

# Pemodelan Faktor yang Mempengaruhi Indeks Demokrasi Indonesia Menggunakan Spline Truncated

Hanny Valida<sup>1\*</sup>, M. Fariz Fadillah Mardianto<sup>2</sup>, Dita Amelia<sup>3</sup>, Suliyanto<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Statistics Modelling for Economic and Social Sciences (SMESS), Program Studi Statistika, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

DOI:

<https://doi.org/10.47134/ppm.v3i2.2478>

\*Correspondence: Hanny Valida

Email: [hanny.valida-2022@fst.unair.ac.id](mailto:hanny.valida-2022@fst.unair.ac.id)

Received: 05-01-2026

Accepted: 12-02-2026

Published: 09-03-2026



**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi Indeks Demokrasi Indonesia (IDI) menggunakan pendekatan regresi spline linier terpotong nonparametrik. Data yang digunakan merupakan data sekunder cross-section dari 34 provinsi di Indonesia pada tahun 2024, dengan variabel prediktor berupa Indeks Pemberdayaan Gender, Indeks Kebebasan Pers, dan Indeks Pembangunan Manusia. Pemilihan model dilakukan menggunakan kriteria Generalized Cross Validation (GCV) untuk menentukan jumlah dan posisi knot yang optimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh dengan tiga titik knot, menghasilkan nilai GCV sebesar 6,79 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 89,37 persen. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan nonlinier antara variabel prediktor dan IDI. Indeks Pemberdayaan Gender memberikan pengaruh positif pada tingkat rendah hingga menengah, namun berubah menjadi negatif pada tingkat yang lebih tinggi. Indeks Kebebasan Pers menunjukkan pengaruh positif pada tingkat rendah tetapi cenderung negatif setelah melewati titik tertentu. Sementara itu, Indeks Pembangunan Manusia memberikan pengaruh positif yang konsisten terhadap IDI. Temuan ini menunjukkan bahwa kualitas demokrasi di Indonesia dipengaruhi oleh dinamika sosial dan institusional yang kompleks.

**Kata Kunci:** Indeks Demokrasi Indonesia, Spline Truncated, Regresi Nonparameterik

**Abstract:** This study aims to analyze the determinants of the Indonesian Democracy Index (IDI) using a nonparametric truncated linear spline regression approach. The data used are secondary cross-sectional data from 34 provinces in Indonesia in 2024, with predictor variables including the Gender Empowerment Index, Press Freedom Index, and Human Development Index. Model selection was conducted using the Generalized Cross Validation (GCV) criterion to determine the optimal number and position of knots. The results show that the best model is obtained with three knot points, producing a GCV value of 6.79 and a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 89.37 percent. The findings indicate a nonlinear relationship between the predictor variables and the IDI. The Gender Empowerment Index has a positive effect at low to moderate levels but becomes negative at higher levels. The Press Freedom Index shows a positive effect at low levels but tends to become negative after exceeding a certain threshold. Meanwhile, the Human Development Index consistently shows a positive effect on the IDI. These results indicate that the quality of democracy in Indonesia is shaped by complex social and institutional dynamics.

**Keywords:** Indonesian Democracy Index, Truncated Spline, Nonparametric Regression

## Latar Belakang

Demokrasi adalah suatu sistem pemerintahan di mana warga negara berpartisipasi dalam pengambilan keputusan politik baik secara langsung maupun melalui wakil yang dipilih secara bebas (Kapelner, 2023). Dalam sistem ini, tata kelola demokratis menekankan inklusi warga negara, kesetaraan politik, serta perlindungan hak-hak fundamental sebagai komponen utama legitimasi politik (BPS, 2025). Di Indonesia, kualitas demokrasi diukur secara sistematis melalui Indeks Demokrasi Indonesia (IDI), yaitu indikator komposit yang disusun oleh Badan Pusat Statistik berdasarkan ukuran empiris kebebasan sipil, hak politik, dan kinerja lembaga demokrasi. Penggunaan indeks komposit memungkinkan kualitas demokrasi dievaluasi secara multidimensional, mencakup aspek prosedural maupun substantif demokrasi di berbagai wilayah (Saifudin et al., 2025). Selain fungsi statistiknya, IDI berperan sebagai instrumen strategis untuk memantau kinerja demokrasi, mengevaluasi akuntabilitas kelembagaan, serta mendukung perumusan kebijakan publik berbasis bukti yang bertujuan memperkuat transparansi, partisipasi, dan supremasi hukum di tingkat daerah maupun nasional (Fajri, 2021). Melalui pengukuran secara berkala, IDI juga memungkinkan perbandingan antarwaktu dan antarprovinsi, sehingga memberikan gambaran mengenai disparitas kualitas demokrasi antarwilayah. Skor tersebut menempatkan Indonesia dalam kategori *flawed democracy*, yang menunjukkan bahwa meskipun institusi demokrasi berfungsi secara formal, masih terdapat kelemahan yang signifikan. Posisi ini lebih rendah dibandingkan Filipina yang memperoleh skor 6,63 dan Malaysia yang mencapai skor lebih tinggi sebesar 7,11, meskipun ketiga negara memiliki kondisi ekonomi, sosial, dan politik yang relatif serupa. Kesamaan tersebut menjadikan perbandingan lintas negara relevan untuk mengidentifikasi faktor-faktor struktural yang memengaruhi kinerja demokrasi. Peringkat demokrasi Indonesia juga berada di bawah Timor-Leste yang mencatat skor 7,03 (Economist Intelligence Unit, 2024). Perbandingan ini menegaskan adanya tantangan yang berkelanjutan dalam penguatan institusi demokrasi meskipun Indonesia memiliki pengalaman demokrasi yang lebih panjang.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menganalisis pengaruh faktor sosial, ekonomi, dan politik terhadap demokrasi di Indonesia. Secara umum, penelitian-penelitian tersebut menekankan peran ketimpangan, pendidikan, kapasitas kelembagaan, dan partisipasi politik dalam membentuk capaian demokrasi. Romadhona *et al.* (2025), misalnya, menggunakan *Generalized Linear Models* (GLM) dengan distribusi Lognormal dan Gamma untuk mengkaji determinan Indeks Demokrasi di Jawa Barat. Hasilnya menunjukkan bahwa ketimpangan pendapatan (rasio Gini) berpengaruh negatif terhadap demokrasi, sedangkan proporsi penduduk bekerja berpengaruh positif. Namun demikian, penelitian tersebut memiliki keterbatasan karena bergantung pada asumsi parametrik terkait bentuk

