluaran per kapita di suatu provinsi, cenderung semakin tinggi pula rata-rata lama sekolah penduduknya. Kurva yang dihasilkan oleh metode kernel cenderung lebih halus dan mulus dibandingkan dengan model-model regresi polinomial. Hal ini menunjukkan bahwa metode kernel mampu menangkap pola hubungan yang lebih kompleks dan tidak terlalu dipengaruhi oleh titik-titik data ekstrem.

### 3.2 Regresi Spline *Truncated*

Untuk membentuk model regresi Spline *truncated*, terdapat tiga hal penting sebagai kriteria yang perlu diperhatikan agar dapat membentuk model yang baik. Ketiga kriteria tersebut yaitu menentukan banyak knot yang optimal, menentukan lokasi penempatan knot yang optimal, serta menentukan banyaknya orde. Knot ialah suatu titik perpaduan dimana dilokasi tersebut pola pada interval yang berlainan mengalami perubahan perilaku. Pada penelitian ini jumlah knot yang digunakan dibatasi hanya 1 titik. Lokasi *knot point* yang optimal perlu dipilih agar model Spline *Truncated* yang terbentuk dapat optimal pula. Pemilihan knot yang optimal dilakukan dengan menggunakan nilai GCV atau *Generalized Cross Validation* sebagai suatu kriteria untuk memilih *knot point* terbaik.

Tabel 3. Nilai GCV dari *Knot point* terbaik

Orde	Lokasi <i>Knot point</i>	GCV	MSE
2	13,56	0,5793917	0,4816570
3	9,56	0,5263514	0,4097892
4	8,56	0,5596805	0,3834194

Pada Tabel 3 diatas, diperoleh model Spline *truncated* dengan orde 3 memiliki nilai GCV terendah. Selanjutnya, dalam mengestimasi parameter akan dilakukan menggunakan knot sebanyak satu dengan orde 3. Pada tabel 4 berikut ini disajikan hasil estimasi yang telah dilakukan.

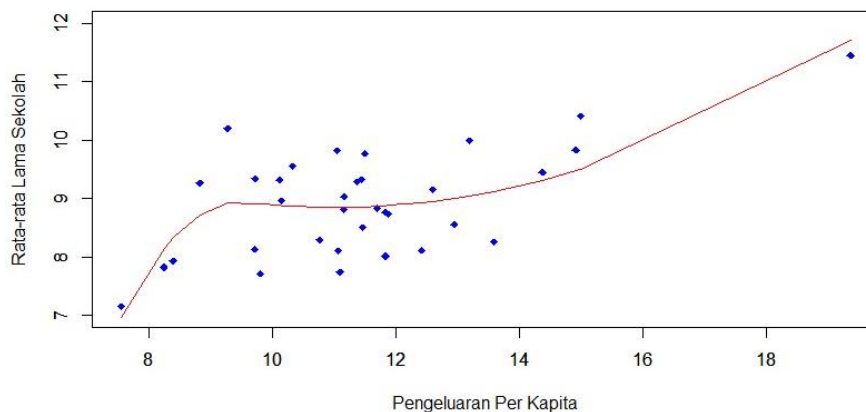
Tabel 4. Hasil estimasi parameter regresi nonparametrik spline *truncated*

Koefisien	Estimasi
$\theta[0]$	-40,08614
$\theta[1]$	10,3722
$\theta[2]$	-0,5486139
$\theta[3]$	0,5894599

Berdasarkan Tabel 4 diatas, dapat dilihat nilai untuk estimasi untuk masing-masing nilai  $\theta$ . Berdasarkan hasil estimasi tersebut, maka dapat diperoleh persamaan regresi Spline *Truncated* sebagai berikut.

$$y = \begin{cases} -40,08614 + 10,3722 x - 0,5486139 x^2, & \text{untuk } x < 9,56 \\ -40,08614 + 10,3722 x - 0,5486139 x^2 + 0,5894599(x - 9,56)^3, & \text{untuk } x \geq 9,56 \end{cases}$$

Berikut merupakan kurva model Spline *truncated* yang terbentuk disajikan dalam gambar 3 berikut.