fungsi dan distribusi (Moustaid & Erritali, 2026), yang mungkin belum mampu menangkap kompleksitas serta sifat nonlinier proses demokrasi. Selain itu, fokus pada satu provinsi membatasi generalisasi temuan secara nasional. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pemodelan yang lebih fleksibel dan representatif secara nasional.

Untuk mengatasi keterbatasan metodologis tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan model regresi spline *truncated* multiprediktor, yaitu pendekatan nonparametrik yang fleksibel dan mampu memodelkan hubungan nonlinier tanpa memerlukan bentuk fungsi tertentu yang telah ditentukan sebelumnya (Anisar et al., 2023). Pendekatan ini memungkinkan data menentukan bentuk hubungan antara variabel prediktor dan capaian demokrasi. Dalam regresi nonparametrik, spline *truncated* merupakan fungsi polinomial tersegmentasi yang dapat menyesuaikan perubahan hubungan antara prediktor dan respons pada berbagai rentang data (Dani & Ni'matuzzahroh, 2022). Struktur tersegmentasi ini meningkatkan kemampuan model dalam menangkap pola lokal dan perubahan struktural, sehingga sangat sesuai untuk data sosial dan politik yang kompleks, di mana hubungan yang mendasari tidak selalu mengikuti tren linier sederhana (Handayani et al., 2024). Ekstensi multiprediktor memungkinkan beberapa variabel penjelas dimasukkan secara simultan dengan tetap mempertahankan fleksibilitas dan interpretabilitas model. Selain itu, pemilihan titik knot optimal menggunakan kriteria objektif seperti *Generalized Cross-Validation* (GCV) memastikan model mencapai keseimbangan antara kesederhanaan (parsimoni) dan akurasi prediksi, yang sangat penting untuk inferensi yang andal dalam pengaturan multivariabel (Wardani et al., 2025).

Penelitian ini juga memiliki keterkaitan erat dengan Tujuan Sustainable Development Goals khususnya Tujuan 16: Perdamaian, Keadilan, dan Kelembagaan yang Tangguh, yang menekankan promosi masyarakat inklusif, akses terhadap keadilan, serta institusi yang efektif dan akuntabel. Kualitas demokrasi merupakan elemen inti SDG 16, karena institusi demokratis yang kuat mendukung tata kelola yang damai dan inklusif. Penguatan kualitas demokrasi yang diukur melalui IDI secara langsung berkontribusi terhadap pencapaian tujuan tersebut dengan mendorong partisipasi, transparansi, dan kepercayaan terhadap institusi (Wrange, 2022). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan dan mengevaluasi model Truncated Spline Multipredictor dalam memodelkan Indeks Demokrasi Indonesia guna memperoleh representasi hubungan yang lebih akurat dan informatif antara demokrasi serta determinan sosial-ekonomi dan kelembagaannya. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu mengatasi keterbatasan analisis parametrik sebelumnya. Temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang membentuk kualitas demokrasi di

Indonesia serta mendukung perumusan kebijakan yang selaras dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan.

## Metodologi

### Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder mengenai faktor-faktor yang memengaruhi Indeks Demokrasi Indonesia (IDI) tahun 2024. Data tersebut diperoleh dari publikasi yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik serta Dewan Pers. Unit observasi dalam penelitian ini adalah 34 provinsi di Indonesia.

### Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas variabel respons dan variabel prediktor yang diduga memengaruhi IDI di Indonesia. Rincian variabel yang digunakan disajikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

| Variabel       | Keterangan                       | Skala | Satuan         |
|----------------|----------------------------------|-------|----------------|
| Y              | Indeks Demokrasi Indonesia (IDI) | Rasio | Indeks (0–100) |
| X <sub>1</sub> | Indeks Pemberdayaan Gender (IDG) | Rasio | Indeks (0–100) |
| X <sub>2</sub> | Indeks Kebebasan Pers (IKP)      | Rasio | Indeks (0–100) |
| X <sub>3</sub> | Indeks Pembangunan Manusia (IPM) | Rasio | Indeks (0–100) |

### Tahapan Analisis

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan pada Bab I, tahapan analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan hubungan antara variabel respons (Y) dan variabel prediktor (X) menggunakan grafik *scatter plot*.
2. Membuat *scatter plot* antara variabel respons dan masing-masing variabel prediktor untuk memastikan bahwa data tidak menunjukkan pola hubungan tertentu yang bersifat linier sederhana.
3. Menentukan titik knot optimal pada setiap pemilihan titik knot dengan melihat nilai minimum Generalized Cross-Validation (GCV) (Handajani et al., 2023). Rumus GCV disajikan sebagai berikut:

$$GCV(K_1, K, \dots, K_r) = \frac{MSE(K_1, K, \dots, K_r)}{(n^{-1} \text{trace}[\mathbf{I} - \mathbf{A}(K_1, K_2, \dots, K_r)])^2} \tag{1}$$

dengan

$$MSE(K_1, K_2, \dots, K_r) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}(x_i))^2 \tag{2}$$

dimana

$GCV(K_1, K, \dots, K_r)$  : Nilai *Generalized Cross Validation* untuk kombinasi titik knot  $K_1, K_2, \dots, K_r$

$MSE(K_1, K_2, \dots, K_r)$  : Nilai *Mean Squared Error* untuk kombinasi titik knot tertentu  
 $n$  : Jumlah observasi

$\mathbf{I}$  : Matriks identitas berukuran  $n \times n$

$\mathbf{A}(K_1, K_2, \dots, K_r)$  : Matriks smoothing (atau matriks hat) yang bergantung pada kombinasi titik knot

$\text{trace}(\cdot)$  : Jumlah elemen diagonal utama suatu matriks

$r$  : Jumlah titik knot

- Melakukan estimasi parameter menggunakan metode *Ordinary Least Squares (OLS)*. Metode ini bertujuan untuk mengestimasi parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat galat (*sum of squared errors*) (Wongkar & Fahmuddin, 2023). Estimasi parameter spline terpotong dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y}$$

- Model regresi nonparametrik spline terpotong dengan variabel respons  $y_i$  dan komponen prediktor  $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{qi}$  dirumuskan sebagai berikut (Sitohang & Mahmuda, 2024):

$$y_i = \hat{\beta}_0^* + \sum_{j=1}^p \sum_{k=0}^m \hat{\beta}_{jk} x_{ji}^k + \sum_{j=1}^p \sum_{l=1}^r \hat{\beta}_{j(m+l)} (x_{ji} - K_{jl})_+^m + \varepsilon_i, \tag{3}$$

$i = 1, 2, \dots, n$

dengan fungsi truncated:

$$(x_{ji} - K_{jl})_{-m} = \begin{cases} (x_{ji} - K_{jl})^m, & x_{ji} \geq K_{jl} \\ 0, & x_{ji} < K_{jl} \end{cases}$$

Keterangan:

$j$  : prediktor ke- $j$

$k$  : orde ke- $k$

$l$  : knot ke- $l$

$y_i$  : variabel respons ke- $i$

$x_{ji}^k$  : variabel prediktor ke- $j$  pada observasi ke- $i$  dengan orde ke- $k$

$\hat{\beta}_{j(m+l)}$ : parameter komponen spline terpotong

$\hat{\beta}_{jk}$  : parameter polinomial

$r$  : jumlah knot

$K_{jl}$  : knot ke- $l$  pada prediktor ke- $j$

- Menentukan kriteria kebaikan model (*goodness of fit*), dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Nilai  $R^2$  menunjukkan besarnya kontribusi variabel prediktor dalam menjelaskan variasi variabel respons (Izza, 2020). Rumus  $R^2$  adalah sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{SS_{Regression}}{SS_{Total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Kategori nilai *R-square* sering digunakan untuk mengukur seberapa baik model regresi menjelaskan variasi data. Umumnya,  $>75\%$  dianggap kuat (model sangat baik),  $50 < R\text{-square} < 75\%$  dianggap moderat, dan  $<50\%$  dianggap lemah, meskipun dalam studi perilaku/sosial, nilai di bawah 50% masih bisa dianggap relevan (Bramante et al., 2013).

- Menginterpretasikan hubungan antara variabel prediktor dan variabel respons berdasarkan pola spline yang terbentuk.

## Hasil dan Pembahasan

### Statistika Deskriptif Data

Statistik deskriptif berfungsi untuk mengumpulkan, mengolah, meringkas, dan menyajikan data mentah agar menjadi informasi yang terstruktur, mudah dipahami, dan bermakna (Harbison & Simmons, 2024). Hasil dari statistika deskriptif disajikan sebagai berikut.

**Tabel 2.** Statistik Deskriptif Variabel Respons dan Prediktor

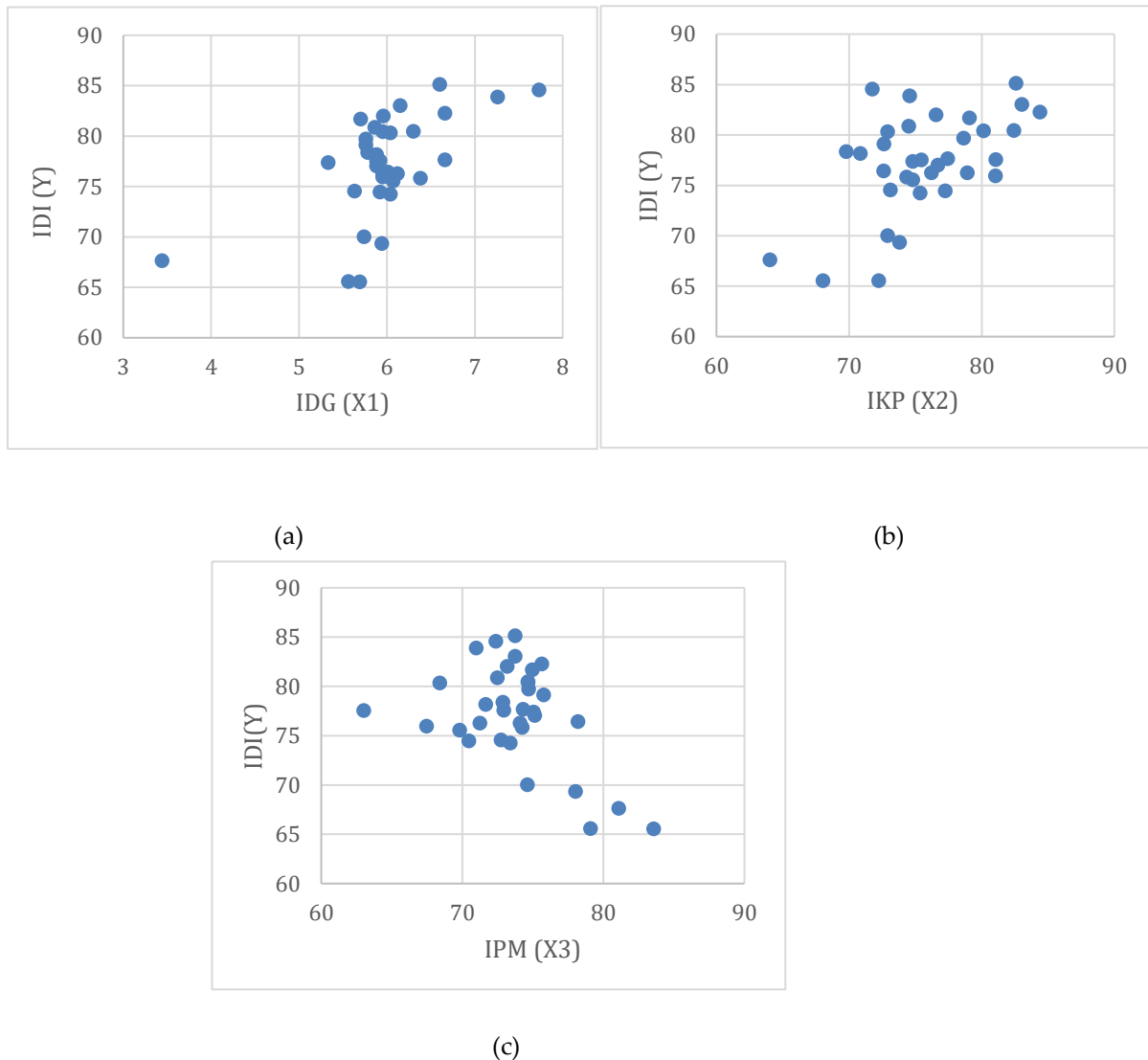
| Variabel       | Minimum | Maksimum | Median | Rata-rata | Standar Deviasi |
|----------------|---------|----------|--------|-----------|-----------------|
| Y              | 65,50   | 85,13    | 77,55  | 77,20     | 4,93            |
| X <sub>1</sub> | 53,28   | 80,56    | 72,015 | 70,72     | 6,75            |
| X <sub>2</sub> | 64,01   | 84,38    | 75,06  | 75,68     | 4,43            |
| X <sub>3</sub> | 63,01   | 83,55    | 73,91  | 73,77     | 3,70            |