Gambar 3. Kurva model spline *truncated*

Secara umum, grafik menunjukkan adanya tren positif yang lemah antara pengeluaran per kapita dan rata-rata lama sekolah. Artinya, semakin tinggi pengeluaran per kapita suatu provinsi, cenderung semakin tinggi pula rata-rata lama sekolah penduduknya. Kurva tersebut juga menunjukkan adanya perubahan pola pada titik knot, yaitu titik 9.59. Sebelum titik knot, hubungan antara kedua variabel cenderung lebih lambat, sedangkan setelah titik knot, hubungannya menjadi lebih curam. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan pengeluaran per kapita di atas titik 9.59 akan memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap peningkatan rata-rata lama sekolah.

### 3.3 Perbandingan Model

Untuk melihat perbandingan model yang dihasilkan antara model regresi Kernell dan model regresi Spline *truncated*, maka dapat ditinjau dengan melihat nilai *Mean Squared Error* (MSE). Nilai MSE menggambarkan nilai perbedaan antara nilai perkiraan atau estimasi dengan nilai sebenarnya. Model dengan nilai MSE yang lebih kecil merupakan model yang lebih baik dibandingkan dengan model yang memiliki nilai MSE lebih besar. Adapun perbandingan nilai MSE antara model Kernell dan model Spline *truncated* ditampilkan dalam tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perbandingan nilai MSE regresi kernel dan spline *truncated*

No.	Model	MSE
1.	Kernel	0,4197188
2.	Spline <i>Truncated</i>	0,4097892

Dari hasil pada Tabel 5 tersebut, terlihat bahwa nilai MSE yang dihasilkan model Kernel adalah sebesar 0,4197188. Sementara itu nilai MSE dari model Spline *truncated* adalah sebesar 0,4097892. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa nilai MSE dari model Kernell lebih besar dari nilai MSE model Spline *truncated*. Sehingga model Spline *Truncated* orde 3 dikatakan lebih tepat menggambarkan pola hubungan dari pengeluaran per kapita terhadap rata-rata lama sekolah di Indonesia.

### 4. Kesimpulan

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa metode regresi nonparametrik spline *truncated* dengan satu knot dan orde tiga merupakan pilihan yang lebih optimal dalam memodelkan hubungan non-linear antara rata-rata lama sekolah dan pengeluaran per kapita di Indonesia. Model ini mampu mengakomodasi fleksibilitas bentuk kurva yang lebih tinggi, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai GCV minimal sebesar 0.5263514. Selain itu, nilai MSE yang lebih rendah (0.4097892) dibandingkan dengan model kernel (0.4197188) mengindikasikan bahwa spline *truncated* menghasilkan prediksi yang lebih akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Binariningrum, M. F., & Budiantara, I. N. (2014). Pemodelan regresi nonparametrik spline *truncated* dan aplikasinya pada angka kelahiran kasar di Surabaya. *Jurnal SAINS dan Seni POMITS*, 3(1), 7-12.
- BPS. (2017). *Indikator kesejahteraan rakyat Provinsi Jawa Tengah 2016*. BPS Provinsi Jawa Tengah.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Profil kemiskinan di Indonesia: Maret 2023*. Badan Pusat Statistik. Retrieved from <https://www.bps.go.id>
- Hadijati, M., Komalasari, D., & Fitriyani, N. (2016). Statistical downscaling regresi nonparametrik kernel untuk prediksi curah hujan bulanan stasiun Sembalun. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika II* (pp. 186-196). Bali: ResearchGate.
- Hardinandar, F. (2019). Determinan kemiskinan (Studi kasus 29 kota/kabupaten di Provinsi Papua). *Jurnal REP (Riset Ekonomi Pembangunan)*, 4(1), 1-12.
- Okuputra, M. A., & Nasikh. (2022). Pengaruh inovasi daerah terhadap kemiskinan. *Jurnal Ekonomi, Keuangan dan Manajemen*, 18(1), 159-166.
- Pembargi, J. A., Hadijati, M., & Fitriyani, N. (2023). Kernel nonparametric regression for forecasting local original income. *Jurnal Varian*, 6(2), 119-126.



- Pratama, N. B., Purnomo, E. P., & Agustiyara. (2020). Sustainable Development Goals (SDGs) dan pengentasan kemiskinan di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial dan Humaniora*, 6(2), 64-74.
- Wulandary, S., & Purnama, D. I. (2020). Perbandingan regresi nonparametik Kernel NWE dan B-Spline pada pemodelan rata-rata lama sekolah dan pengeluaran per kapita di Indonesia. *JAMBURA Journal of Probability and Statistics*, 1(2), 89-97.