---

Pada Tabel 2, Provinsi dengan tingkat demokrasi relatif tinggi seperti Bali, DKI Jakarta, dan DI Yogyakarta umumnya didukung oleh tingkat pembangunan manusia dan pendidikan yang lebih baik. Sebaliknya, provinsi di kawasan timur seperti Papua dan Papua Barat cenderung memiliki skor demokrasi yang lebih rendah, sejalan dengan tingkat pendidikan dan pembangunan manusia yang relatif rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa hubungan antarvariabel penelitian bersifat kompleks dan tidak sepenuhnya linier, sehingga diperlukan pendekatan pemodelan yang fleksibel.

### **Scatter Plot Variabel Respons dan Prediktor**

Scatter plot digunakan untuk mengidentifikasi pola hubungan antara variabel respons dan masing-masing variabel prediktor guna menentukan apakah pendekatan regresi spline terpotong multiprediktor nonparametrik sesuai digunakan (Graffelman & Van Eeuwijk, 2005).



**Figure 1.** Scatter Plot Hubungan antara Indonesian Democracy Index (IDI) dengan (a) Indeks Pemberdayaan Gender ( $X_1$ ), (b) Indeks Kebebasan Pers (IKP) ( $X_2$ ), (c) Indeks Pembangunan Manusia (HDI) ( $X_3$ ),

Gambar 1 (a) menggambarkan pola tren naik tetapi dengan perubahan perilaku pada sub-interval 5,5 dan 6,5. Gambar 1(b) menggambarkan pola hubungan yang cenderung meningkat tetapi menunjukkan pola perubahan perilaku pada sub-interval 70-78. Gambar 1(c) menggambarkan pola hubungan yang cenderung menurun tetapi menunjukkan pola perubahan perilaku pada sub-interval 68-75. Ketiga variabel prediktor dapat diaproksimasi dengan spline terpotong karena terdapat pola perubahan perilaku data.

### Pemilihan Knot Optimal

Model regresi spline terpotong multivariat optimal dipilih berdasarkan nilai Generalized Cross Validation (GCV) terkecil dengan mempertimbangkan kombinasi satu hingga tiga titik knot (Utami et al., 2020).

Tabel 3. Nilai GCV pada Satu Titik Knot

| No. | Titik Knot |       |       | GCV   | R-Square(%) |
|-----|------------|-------|-------|-------|-------------|
|     | $x_1$      | $x_2$ | $x_3$ |       |             |
| 1.  | 75,24      | 75,23 | 74,81 | 17,35 | 51,67       |
| 2.  | 75,24      | 75,23 | 74,82 | 18,40 | 52,42       |
| ⋮   | ⋮          | ⋮     | ⋮     | ⋮     | ⋮           |
| 28, | 75,24      | 75,24 | 74,82 | 12,58 | 67,46       |
| ⋮   | ⋮          | ⋮     | ⋮     | ⋮     | ⋮           |
| 47. | 79,44      | 83,54 | 82,71 | 17,75 | 54,09       |
| 48. | 80,00      | 83,96 | 83,13 | 18,54 | 52,06       |

Tabel 4. Nilai GCV pada Dua Titik Knot

| No.  | Titik Knot |       |       | GCV   | R-Square(%) |
|------|------------|-------|-------|-------|-------------|
|      | $x_1$      | $x_2$ | $x_3$ |       |             |
| 1    | 53,28      | 64,01 | 63,01 | 18,40 | 52,42       |
|      | 77,77      | 64,42 | 63,42 |       |             |
| 2    | 62,80      | 69,42 | 70,46 | 18,40 | 52,42       |
|      | 75,09      | 73,80 | 74,17 |       |             |
| ⋮    | ⋮          | ⋮     | ⋮     | ⋮     | ⋮           |
| 755  | 63,30      | 71,49 | 70,55 | 9,28  | 81,03       |
|      | 77,77      | 82,30 | 81,45 |       |             |
| ⋮    | ⋮          | ⋮     | ⋮     | ⋮     | ⋮           |
| 1225 | 79,44      | 83,54 | 82,71 | 18,63 | 55,33       |
|      | 80,56      | 84,38 | 83,55 |       |             |
| 1226 | 80,00      | 83,96 | 83,13 | 18,54 | 52,06       |
|      | 80,56      | 84,38 | 83,55 |       |             |

Tabel 5. Nilai GCV pada Tiga Titik Knot

| No,   | Titik Knot |       |       | GCV   | R-Square (%) |
|-------|------------|-------|-------|-------|--------------|
|       | $x_1$      | $x_2$ | $x_3$ |       |              |
| 1     | 53,83      | 64,42 | 63,42 | 18,40 | 52,42        |
|       | 54,39      | 64,84 | 63,84 |       |              |
|       | 54,95      | 65,25 | 64,26 |       |              |
| 2     | 53,83      | 64,42 | 63,42 | 18,40 | 52,42        |
|       | 54,39      | 64,84 | 63,84 |       |              |
|       | 55,50      | 65,67 | 64,68 |       |              |
| ⋮     | ⋮          | ⋮     | ⋮     | ⋮     | ⋮            |
|       | ⋮          | ⋮     | ⋮     |       |              |
|       | ⋮          | ⋮     | ⋮     |       |              |
| 9173  | 59,40      | 68,58 | 67,62 | 6,79  | 89,37        |
|       | 64,97      | 72,74 | 71,81 |       |              |
|       | 78,88      | 83,13 | 82,29 |       |              |
| ⋮     | ⋮          | ⋮     | ⋮     | ⋮     | ⋮            |
|       | ⋮          | ⋮     | ⋮     |       |              |
|       | ⋮          | ⋮     | ⋮     |       |              |
| 17295 | 79,44      | 83,54 | 82,71 | 20,24 | 58,64        |
|       | 80,00      | 83,96 | 83,13 |       |              |
|       | 82,71      | 81,87 | 83,13 |       |              |
| 17296 | 79,44      | 83,54 | 82,71 | 13,95 | 69,08        |
|       | 80,00      | 83,96 | 83,13 |       |              |
|       | 83,13      | 82,29 | 82,71 |       |              |

Berdasarkan Tabel 3, 4, dan 5, dapat dilihat bahwa model regresi spline linier multivariat terpotong memiliki nilai GCV minimum pada tiga titik simpul dengan nilai GCV sebesar 6,79 dan *R-Square* sebesar 89,37%. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi spline linier multivariat terpotong terbaik adalah model regresi dengan tiga titik simpul, sehingga nilai yang digunakan dalam pemodelan Indeks Demokrasi di Indonesia adalah nilai titik simpul optimal dari GCV dengan tiga titik simpul.

**Estimasi Model Spline Truncated Multiprediktor**

Model terbaik diperoleh dengan tiga titik knot dan menghasilkan persamaan regresi spline terpotong linier multivariat sebagai berikut:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0^* + \hat{\beta}_{11}x_{1i} + \hat{\beta}_{12}(x_{1i} - K_{11})_+ + \hat{\beta}_{13}(x_{1i} - K_{12})_+ + \hat{\beta}_{14}(x_{1i} - K_{13})_+ + \hat{\beta}_{21}x_{2i} + \hat{\beta}_{22}(x_{2i} - K_{21})_+ + \hat{\beta}_{23}(x_{2i} - K_{22})_+ + \hat{\beta}_{24}(x_{2i} - K_{23})_+ + \hat{\beta}_{31}x_{3i} + \hat{\beta}_{32}(x_{3i} - K_{31})_+ + \hat{\beta}_{33}(x_{3i} - K_{32})_+ + \hat{\beta}_{34}(x_{3i} - K_{33})_+ \tag{6}$$

Table 6. Parameter Estimation

| Variabel | Nilai Estimasi Parameter        |
|----------|---------------------------------|
|          | $\hat{\beta}_0^* = 150,950$     |
| $x_1$    | $\hat{\beta}_{11} = 0,8841411$  |
|          | $\hat{\beta}_{12} = -1,0596175$ |
|          | $\hat{\beta}_{13} = -0,8294317$ |
|          | $\hat{\beta}_{14} = -1,4086001$ |
| $x_2$    | $\hat{\beta}_{21} = 0,9948850$  |
|          | $\hat{\beta}_{22} = -4,9266891$ |
|          | $\hat{\beta}_{23} = 1,0164850$  |
|          | $\hat{\beta}_{24} = 0,5250333$  |
| $x_3$    | $\hat{\beta}_{31} = 3,3138087$  |
|          | $\hat{\beta}_{32} = 2,0074295$  |
|          | $\hat{\beta}_{33} = -2,7172789$ |
|          | $\hat{\beta}_{34} = 3,9364742$  |

Estimasi parameter dalam Tabel 6 membentuk persamaan regresi spline truncated dengan tiga titik simpul sebagai berikut:

$$\hat{y} = 150,950 + 0,8841x_{1i} + 1,0596175(x_{1i} - 59,40408)_+ - 0,829(x_{1i} - 64,97143)_+ - 1,408(x_{1i} - 78,889)_+ + 0,994x_{2i} - 4,926(x_{2i} - 68,5828)_+ + 1,016(x_{2i} - 72,74)_+ + 0,525(x_{2i} - 83,132)_+ + 3,31380x_{3i} + 2,007(x_{3i} - 67,6210)_+ + 2,717(x_{3i} - 71,8128)_+ + 3,936(x_{3i} - 82,29245)_+ \tag{7}$$

### Interpretasi Pengaruh Indeks Pemberdayaan Gender terhadap Indeks Demokrasi di Indonesia

Dengan mengasumsikan bahwa variabel selain  $x_1$  dianggap konstan, fungsi spline terpotong yang merepresentasikan pengaruh Indeks Pemberdayaan Gender ( $x_1$ ) terhadap Indeks Demokrasi pada persamaan berikut.

$$\hat{y} = 150,950 + 0,8841x_{1i} + 1,0596175(x_{1i} - 59,40408)_+ - 0,829(x_{1i} - 64,97143)_+ - 1,408(x_{1i} - 78,889)_+ \tag{8}$$

atau

$$\hat{y} = \begin{cases} 150,950 + 0,8841x_{1i}, & x_{1i} < 59,40 \\ 88,98 + 1,9437x_{1i}, & 59,40 \leq x_{1i} < 64,97 \\ 142,86 + 1,1147x_{1i}, & 64,9714 \leq x_{1i} < 78,88 \\ 254,92 - 0,2933x_{1i}, & x_{1i} \geq 78,889 \end{cases} \tag{9}$$

Berdasarkan persamaan (7), jika  $x_{1i}$  kurang dari 59,40408, maka peningkatan satu unit pada  $x_{1i}$  terkait dengan peningkatan sebesar 0,8841 unit pada Indeks Demokrasi yang diprediksi, dengan mengasumsikan variabel lain tetap konstan. Jika  $x_{1i}$  berada antara 59,40408 dan 64,97143, peningkatan satu unit pada  $x_{1i}$  terkait dengan peningkatan sekitar 1,9437 unit pada Indeks Demokrasi. Jika  $x_{1i}$  berada antara 64,97143 dan 78,889, peningkatan satu unit pada  $x_{1i}$  terkait dengan peningkatan sekitar 1,1147 unit pada Indeks Demokrasi. Namun, jika  $x_{1i}$  lebih besar dari atau sama dengan 78,889, peningkatan satu unit pada  $x_{1i}$  terkait dengan penurunan sekitar 0,2933 unit pada Indeks Demokrasi, menunjukkan efek marjinal yang berkurang atau bahkan negatif pada tingkat pemberdayaan gender yang tinggi.

Kesimpulannya, pola yang diamati dalam fungsi spline menunjukkan bahwa pemberdayaan gender memiliki pengaruh naik turun, Hal ini dapat dijelaskan secara logis oleh fakta bahwa peningkatan pemberdayaan gender (seperti partisipasi politik yang lebih besar, representasi, dan agen perempuan) umumnya terkait dengan inklusi, akuntabilitas, dan responsivitas yang lebih besar dalam institusi politik, yang memperkuat norma dan praktik demokratis. Namun, di atas ambang batas tertentu, peningkatan tambahan dalam pemberdayaan gender tidak lagi memberikan manfaat yang signifikan. Hal ini bisa dikarenakan adanya kemungkinan sistem politiknya masih tidak adil, korupsi, atau didominasi budaya patriarki (Subono, 2025).

**Interpretasi Pengaruh Indeks Kebebasan Pers terhadap Indeks Demokrasi di Indonesia**

Dengan mengasumsikan bahwa variabel selain  $x_2$  yang dimodelkan dalam spline terpotong dianggap konstan, fungsi spline terpotong yang merepresentasikan pengaruh Indeks Kebebasan Pers ( $x_2$ ) terhadap Indeks Demokrasi di Indonesia ( $y$ ) disajikan pada Persamaan (10):

$$\hat{y} = 150,950 + 0,994x_{2i} - 4,926(x_{2i} - 68,5828)_+ + 1,016(x_{2i} - 72,74)_+ + 0,525(x_{2i} - 83,132)_+ \tag{10}$$

atau

$$\hat{y} = \begin{cases} 150,950 + 0,994x_{2i}, & x_{2i} < 68,582 \\ 488,71 - 3,932x_{2i}, & 68,582 \leq x_{2i} < 72,74 \\ 414,77 - 2,916x_{2i}, & 72,74 \leq x_{2i} < 83,132 \\ 371,13 - 2,391x_{2i}, & x_{2i} \geq 83,132 \end{cases} \quad (11)$$

Berdasarkan persamaan (9), jika  $x_{2i}$  kurang dari 68,5828, maka peningkatan satu unit pada  $x_{2i}$  terkait dengan peningkatan sebesar 0,994 unit pada Indeks Demokrasi yang diprediksi, dengan mengasumsikan variabel lain tetap konstan, Jika  $x_{2i}$  berada antara 68,5828 dan 72,74, peningkatan satu unit pada  $x_{2i}$  terkait dengan penurunan sekitar 3,932 unit pada Indeks Demokrasi, Jika  $x_{2i}$  berada antara 72,74 dan 83,132, peningkatan satu unit pada  $x_{2i}$  terkait dengan penurunan sekitar 2,916 unit pada Indeks Demokrasi, Jika  $x_{2i}$  lebih besar dari atau sama dengan 83,132, peningkatan satu unit pada  $x_{2i}$  terkait dengan penurunan sekitar 2,391 unit pada Indeks Demokrasi,

Kesimpulannya, pola yang diamati dalam model spline menunjukkan bahwa dampak Indeks Kebebasan Pers terhadap Indeks Demokrasi bersifat naik turun, Secara logika, indeks kebebasan pers dapat menaikkan kualitas demokrasi karena pers berfungsi sebagai instrumen pengawasan (*watchdog*) yang menjamin transparansi, mencegah penyalahgunaan kekuasaan, dan memberikan informasi akurat agar masyarakat dapat berpartisipasi secara cerdas dalam politik, Namun, kebebasan pers juga dapat menurunkan kualitas demokrasi jika disalahgunakan untuk menyebarkan disinformasi, hoaks, atau hanya melayani kepentingan politik pemilik media (oligarki), yang pada akhirnya memicu polarisasi serta merusak kepercayaan publik terhadap institusi demokrasi, Oleh karena itu, demokrasi yang sehat tidak hanya membutuhkan kebebasan, tetapi juga integritas dan tanggung jawab etis dalam penyampaian informasi (Ramdani et al., 2024),

### **Interpretasi Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia terhadap Indeks Demokrasi di Indonesia**

Dengan mengasumsikan bahwa variabel-variabel yang dimodelkan oleh variabel spline terpotong selain  $x_3$  tetap konstan, fungsi spline terpotong yang mewakili pengaruh Indeks Pembangunan Manusia ( $x_3$ ) terhadap Indeks Demokrasi di Indonesia ( $y$ ) disajikan dalam Persamaan (12):

$$\hat{y} = 150,950 + 3,31380x_{3i} + 2,007(x_{3i} - 67,6210)_+ + 2,717(x_{3i} - 71,8128)_+ + 3,936(x_{3i} - 82,29245)_+ \quad (12)$$

atau

$$\hat{y} = \begin{cases} 150,950 + 3,31380x_{3i}, & x_{3i} < 67,621 \\ 15,29 + 5,3208 x_{3i}, & 67,621 \leq x_{3i} < 71,812 \\ -180,06 + 8,0378x_{3i}, & 71,812 \leq x_{3i} < 82,292 \\ -504,98 + 11,9738x_{3i}, & x_{3i} \geq 82,292 \end{cases} \quad (13)$$

Berdasarkan persamaan (11), jika  $x_{3i}$  kurang dari 67,6210, peningkatan satu unit pada  $x_{3i}$  terkait dengan peningkatan sebesar 3,3138 unit pada Indeks Demokrasi yang diprediksi, dengan mengasumsikan variabel lain tetap konstan, Jika  $x_{3i}$  berada antara 67,6210 dan 71,8128, peningkatan satu unit pada  $x_{3i}$  terkait dengan peningkatan sekitar 5,3208 unit pada Indeks Demokrasi, Jika  $x_{3i}$  berada antara 71,8128 dan 82,29245, peningkatan satu unit pada  $x_{3i}$  terkait dengan peningkatan sekitar 8,0378 unit pada Indeks Demokrasi, Jika  $x_{3i}$  lebih besar dari atau sama dengan 82,29245, peningkatan satu unit pada  $x_{3i}$  terkait dengan peningkatan sekitar 11,9738 unit pada Indeks Demokrasi,

Secara keseluruhan, variabel  $x_3$  menunjukkan pengaruh yang berubah- ubah secara tajam terhadap Indeks Demokrasi di Indonesia, Hal ini dikarenakan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dapat menaikkan kualitas demokrasi karena masyarakat yang memiliki tingkat pendidikan tinggi dan kesejahteraan ekonomi yang baik cenderung lebih kritis, memahami hak-hak politiknya, serta mampu berpartisipasi secara rasional dalam proses pembangunan, Namun, di sisi lain, IPM juga dapat menurunkan atau menghambat demokrasi jika kemajuan ekonomi dan pendidikan tersebut hanya terkonsentrasi pada kelompok elit (ketimpangan), yang kemudian menggunakan kapasitas sumber dayanya untuk memanipulasi kebijakan atau mempertahankan status quo demi kepentingan pribadi ketimbang kepentingan publik, Oleh karena itu, IPM yang tinggi baru akan efektif memperkuat demokrasi jika dibarengi dengan pemerataan akses dan keadilan sosial bagi seluruh lapisan masyarakat (Fadly & Chandra, 2024),

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil estimasi regresi spline linier terpotong, model terbaik diperoleh dengan tiga titik simpul dan nilai R-squared sebesar 89,37 persen, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menjelaskan variasi Indeks Demokrasi Indonesia serta memiliki daya prediktif yang kuat. Temuan ini juga menunjukkan bahwa pengaruh pemberdayaan gender, kebebasan pers, dan pembangunan manusia terhadap demokrasi bersifat nonlinier dan bervariasi pada berbagai tingkatan, sehingga menekankan pentingnya mempertimbangkan efek ambang batas dalam menganalisis determinan kualitas demokrasi. Secara praktis, hasil ini mengindikasikan bahwa pemerintah perlu memprioritaskan kebijakan yang mendorong peningkatan pembangunan manusia, pemberdayaan gender, dan penguatan kualitas institusi, khususnya pada tingkat rendah hingga menengah di mana dampak marginal terhadap

demokrasi cenderung lebih kuat. Investasi pada sektor pendidikan, kesehatan, dan perlindungan sosial dapat memperkuat kapasitas masyarakat serta meningkatkan partisipasi demokratis, sementara kebijakan yang mendukung pemberdayaan perempuan dan representasi politik yang inklusif dapat meningkatkan akuntabilitas dan kualitas tata kelola. Selain itu, penting untuk menjaga lingkungan media yang seimbang dan bertanggung jawab agar kebebasan pers tetap mendukung konsolidasi demokrasi tanpa memicu polarisasi atau penyebaran disinformasi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan rentang waktu yang lebih panjang, memasukkan data tingkat regional atau variabel institusional dan sosial-ekonomi tambahan, serta mengeksplorasi pendekatan pemodelan nonlinier lainnya seperti model threshold atau regime-switching guna memahami lebih dalam dinamika hubungan antara faktor pembangunan dan kualitas demokrasi di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- Anisar, A., Sifriyani, S., & Dani, A. (2023). Estimation of A Bi-Response Truncated Spline Nonparametric Regression Model on Life Expectancy and Prevalence of Underweight Children in Indonesia. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 17(4). <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss4pp2011-2022>
- BPS, (2025), [Metode Baru] Indeks Demokrasi Indonesia menurut Provinsi, 2024, <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjE1OSMy/-metode-baru-indeks-demokrasi-indonesia-menurut-provinsi.html>
- Bramante, R., Petrella, G., & Zappa, D. (2013). On the interpretation and estimation of the market model R-square. *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, 6(1), 57–66. <https://doi.org/10.1285/i20705948v6n1p57>
- Carolin, W,D,, & Fahmuddin, M, S, (2023), Analisis Regresi Nonparametrik Spline Truncated untuk Menganalisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi Sulawesi Selatan, *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 5(2), 55–63, <https://doi.org/10.35580/variansiunm101>
- Dani, A, T, R,, & Ni'matuzzahroh, L, (2022), Penerapan Keluarga Model Spline Truncated Polinomial pada Regresi Nonparametrik, *Inferensi*, 5(1), 37, <https://doi.org/10.12962/j27213862,v5i1,12537>
- Economist Intelligence Unit, (2024), *Democracy Index 2024*, <https://www.Eiu.com/n/campaigns/democracy-index-2024/>
- Fadly, F,, & Chandra, A, (2024), Human Development To Democracy: An Impact Analysis of Poverty and Income Inequality In Indonesia, *Income Inequality In Indonesia, Signifikan: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 13(2), 231–246, <https://doi.org/10.15408/sjie,v13i2,42285>

- Fajri, H, (2021), Demokrasi Pincang: Analisis Terhadap Indeks Demokrasi Provinsi Sumatera Barat Pasca Reformasi, *El-Riyasah*, 12, 108–129
- Firman (2023), Media Ownership and Democracy Processes In Indonesia, *Jurnal Penelitian Politik*, 20(1), <https://doi.org/10.14203/jpp,v20i1,1446>
- Graffelman, J., & Van Eeuwijk, F. (2005). Calibration of multivariate scatter plots for exploratory analysis of relations within and between sets of variables in genomic research. *Biometrical Journal*, 47(6), 863–879. <https://doi.org/10.1002/bimj.200510177>
- Handajani, S, Pratiwi, H,, Susanti, Y,, Respatiwan, R,, Nirwana, M, B,, & Mahmudah, A, (2023), Pemodelan Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur dengan Regresi Non Parametrik B-Spline, *PYTHAGORAS Jurnal Pendidikan Matematika*, 18(2), 159–175, <https://doi.org/10.21831/pythagoras,v18i2,67475>
- Handayani, T,, Sifriyani, S,, & Rian Dani, A, T, (2024), Stunting Prevalence Modeling Using Nonparametric Regression of Quadratic Splines, *Jurnal Varian*, 7(2), 149–160, <https://doi.org/10.30812/varian,v7i2,2916>
- Harbison, L., & Simmons, K. (2024). Fundamentals of Descriptive Statistics. *Journal of Dental Hygiene*, 98(5), 51–54. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85206505899&partnerID=40&md5=2755b42c042ac344c1a50fff0186c20f>
- Izza, N, (2020), Pemodelan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja Perempuan di Jawa Barat Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline Truncated, *Inferensi*, 3, 21–27,
- Kapelner, Z. (2023). What does it mean to have an equal say? *Ethical Theory and Moral Practice*. <https://doi.org/10.1007/s10677-023-10404-1>
- Kartapranata, G, Susetyo, A,R,, & Ningsiawati, (2024), Roller Coaster Demokrasi Indonesia, *Kompas,Id*, [https://www.kompas.id/baca/kompas\\_multimedia/membaca-kehidupan-demokrasi](https://www.kompas.id/baca/kompas_multimedia/membaca-kehidupan-demokrasi)
- Moustaid, W., & Erritali, M. (2026). Machine Learning in the Insurance Industry. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 1589 LNNS, 372–386. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-02312-4\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-032-02312-4_30)
- Ramdani, F,, Tike, A,, & Zelfia, (2024), Kebebasan pers dan etika media (Telaah konsep kebebasan pers dan etika media), *Respon: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ilmu Komunikasi*, 5(4), 93–102, <https://jurnal,ilkom,fs,umi,ac,id/index,php/respon/index>
- Romadhona, W,, Syavera, V (2025), Generalized Linear Model Menggunakan Distribusi Lognormal dan Gamma: Aplikasi Terhadap Indeks Demokrasi Indonesia di Jawa Barat *Jurnal Sains Ekonomi dan Edukasi*, 2(1), 117–126, <https://doi.org/10.62335>
- Saifudin, T., Nugraha, G. C., Valida, H., Nahar, M. H., & Fortunata, R. (2025). Modeling Democracy Index In Indonesia With Multivariate Adaptive Regression Spline Approach. *Barekeng*, 19(4), 2347–2358. <https://doi.org/10.30598/barekengvol19iss4p2347-2358>
- Sitohang, F. K. S., & Mahmuda, S. (2024). Application Of Truncated Spline Nonparametric Regression For Modeling The Height Of Yeop Chagi Kicks Of Taekwondo Athletes In

- Samarinda City. *Barekeng*, 18(2), 657–666. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18Iss2p0657-0666>
- Subono, N, I, (2025), Kepemimpinan Perempuan di Akar Rumput dan Ketahanan Demokrasi: Kajian Pengantar Teoretis, *Jurnal Perempuan*, 29(3), 259–272, <https://doi.org/10.34309/jp.v29i3.1185>
- Utami, T. W., Haris, M. A., Prahutama, A., & Purnomo, E. A. (2020). Optimal knot selection in spline regression using unbiased risk and generalized cross validation methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1446(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1446/1/012049>
- Wardani, P, K,, Budiantara, I, N,, & Setiawan, S, (2025), Selecting Optimal Knot Points and Oscillation Parameters Using Generalized Cross-validation and Unbiased Risk Method in Nonparametric Regression of Combined Spline Truncated and Fourier Series, *KnE Social Sciences*, 10(11), 220–234, <https://doi.org/10.18502/kss.v10i11.18744>
- Wrange, P. (2022). SDG 16: Promote Peaceful and Inclusive Societies for Sustainable Development, Provide Access to Justice for All and Build Effective, Accountable and Inclusive Institutions at All Levels. In *The Cambridge Handbook of the Sustainable Development Goals and International Law* (pp. 399–421). <https://doi.org/10.1017/9781108769631.018>